



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

FABIO MARTINS SALOMÃO

**AVALIAÇÃO POR RESSONÂNCIA PARAMAGNÉTICA
ELETRÔNICA DA CONCENTRAÇÃO DE RADICAIS LIVRES
GERADOS EM UM CIMENTO RESINOSO DUAL
UTILIZADO NA CIMENTAÇÃO DE UM PINO DE FIBRA DE
VIDRO**

FABIO MARTINS SALOMÃO

**AVALIAÇÃO POR RESSONÂNCIA PARAMAGNÉTICA
ELETRÔNICA DA CONCENTRAÇÃO DE RADICAIS LIVRES
GERADOS EM UM CIMENTO RESINOSO DUAL
UTILIZADO NA CIMENTAÇÃO DE UM PINO DE FIBRA DE
VIDRO**

Dissertação apresentada a Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Clínica Odontológica.

Orientador: Prof. Marcio Grama Hoepfner

Londrina

2013

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S173a Salomão, Fabio Martins.

Avaliação por ressonância paramagnética eletrônica da concentração de radicais livres gerados em um cimento resinoso dual utilizado na cimentação de um pino de fibra de vidro / Fabio Martins Salomão . – Londrina, 2013.

75 f : il.

Orientador: Marcio Grama Hoepfner.

Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, 2013.

Inclui bibliografia.

1. Pinos dentários – Teses. 2. Materiais dentários – Teses. 3. Polimerização – Teses. 4. Radicais livres (Química) – Teses. 5. Espectroscopia de ressonância paramagnética eletrônica – Teses. I. Hoepfner, Marcio Grama. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDU 616.314-089.27

FABIO MARTINS SALOMÃO

**AVALIAÇÃO POR RESSONÂNCIA PARAMAGNÉTICA
ELETRÔNICA DA CONCENTRAÇÃO DE RADICAIS LIVRES
GERADOS EM UM CIMENTO RESINOSO DUAL UTILIZADO NA
CIMENTAÇÃO DE UM PINO DE FIBRA DE VIDRO**

Dissertação apresentada a Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Clínica Odontológica.

Orientador: Prof. Marcio Grama Hoeppe

BANCA EXAMINADORA

Prof. Márcio Grama Hoeppe
UEL – Londrina - PR

Prof. Renato Herman Sundfeld
UNESP – Araçatuba - SP

Prof. Eduardo Di Mauro
UEL – Londrina – PR

Londrina, 22 de fevereiro de 2013.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Londrina – UEL

Na pessoa da Coordenação da Pós-Graduação, Mestrado em Odontologia,
Professora Dra. Cássia Dezan Garbelini.

Aos Professores Dra. Cássia Dezan Garbelini e Dr. Márcio Grama Hoepfner

Pelo incentivo à realização do Mestrado na UEL.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação, Mestrado em Odontologia, da Universidade Estadual de Londrina

Professor Dr. Antonio Ferelle

Professora Dra. Cássia Dezan Garbelini,

Professor Dr. Edwin Fernando Ruiz Contreras

Professora Dra. Elisa Emi Tanaka

Professor Dr. Fabio Augusto Ito

Professor Dr. Glaykon Alex Vitti Stabile

Professor Dr. Hedelson Odenir Lecher Borges

Professor Dr. Márcio Grama Hoepfner

Professor Dr. Wilson Trevisan Júnior

Por terem me recebido tão bem e pelos ensinamentos.

Ao meu Orientador

Professor Dr. Márcio Grama Hoepfner, pela sua exigência e paciência.

Aos Professores Dra. Cássia Dezan Garbelini e Dr. Márcio Grama Hoepfner

Pelo incentivo à realização do Mestrado na UEL.

Ao Professor Dr. Eduardo Di Mauro e Doutorando Bruno Luiz Santana Vicentin do departamento de Física da UEL

Pelas incansáveis explicações e colaboração direta no desenvolvimento deste
trabalho.

Aos Colegas do Laboratório de Fluorescência e Ressonância Paramagnética de Elétrons – LAFLURPE

Pela paciência em ensinar a um odontólogo um pouco desse mundo exato da física.

Aos Colegas do Mestrado

Pela importante convivência, em especial aos colegas Mariana Gabriel e Júlio Cezar Capellari pelo companheirismo e dedicação nas atividades clínicas.

Ao novo colega de Mestrado

Daniel Poletto, verdadeiro parceiro em todas as atividades, dos projetos e pesquisas as atividades recreativas.

Aos Funcionários da COU/UEL

Pela compreensão e apoio nas atividades realizadas, em especial à funcionária Nalu Cristina Pasqualino Fachin, pela disposição e bom humor eternos, além do fornecimento de equipamento próprio para a realização dessa dissertação.

A TODOS os Amigos e Colegas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação e por estarem comigo, mesmo eu não estado com eles.

Muito Obrigado

SALOMÃO, Fabio Martins. **Avaliação por ressonância paramagnética eletrônica da concentração de radicais livres gerados em um cimento resinoso dual utilizado na cimentação de um pino de fibra de vidro.** 2013. 54f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2013.

RESUMO

Foi analisado por espectro de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE), a concentração de radicais livres (RL) formados quando da cimentação de pino de fibra de vidro (PFV), com cimento resinoso dual (CRD), bem como a influência da forma anatômica do PFV (cônico ou cilíndrico). A primeira etapa foi composta de 3 grupos, de acordo com o método de cimentação do PFV numa matriz de silicone: G1- CRD fotopolimerizado por 40 segundos, com aparelho fotopolimerizador de diodo emissor de luz (LED), com potência de 1.500mW/cm², encostado à superfície externa do pino; G2- CRD não recebeu ativação física; G3- tratamento semelhante ao G1, mas com bloqueio da interface pino/silicone. Na segunda etapa, os PFV foram seccionados de forma a obter dois pinos: PFVCl, cilíndrico e PFVCn cônico, de 9,5mm de comprimento cada, cimentadas semelhantemente ao G1. A concentração de radicais livres foi avaliada em: T0-10 minutos após espatulação do cimento e T1-24 horas após, em secções obtidas em diferentes profundidades do PFV. A análise do espectro das ressonâncias indicou que G1 e G3, apresentaram maior CRL. A translucidez do pino não influenciou na concentração de RL em profundidades acima de 12mm. Os pinos cilíndricos apresentaram maior concentração de RL. A concentração de radicais livres é influenciada pelo método de polimerização, bem como pela forma anatômica do PFV; a capacidade de condução da luz pelo PFV não interfere no grau de conversão do CRD nas regiões de maior profundidade.

Palavras chave: Técnica para retentor intra-radicular. Polimerização. Radicais livres. Ressonância paramagnética eletrônica

SALOMÃO, Fabio Martins. **Evaluation by electron paramagnetic resonance of the concentration of free radicals generated in a dual resin cement used on the cementing of translucent glass fiber post.** 2013. 54f. Dissertation (Masters in Dentistry) - State University of Londrina, Londrina. 2013.

ABSTRACT

The free radical concentration (FR) formed during GFP cementation, using dual cure resin cement (DCRC), as well as the influence of the anatomical shape of the GFP (conical or cylindrical), were analyzed by Electron Paramagnetic Resonance (EPR) spectrum. The first stage consisted of 3 groups, according to the GFP cementation method in a silicone matrix: G1- DCRC light cured for 40 seconds, with light emitting diode (LED), with intensity of 1.500mW/cm² , leaning against the outer surface of the post; G2 - DCRC without light activation; G3- treatment similar to G1, but blocking the post/matrix interface. In the second stage, GFP were sectioned to obtain two sections: PFVCl, cylindrical and PFVCn, conical, 9,5mm in length each, cemented similarly to G1. The FRC was evaluated in: T0-10 minutes after cement's spatulation e T1-24 hours after, in sections obtained from different GFP depths. The resonance spectrum analysis indicated that G1 and G3 had a greater FR concentration. Post translucency did not influenced the FRC at depths greater than 12mm. Cylindrical posts presented greater FRC. The FR concentration is influenced by the polymerization method, as well as the GFP anatomical shape; GFP capacity to conduct light does not interferes in the degree of conversion on DCRC in regions of greater depth.

Key words: Post and core technique. Polymerization. Free radical. Electron spin resonance spectroscopy

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	RESSONÂNCIA PARAMAGNÉTICA ELETRÔNICA (RPE)	10
2.1	FUNCIONAMENTO DA ESPECTROSCOPIA DE RESSONÂNCIA PARAMAGNÉTICA ELETRÔNICA	10
2.2	FÍSICA DA REAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO DOS MATERIAIS RESINOSOS.....	15
	REFERÊNCIAS	17
3	ARTIGOS	20
3.1	ARTIGO 1 - Avaliação do grau de conversão de um cimento resinoso de dupla polimerização associado a um pino translúcido por Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE)	20
3.2	ARTIGO 2 - Avaliação pelo método da ressonância paramagnética eletrônica da capacidade de transmissão da luz por pinos de fibra de vidro translúcidos em relação ao grau de conversão de um cimento resinoso.	35
	ANEXOS	51

1 INTRODUÇÃO

A restauração de dentes tratados endodonticamente ainda é um tópico muito discutido na Odontologia, principalmente quando referenciamos a dentes com extensa destruição coronária, quer seja por cárie ou traumatismo dental. Nessas situações clínicas as discussões pairam sobre qual melhor material restaurador utilizar, em qual técnica (direta ou indireta) e na necessidade ou não da cimentação de pino intraradicular.

As indicações dos pinos intraradiculares são motivos de estudos (FARIA et al., 2010; CAGIDIACO et al., 2008; TAY; PASHLEY, 2007) e, independentemente do tipo de material com que são confeccionados, os mesmos têm por objetivo principal auxiliar na retenção do material restaurador coronário (TAY; PASHLEY, 2007; GOMES et al., 2011; MACEDO; FARIA E SILVA; MARTINS, 2010). Inicialmente, também foi atribuída aos pinos intraradiculares a capacidade de aumentar a resistência do remanescente dental (CASTRO et al., 2012; ZOGHEIB et al., 2008; ASSIF et al., 1993). Entretanto, essa função é questionada, pois é significativa a quantidade de dentina sadia removida, da região coronária e radicular, quando do acesso e preparo do canal para a cimentação de um pino (FERNANDES; SHETTY; COUTINHO, 2003; HEYDECKE; PETERS, M 2002; SOARES et al., 2012).

Dentre os diferentes sistemas de pinos intraradiculares, os núcleos metálicos fundidos, obtidos laboratorialmente, ainda são muito utilizados. Entretanto, esse sistema de retenção apresenta algumas desvantagens que limitam a sua aplicação a todas as situações clínicas, principalmente: 1) elevada rigidez; 2) corrosão; 3) necessidade de maior tempo clínico, pois envolve a etapa laboratorial, e 4) ausência ou baixa adesão às paredes internas do canal radicular (HEYDECKE; PETERS, 2002; FERNANDES; SHETTY; COUTINHO, 2003; SOARES et al., 2012).

Em meio à diversificação de materiais, espera-se do sistema de retenção intraradicular que: 1) seja de fácil aplicação; 2) seja estético, sem corrosão; 3) tenha adesão, tanto a dentina do canal radicular como também ao material de preenchimento coronário; 4) tenha propriedades mecânicas semelhantes à dentina; 5) tenha baixo custo ao paciente; 6) possa ser indicado para diferentes situações clínicas, e 7) anatomicamente tenha configurações variadas que se assemelham as diferentes configurações dos canais radiculares (FERNANDES; SHETTY; COUTINHO, 2003; DURET; REYNAUD; DURET, 1990; GORACCI; FERRARI, 2011). Nesse contexto, os pinos confeccionados com fibras de carbono envoltas em uma matriz de resina epóxica foram os precursores dentre os

classificados como pinos intraradiculares pré-fabricados. Posteriormente, relevando as necessidades estéticas, foram idealizados os pinos pré-fabricados de fibra de vidro, fibras de quartzo e os pinos de dióxido de zircônia (cerâmicos).

Atualmente, os pinos de fibra de vidro, fabricados a partir de um compósito de fibra de vidro e resina epóxica, são os mais empregados e apresentam como característica marcante a translucidez, que confere ao sistema uma estética favorável e a possibilidade de ser utilizado para a retenção de restauradores livres de metal, além de permitir a transmissão da luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador (FARIA E SILVA et al., 2007; MORGAN et al., 2008; CALIXTO et al., 2012; SHADMAN et al., 2012; MORGAN et al., 2008).

No que se refere a longevidade de um pino intraradicular, muito se discute qual o material mais adequado à sua cimentação. Em se tratando dos pinos pré-fabricados de fibra de vidro, estão disponíveis cimentos resinosos de polimerização química ou de dupla polimerização (dual) (BRAGA, 2002; YOLDAS; TAYFUN, 2005; ROBERTS et al., 2004). Entretanto, para que a polimerização física possa ocorrer de forma efetiva, no interior do canal radicular, é necessário que o pino tenha translucidez suficiente para que a luz possa ser conduzida por toda a sua extensão, fato esse que ainda hoje é bastante discutido e mantém dependência com a quantidade e disposição da fibra de vidro no pino, a configuração do pino, a potência da luz emitida, tempo de ativação e distância do aparelho fotopolimerizador em relação ao material a ser polimerizado e conseqüentemente os monômeros fotossensíveis presentes no material (CEBALLOS et al., 2007; LEPRICE et al., 2010; HO et al., 2011; YOLDAS; TAYFUN, 2005; LE BELL et al., 2003).

Dentre os diferentes métodos para se avaliar o grau de polimerização dos materiais monoméricos, a espectroscopia de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE), ou do inglês Electron Paramagnetic Resonance (EPR), é uma técnica não destrutiva de alta resolução muito empregada na caracterização de materiais, que possibilita detectar e quantificar os radicais gerados, a partir do início da polimerização, até que ocorra o decaimento dos mesmos.

2 RESSONÂNCIA PARAMAGNÉTICA ELETRÔNICA (RPE)

A RPE é uma técnica espectroscópica que detecta espécies paramagnéticas. Esta condição ocorre quando a espécie analisada é, por exemplo, um radical livre (SANCHEZ-MORENO, 2002; FONTES et al., 2009) ou seja, moléculas instáveis, com elétrons desemparelhados e, para que possam atingir a estabilidade, precisam adquirir elétrons. Do ponto de vista físico, a RPE identifica e quantifica os radicais livres sem nenhuma alteração da composição química ou estrutural da amostra.

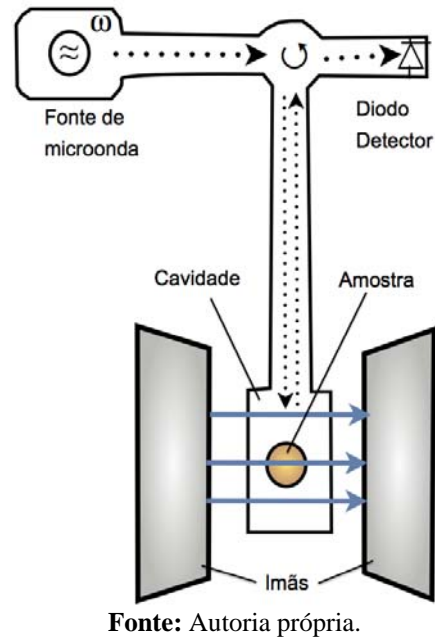
2.1 FUNCIONAMENTO DA ESPECTROSCOPIA DE RESSONÂNCIA PARAMAGNÉTICA ELETRÔNICA.

A ressonância, classicamente, é um fenômeno relacionado a vibração de um objeto com uma força aplicada a este, periodicamente. Se a força aplicada tem a mesma frequência e está em fase com a vibração/oscilação do objeto, diz-se que o objeto está em ressonância. O efeito disto é o aumento da amplitude de vibração do objeto. Um exemplo muito simples pode ser dado considerando uma criança em um balanço. Intuitivamente, sabemos que para a criança ir mais longe (amplitude) é preciso aplicar a força de impulsão no momento em que ela chega ao ponto mais alto e para momentaneamente (fase), com o mesmo intervalo de tempo necessário para ela ir e voltar (frequência). Isto nada mais é que a aplicação do fenômeno de ressonância. Se você empurrar o balanço enquanto este ainda está vindo, ou numa frequência diferente, você verificará uma diminuição na amplitude de movimento do balanço, o que significa que não há ressonância (ORTON, 1968).

Quanticamente, a ressonância é um pouco diferente. Os elétrons em sua órbita somente são levados para um estado mais energético, ou seja, uma órbita superior, se este ganhar uma energia exatamente igual à diferença de energia entre o estado fundamental (estado de spin menos energético) e o estado acima do fundamental, chamado quantum de energia (ORTON, 1968).

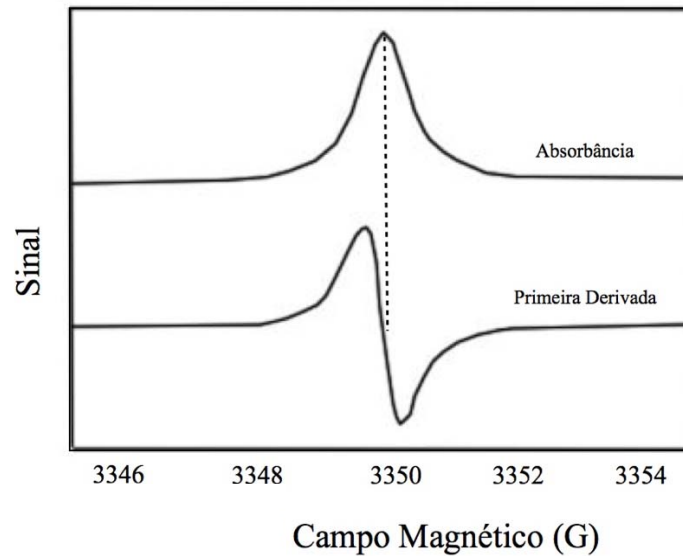
A RPE consiste em colocar a amostra a ser avaliada na presença de um campo magnético externo para separar os estados de spin e, conseqüentemente, é possível fazer com que um elétron seja excitado de um estado de spin menos energético para o estado de mais energia com a incidência de energia eletromagnética (micro-ondas). O equipamento de RPE funciona, basicamente, emitindo radiação (frequência/energia) de micro-ondas que incidem sobre a amostra previamente inserida em uma cavidade no centro de um eletroímã (Figura 1), em Banda X (ORTON, 1968).

Figura 1 - Representação esquemática de um equipamento de RPE.



Sabe-se da teoria quântica que o elétron retorna ao seu estado fundamental emitindo a mesma quantidade de energia necessária para excitá-lo, na forma de ondas eletromagnéticas. Este processo é chamado *relaxação* e o tempo necessário *tempo de relaxação*. A RPE emite radiação de micro-ondas na mesma frequência sobre a amostra, variando a intensidade do campo magnético para separar os níveis de energia eletrônicos, e detecta a absorção de micro-onda quando o campo aplicado é exatamente o necessário para ocorrer a transição, formando, assim, o espectro de absorção. O espectro de RPE é a derivada da curva do espectro de absorção (Figura 2).

Figura 2 - Relação entre o sinal de RPE e o espectro de absorção.



Fonte: Autoria própria.

As espécies paramagnéticas dos materiais resinosos são os radicais livres gerados durante a reação de polimerização, seja esta física ou química. Os radicais só são gerados enquanto há a incidência da luz, quando da polimerização física, ou a partir da mistura das pastas, quando da polimerização química. Findado a geração de radicais livres, esses se ligam aos monômeros, formando, assim, a cadeia polimérica, ou seja, a cura da amostra (POOLE, 1967).

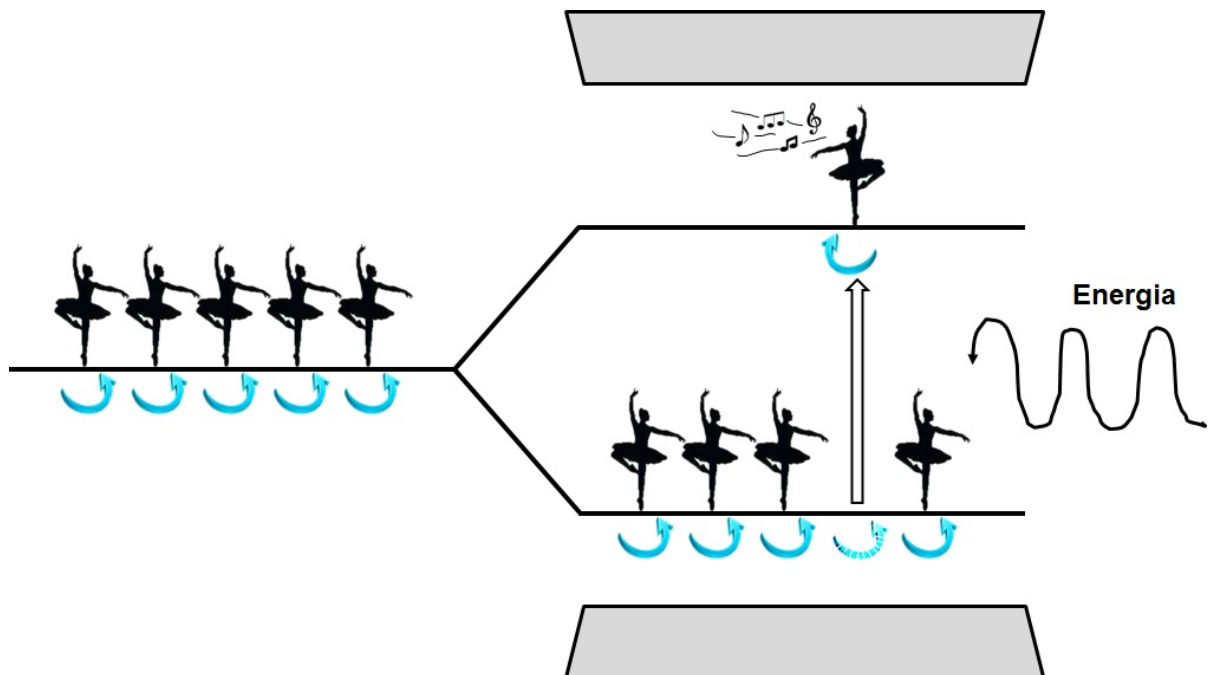
Considere que o elétron é uma pequena esfera com carga elétrica girando em torno do seu eixo. A carga na superfície do elétron, por estar em movimento circular, gera um campo magnético. Este campo possui uma grandeza associada chamada de momento magnético, que aponta para cima, quando a corrente gira da esquerda para a direita, ou para baixo, quando a corrente gira no sentido contrário, da direita para esquerda. Pode-se dizer que o elétron possui duas direções do momento magnético, ou, melhor dizendo, dois estados de spin, conforme sua rotação em seu próprio eixo. Estes estados são chamados de *up* e *down* (POOLE, 1967).

O paramagnetismo somente pode ser entendido no contexto da mecânica quântica, que postula a existência do spin eletrônico, que é uma quantidade física intrínseca das partículas elementares e que possui um valor quantizado bem determinado, chamado número quântico de spin. Para o elétron, este valor é $S=1/2$. Interpretando o elétron como um minúsculo ímã, este possui um momento magnético de spin, que pode ser $+1/2$ (*up*) ou $-1/2$ (*down*), chamados também de estados de spin. Cada estado possui uma energia associada, e

ambos (up e down) encontram-se “misturados”, ou seja, o estado de spin de um elétron na natureza é indeterminado até que haja atuação de um campo magnético externo. Normalmente, a matéria possui quantidade pares de elétrons nas camadas eletrônica, e as regras de seleção mostram que o número de spins “up” é igual ao de spins “down” (ou seja, aos pares), de modo que não haja momento magnético residual. Entretanto, alguns materiais exibem a interessante propriedade de elétrons desemparelhados. Tais espécies são chamadas de espécies paramagnéticas e a soma dos momentos magnéticos tem resultado líquido diferente de zero ($+1/2$ ou $-1/2$), funcionando como um ímã de proporções moleculares que poderá ser orientado pelo campo magnético externo (POOLE, 1967).

Em outras palavras, uma espécie paramagnética possui ao menos um elétron desemparelhado, que, na presença de campo magnético externo, tem seus níveis de energia desdobrados, possibilitando, assim, que haja transições entre níveis de energia quando uma onda ressonante é absorvida por este elétron. O resultado é um espectro de absorção de micro-ondas pela amostra paramagnética, que fornece informações sobre a espécie, assim como a concentração desta no material. Exemplificado pela Figura 3, onde, as bailarinas girando em um sentido representam um nível de energia e momento magnético de spin. Quando a onda eletromagnética incidente tem o mesmo módulo da diferença entre os níveis de energia da bailarina, esta vai absorver a energia da onda eletromagnética e ser promovida ao estado de maior energia, girando em sentido contrário. A absorção da onda eletromagnética incidente é detectada, formando um espectro de absorção cuja primeira derivada fornece parâmetros que podem revelar a espécie paramagnética (POOLE, 1967).

Figura 3 - Desdobramento dos níveis de energia eletrônico e absorção ressonante de energia da onda eletromagnética incidente.

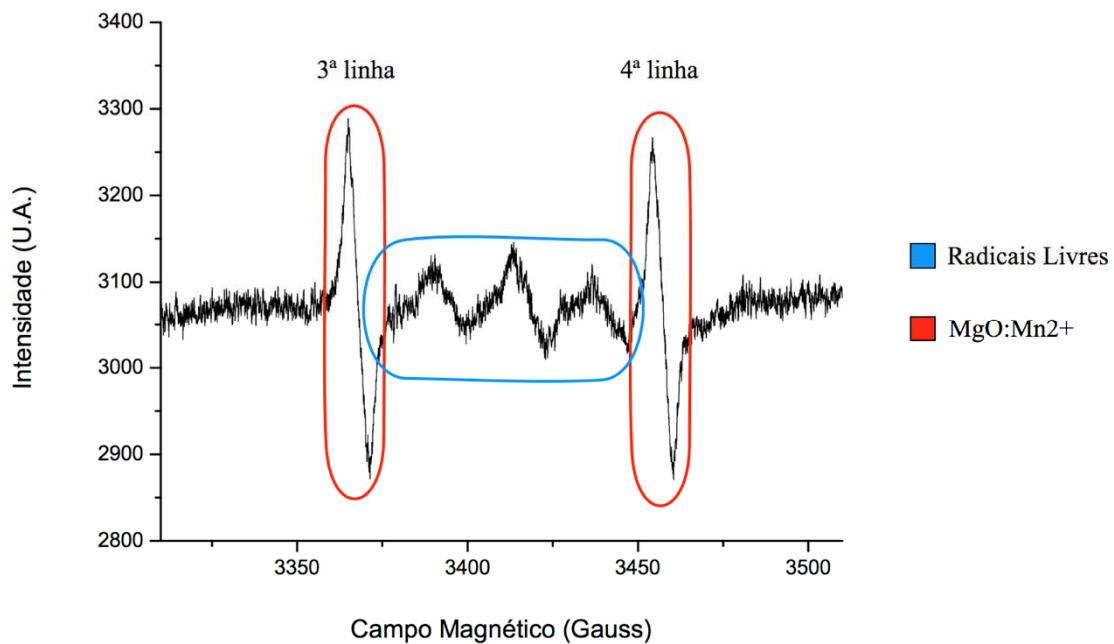


Fonte: Adaptada do livro IKEYA, M.

New Applications of Electron Spin Resonance: Dating, Dosimetry and Microscopy. Singapore: Word Scientific Publishing, 1993.

Para a análise, utiliza-se um padrão (MgO:Mn^{2+} - óxido de magnésio dopado com manganês), onde o número de linhas e todas as características destas transições já é conhecido. O espectro característico de radicais livres situa-se entre as 3ª e 4ª linhas do espectro padrão de manganês, ou seja, na região compreendida entre 3300 e 3500 Gauss para espectros em banda X (Figura 4). Assim, é possível observar por meio do espectro RPE às espécies paramagnéticas, nesse caso, os radicais livres que ainda não se ligaram aos monômeros que formam as cadeias poliméricas, que resultam na cura do cimento resinoso.

Figura 4 - Espectro de RPE de radical livre do cimento resinoso de dupla polimerização Allcem (FGM).



Fonte: Autoria própria.

Sendo assim, podemos estudar a interferência de diferentes protocolos que desencadeiam o processo de polimerização, ou seja, a formação de radicais livres e, assim, avaliar o grau de conversão a cada momento que analisamos a amostra.

2.2 FÍSICA DA REAÇÃO DE POLIMERIZAÇÃO DOS MATERIAIS RESINOSOS.

Na polimerização dos materiais resinosos ocorre a conversão de monômeros em polímeros, em uma reação por adição que tem início quando da presença de radicais livres. Esses são gerados quer seja por ativação química, nos caso dos materiais resinosos de cura química, ou quando da incidência de uma fonte de energia externa, nos materiais fotopolimerizáveis (PHILIPS, 1998).

Nos compósitos de cura química, a polimerização ocorre quando o peróxido de benzoíla (iniciador) reage com uma amina terciária (ativador) (dimetil-p-toluidina), presentes nas diferentes embalagens (pasta base e pasta catalizadora) que compõem o sistema. Por sua vez, nos compósitos fotossensíveis, a polimerização ocorre a partir da sensibilização de uma molécula fotoativadora, comumente a alfa-diquetona (canforoquinona). Quando exposta a luz azul, num comprimento de onda entre 450 e 500nm, a molécula fotossensível passa de um estado estável para um estado excitado. Nesse momento, colide com a amina

terciária, frequentemente a dimetilaminoetilmetacrilato (DMAEMA), e abstrai dessa um próton. Como resultado, radicais livres reativos são gerados, que promovem a quebra de ligações duplas do carbono, passando, assim, a formar um complexo radical monômero, capaz de reagir com outros monômeros e dar continuidade ao processo de polimerização das resinas (GOUVEA et al., 2005; RUEGGEBERG et al., 1994).

REFERÊNCIAS

1. ANUSAVICE, K. J. **Phillips**: materiais dentários. 11.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
2. ASSIF, D. et al. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. **Journal of prosthodontic dentistry**, v. 69, p.36-40, 1993.
3. BRAGA, R. R.; CESAR, P. F.; GONZAGA, C. C. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. **Journal of oral rehabilitation**, v. 29, n. 3, p. 257-62, mar. 2002.
4. CAGIDIACO, M. C. et al. Clinical studies of fiber posts: a literature review. **The International journal of prosthodontics**, v. 21, n. 4, p. 328-36, 2008.
5. CALIXTO, L. R. et al. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. **Operative dentistry**, v. 37, n. 1, p. 80-6, 2012.
6. CASTRO, C. et al. Fracture resistance and mode of failure of various types of root filled teeth. **International Endodontic Journal**, v. 45, p. 840-47, 2012
7. CEBALLOS, L. et al. Mechanical characterization of resin cements used for luting fiber posts by nanoindentation. **Dental materials**, v. 23, n. 1, p. 100-5, jan. 2007.
8. DURET, B.; REYNAUND, D.; DURET, F. New concept of coronoradicular reconstruction: the Composipost (1) **Chirurgien-Dentiste de France**, v.60, n. 540 p. 131-41, nov. 1990.
9. FARIA E SILVA, A. L. et al. Influence of fiber-post translucency on the degree of conversion of a dual-cured resin cement. **Journal of endodontics**, v. 33, n. 3, p. 303-5, mar. 2007
10. FARIA, A. C. L. et al. Endodontically treated teeth: characteristics and considerations to restore them. **Journal of prosthodontic research**, v. 55, n. 2, p. 69-74, abr. 2011.
11. FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. Factors determining post selection: a literature review. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 90, n. 6, p. 556-62, dez. 2003.
12. FERRACANE, J. L. et al. Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 76, p. 1508-1516, 1997.
13. FGM. **Perfil técnico**: Cimento resinoso dual - allcem (Rev. 04/11). Disponível em: <<http://www.fgm.ind.br>>. Acesso em: 26 out. 2012.
14. FONTES, A.S. et al. Avaliação do comportamento de radicais livres e desempenho mecânico de compósitos restauradores dentais comerciais por ressonância paramagnética eletrônica (RPE) combinada às análises convencionais. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.19, n.4, p.285-291. 2009.

15. GOMES, G. M. et al. Regional bond strengths to root canal dentin of fiber posts luted with three cementation systems. **Brazilian dental journal**, v. 22, n. 6, p. 460-7, jan. 2011.
16. GORACCI, C. et al. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. **Journal of dentistry**, v. 35, n. 11, p. 827-35, nov. 2007.
17. GOUVEA, C.V; et al. Avaliação dos aparelhos fotoativadores utilizados em odontologia. **Revista Gaúcha de Odontologia**, v. 56, n. 4, p. 399-403, 2008.
18. HEYDECKE, G.; PETERS, M. C. The restoration of endodontically treated, single-rooted teeth with cast or direct posts and cores: a systematic review. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 87, n. 4, p. 380-6, abr. 2002.
19. HO, Y. C. et al. Effects of light attenuation by fibre posts on polymerization of a dual-cured resin cement and microleakage of post-restored teeth. **Journal of Dentistry**, v. 39, p. 309-15, 2011.
20. IKEYA, M. **New Applications of Electron Spin Resonance: dating, dosimetry and microscopy**. Singapore: Word Scientific Publishing, 1993.
21. LE BELL, A.; TANNER, J.; LASSILA, L. V. J. Depth of light-initiated. **The International Journal of Prosthodontics** v. 16, n. 4, p. 403-09, 2003.
22. LEPRINCE, J. G. et al. New insight into the “depth of cure” of dimethacrylate-based dental composites. **Dental materials**, v. 28, n. 5, p. 512-20, maio. 2012.
23. MACEDO, V. C.; FARIA E SILVA, A. L.; MARTINS, L. R. M. Effect of cement type, relining procedure, and length of cementation on pull-out bond strength of fiber posts. **Journal of endodontics**, v. 36, n. 9, p. 1543-6, set. 2010.
24. MALLMAN, A. et al. Microtensile bond strength of photoactivated and autopolymerized adhesive systems to root dentin using translucent and opaque fiber-reinforced composite posts. **Journal of prosthetic dentistry**, v. 97 p. 165-7, 2007.
25. MORGAN, L. F. S. A. et al. Light transmission through a translucent fiber post. **Journal of endodontics**, v. 34, n. 3, p. 299-302, mar. 2008.
26. ORTON, J. W. **Electron Paramagnetic Resonance: An Introduction to transition group ions in crystals**. London: ILIFFE BOOKS LTD, 1968.
27. PEGORARO, T. A; DA SILVA, N. R. F. A; CARVALHO, R. M. Cements for use in esthetic dentistry. **Dental clinics of North America**, v. 51, n. 2, p. 453-71, 2007.
28. POOLE, C. P. **Electron spin resonance: a comprehensive treatise on experimental techniques**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1967.
29. ROBERTS, H.W.; LEONARD, D.L.; VANDEWALLE, K.S.; COHEN, M.E. CHARLTON, D.G. The effect of a translucent post on resin composite depth of cure. **Dental Materials**, v. 20, n.7, p. 617-22, 2004.

30. RICKETTS , D. N. J.; HIGGINS, A. J. Post and core systems, refinements to tooth preparation and cementation. **British Dental Journal** v.198 n. 9, 2005.
31. RUEGGERBERG, F.A. et al. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. **Operative Dentistry**, v. 19, n. 1, p. 26-32, Jan./Feb. 1994
32. SÁNCHEZ-MORENO, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science and Technology International**, v. 8, p. 121-37, 2002.
33. SHADMAN, N. et al. Parameters affecting degree of conversion of dual-cure resin cements in the root canal: FTIR analysis. **Journal of Canadian Dental Association**, v. 78, p. c53, jan. 2012.
34. SIGEMORI R.M., et al. Curing depth of a resin-modified glass ionomer and two resin-based luting agents. **Operative Dentistry**. v. 30, p. 185-9, 2005.
35. SOARES, C. J. et al. Longitudinal clinical evaluation of post systems: a literature review. **Brazilian dental journal**, v. 23, n. 2, p. 135-740, jan. 2012.
36. TAY, F. R. et al. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. **Journal of endodontics**, v. 31, n. 8, p. 584-9, ago. 2005.
37. YOLDAS, O.; ALAÇAM, T. Microhardness of composites in simulated root canals cured with light transmitting posts and glass-fiber reinforced composite posts. **Journal of endodontics**, v. 31, n. 2, p. 104-6, fev. 2005.
38. ZOGHEIB, L. V. et al. Fracture Resistance of Weakened Roots Restored with Composite Resin and Glass Fiber Post. **Brazilian dental journal**, v. 19, n. 4, p. 329-333, 2008.
39. ZORBA, Y. O. et al. Effects of different curing units and luting agents on push-out bond strength of translucent posts. **Journal Endodontics**, v.36, p. 1521-25, 2010.

3 ARTIGOS

3.1 ARTIGO 1

Artigo formatado de acordo com as normas para publicação da revista Polímeros (Anexo 1).
ISSN 1678-5169

Avaliação do grau de conversão de um cimento resinoso de dupla polimerização associado a um pino translúcido por Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE)

Fabio Martins Salomão¹; Bruno Luiz Santana Vicentin²; Edwin Fernando Ruiz Contreras³;
Márcio Grama Hoepfner³; Eduardo Di Mauro⁵

Resumo: O objetivo desse experimento foi avaliar a influência que um pino translúcido pré-fabricado de fibra de vidro tem na transmissão da luz emitida por um aparelho fotopolimerizador, sobre a polimerização do cimento resinoso dual (Allcem, FGM), por meio da análise da concentração de radicais livres, pelo espectro de RPE. Para tanto, a cimentação de pinos pré-fabricados e translúcidos de fibra de vidro (White Post DC nº 1, FGM) foi simulada em uma matriz confeccionada com silicone de condensação (Zetalabor, Zhermack), com cimento resinoso de dupla polimerização (Allcem, FGM), em três diferentes protocolos, de acordo com os grupos experimentais: G1- o cimento foi fotopolimerizado por 40 segundos, com um aparelho fotopolimerizador de diodo emissor de luz (LED) (Radii Plus, SDI), com potência de 1.500mW/cm^2 , encostado a superfície externa do pino de fibra de vidro; G2- o cimento de dupla polimerização não recebeu ativação física; e G3- o cimento foi fotopolimerizado, com o mesmo aparelho, na mesma potência de luz e na mesma distância que o G1, entretanto, a linha de cimentação, ou seja, a interface pino e silicone foi vedada, impedindo a incidência da luz além da área do pino. A concentração de radicais livres foi avaliada pelo espectro de RPE, em dois momentos: T0-10 minutos após a mistura da pasta base e catalizadora do cimento, e T1-24 horas após, em amostras de 2mm, obtidas de três seções dos pinos, em diferentes profundidades: Amostra Cervical (AC), de 6-8mm, Amostra Média (AM), de 12-14mm, e Amostra Apical (AA), de 18-20mm. Considerando os resultados obtidos, pode-se concluir que: 1) A concentração de radicais livres é influenciada pelo método de polimerização do cimento utilizado, sendo mais intensa na região até 8mm de profundidade e quando o mesmo foi fotopolimerizado, e 2) A capacidade de transmissão da luz, pelo pino de fibra de vidro avaliado, foi relevante para influenciar no grau de conversão do cimento resinoso nas regiões com profundidade até 8mm.

Palavras-chave: Técnica para retentor intra-radicular. Polimerização. Autocura de resinas dentárias. Ressonância paramagnética eletrônica.

¹ Mestrando em Odontologia – UEL

² Doutorando em Física – UEL

³ Professor Adjunto do Departamento de Odontologia Restauradora – UEL

⁴ Professor Associado do Departamento de Física – UEL

Introdução

Em situações clínicas de grande destruição coronária, quer seja por cárie ou traumatismo dental, para viabilizar o procedimento restaurador, além do tratamento endodôntico, faz-se necessário a utilização de um sistema intraradicular para a retenção do material restaurador^[1,2,3,4]. Comparativamente aos tradicionais pinos metálicos fundidos, os pinos pré-fabricados de fibra de vidro ganharam popularidade devido a sua estética, união ao tecido dentinário radicular e ao material restaurador coronário, baixo custo, ausência de corrosão e, principalmente, devido ao módulo de elasticidade ser semelhante ao da dentina, o que reduz a probabilidade de fratura radicular^[1,5]. Além da vantagem mecânica, a cimentação com materiais adesivos pode propiciar a união do pino de fibra de vidro à dentina radicular que, quando efetiva, resulta na formação de uma estrutura homogênea conhecida como monobloco^[3,6].

Considerando a reação de polimerização, a cimentação dos pinos intraradiculares pode ser realizada com cimento resinoso de cura química (autopolimerizável) ou de dupla polimerização/dual (física e química)^[7,8,9]. Entretanto, os que dependem da presença da luz para desencadear a reação de conversão dos monômeros em polímeros esbarram em fatores como característica anatômica radicular; potência da luz emitida e distância do aparelho fotopolimerizador em relação ao material a ser fotopolimerizado; grau de translucidez do pino; quantidade e disposição das fibras no pino, e também da quantidade de carga, tipo de monômero e grau de opacidade do cimento^[1,3,10]. E, quando o grau de polimerização do cimento resinoso não atinge níveis satisfatórios, as suas propriedades mecânicas ficam comprometidas^[6,11,12], o que torna relevante o entendimento da cinética de polimerização desses materiais.

A espectroscopia de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE), ou do inglês Electron Paramagnetic Resonance (EPR), é uma técnica de elevada sensibilidade que permite

identificar e quantificar os radicais livres gerados durante a polimerização dos materiais resinosos, dentre eles, os utilizados na cimentação dos pinos de fibra de vidro, sem que ocorra qualquer alteração na composição do mesmo.

Portanto, considerando que a translucidez apresentada por alguns pinos de fibra de vidro confere aos mesmos a capacidade de conduzir a luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador e, assim, contribuir para a polimerização do cimento resinoso no interior do canal radicular^[12,13,14] este trabalho tem por objetivo avaliar a efetividade da fotopolimerização de um cimento resinoso, por meio de um pino pré-fabricado de fibra de vidro translúcido, analisando a concentração de radicais livres gerados, por espectroscopia de RPE.

Experimental

Delineamento experimental

O fator em estudo deste experimento foi o grau de conversão do cimento resinoso de dupla polimerização Allcem (FGM, Joinville, SC, Brasil), na cor A1, tendo como variável a quantidade de radicais livres, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Grupos experimentais e material avaliado.

Grupo	Amostra		Tratamento	Fator a ser avaliado
G1	3 pinos translúcidos de fibra de vidro White Post DC (FGM), número 1	3 secções do terço cervical	Cimento fotopolimerizado por 40 segundos	Grau de conversão do cimento Allcem (FGM), em dois tempos: T0-10 minutos e T1-24 horas após a mistura do cimento
		3 secções do terço médio		
		3 secções do terço apical		
G2	3 pinos translúcidos de fibra de vidro White Post DC (FGM), número 1	3 secções do terço cervical	Cimento não fotopolimerizado	
		3 secções do terço médio		
		3 secções do terço apical		

G3	3 pinos translúcidos de fibra de vidro White Post DC (FGM), número 1	3 secções do terço cervical	Cimento fotopolimerizado por 40 segundos, com bloqueio da linha de interface pino/matriz
		3 secções do terço médio	
		3 secções do terço apical	

Aleatorização do experimento:

A partir do delineamento, todas as etapas do experimento foram aleatorizadas, por meio do site <http://www.random.org>.

Obtenção das guias e matrizes

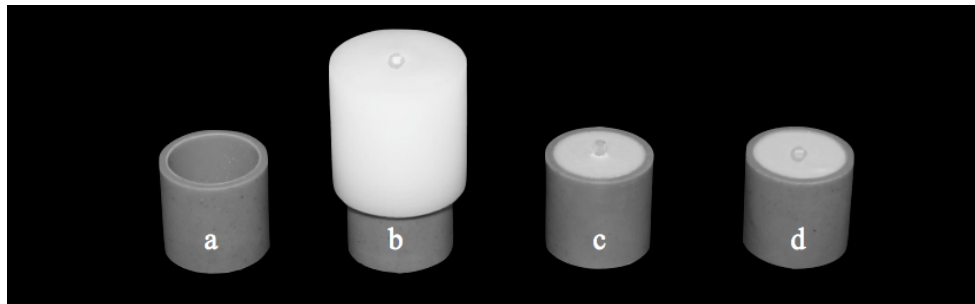


Figura 1 - Sistema de guias e matrizes. Figura 1.a. Anel de PVC; Figura 1.b. Matriz de poliacetal posicionada sobre o anel de PVC; Figura 1.c. Conjunto anel de PVC, silicone e pino de fibra de vidro de fibra de vidro White Post DC nº 3, e Figura 1.d. Matriz com conduto simulado.

Inicialmente, um tubo de PVC (policloreto de polivinila), com 18mm de diâmetro interno, foi seccionado, com auxílio de um torno mecânico hidráulico, para a obtenção de nove anéis de 18mm de altura (Figura 1.a).

Também, com auxílio de um torno mecânico hidráulico, foi confeccionada uma matriz de poliacetal com 25mm de altura e 18mm de diâmetro interno. No centro da matriz foi confeccionado um conduto, paralelo ao seu longo eixo, com profundidade de 20mm e 2,2mm de diâmetro (Figura 2).

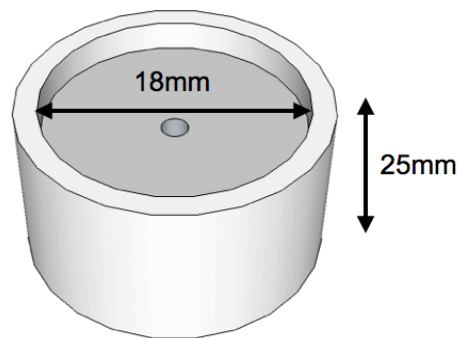


Figura 2 - Representação esquemática da matriz de poliacetal.

Na sequência, individualmente, a matriz de poliacetal foi posicionada sobre um anel de PVC (Figura 1.b) e, pela extremidade oposta a que estava posicionada a matriz, foi inserida, no interior do anel de PVC, a massa densa do silicone de polimerização por reação de condensação Zetalabor (Hard. 85 shore-A, Zhermack, Badia Polesine, Rovigo, Italy), obtida após a mistura das pastas base e catalisadora, de acordo com as recomendações do fabricante.

Preenchido todo o espaço interno com o referido material de moldagem, o anel de PVC foi posicionado, sob pressão, sobre uma placa de vidro. Antes da polimerização do silicone um pino de fibra de vidro White Post DC nº 3 (FGM, Joinville, SC, Brasil) foi inserido no conduto da matriz de poliacetal com auxílio de uma haste metálica. Todo o sistema: anel de PVC, matriz de poliacetal, silicone de condensação e pino de fibra de vidro foi mantido sobre a placa de vidro até a polimerização final do silicone.

Ao final dessa etapa, a matriz de poliacetal foi removida, restando o conjunto: anel de PVC, silicone e pino de fibra de vidro (Figura 1.c). Dos 20mm de comprimento do pino de fibra de vidro, 18mm foram introduzidos no material de moldagem e 2mm permaneceram para fora, simulando, dessa forma, o processo clínico de cimentação de um pino de fibra de vidro no interior do canal radicular de um dente. O pino de fibra de vidro foi mantido em

posição por 24 horas, quando foi dado continuidade ao experimento para a obtenção das amostras.

Obtenção das amostras

Com a remoção do pino de fibra de vidro White Post DC nº 3 (FGM, Joinville, SC, Brasil), obteve-se, no silicone de condensação, um conduto para a cimentação do pino de fibra de vidro White Post DC nº 1 (FGM, Joinville, SC, Brasil) (Figura 1.d), com dimensões e formato semelhantes aos do pino de fibra de vidro nº 3 (Quadro 2).

Quadro 2 - Dimensões dos pinos de fibra de vidro.

Pino		Dimensões		
		A	B	C
	WhitePost DC nº 1	20mm	1,6mm	0,85mm
	White Post DC nº 3	20mm	2,0mm	1,25mm

A- Comprimento; B- Diâmetro Cervical; C- Diâmetro Apical

Fonte: FGM, Joinville, SC, Brasil.

Previamente a cimentação, a superfície de cada pino de fibra de vidro nº 1 foi limpa com álcool 70% e, após sua evaporação, foi aplicado Silano Prosil (FGM, Joinville, SC, Brasil) e aguardado 1 minuto para a secagem do mesmo.

O cimento resinoso utilizado nesse experimento foi o Allcem, na cor A1 (FGM, Joinville, SC, Brasil), de dupla polimerização, composto de duas pastas: base e catalisador. Para a sua mistura, foram utilizadas pontas descartáveis de automistura, que acompanha o cimento, na proporção indicada pelo fabricante do material (1:1, em peso). A mistura obtida foi inserida no interior do conduto do silicone com auxílio de uma seringa Centrix (DFL, Rio

de Janeiro, RJ, Brasil), montada com a ponta descartável de inserção Accudose Agulha. Posteriormente, o pino WhitePost DC nº 1 (FGM, Joinville, SC, Brasil) foi inserido (cimentado) no conduto do silicone por condensação, de forma centralizada em relação ao longo eixo desse. O cimento extravasado foi removido com um micro aplicador descartável Cavibrush nº 2 (FGM, Joinville, SC, Brasil).

Após a cimentação dos pinos dos grupos 1 e 3, o cimento resinoso foi fotopolimerizado por 40 segundos, com um aparelho fotopolimerizador de díodo emissor de luz (LED) (Radii Plus - SDI®, São Paulo, SP), com potência de $1.500\text{mW}/\text{cm}^2$, encostado a extremidade do pino de fibra de vidro que ficou exposto (2mm). Porém, no G3 a linha de cimentação, formada entre a interface pino e silicone, foi previamente protegida com o propósito de impedir a incidência da luz nessa região, durante os 40 segundos de ativação do aparelho. No G2, o cimento resinoso não foi fotopolimerizado após a cimentação dos pinos.

Para todos os grupos experimentais, transcorrido 10 minutos, a partir do início da mistura das pastas do cimento resinoso, o conjunto pino de fibra de vidro White Post DC nº 1 (FGM, Joinville, SC, Brasil) e cimento Allcem (FGM, Joinville, SC, Brasil) foi removido do silicone e, com um disco diamantado dupla face de granulação fina (Microdont, Socorro, SP, Brasil), em baixa velocidade, os 2mm do pino que permaneceram para fora do silicone foi seccionado, restando, então, 18mm, correspondente a parte cimentada. Essa foi dividida em três terços de 6mm cada: terço cervical (mais próximo a superfície externa do silicone), terço médio e terço apical (mais distante da superfície externa do silicone). Em seguida, de cada terço foi obtida uma amostra aproximada de 2mm para estudo dos radicais livres: amostra do terço cervical (AC), amostra do terço médio (AM) e amostra do terço apical (AA) (Figura 3).

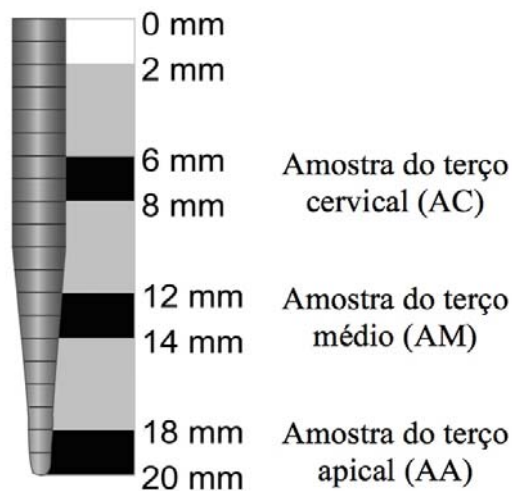


Figura 3 - Representação esquemática das secções do pino de fibra de vidro White Post DC nº 1 (FGM, Joinville, SC, Brasil).

Ressonância Paramagnética Eletrônica

Os radicais livres foram estudados por RPE por meio de um espectrômetro JEOL (JES-PE-3X) operando na banda-X (~9 GHz), com potência de irradiação de microonda de 1mW, amplitude e frequência de modulação, respectivamente, 20 Gauss e 100KHz. .

As amostras de 2mm, provenientes de cada terço dos pinos de fibra de vidro, foram inseridas em um tubo de quartzo fundido com 3mm de diâmetro e analisadas por RPE com varredura de 2 minutos, em temperatura ambiente e umidade relativa do ar menor que 40%. Para determinação das concentrações foi utilizado o MgO:Mn^{2+} (óxido de magnésio dopado com manganês) como padrão interno. As mesmas amostras foram analisadas 10 minutos (T0) e 24 horas (T1) após a mistura do cimento, sendo, entre T0 e T1, armazenadas em envelopes de alumínio. Os dados obtidos foram tratados utilizando-se um software Origin 8.

Resultados e Discussão

Em relação à cinética de polimerização do cimento resinoso avaliado, embora a cura química ocorra independentemente da física, o grau de polimerização evidenciado nesse experimento, com base na concentração de radicais livres gerados por meio do espectro de RPE, mostra dependência da presença da luz para aumentar o grau de conversão (Tabela 1).

Resultado semelhante foi relatado por Leprince et al. ^[15] quando avaliaram o concentração de radicais livres em resina composta com diferentes protocolos de polimerização utilizando RPE.

Tabela 1 - Concentração de radicais livres na amostra de cada grupo experimental (T0).

Grupo	Amostra		
	AC	AM	AA
G1	100%	não varia	não varia
G2	53,33%	não varia	não varia
G3	86,67%	não varia	não varia

De todas as amostras obtidas e avaliadas, de cada grupo experimental, foi utilizada para a interpretação do fator em estudo somente a que mostrou espectro de melhor qualidade (menor ruído), em cada terço analisado, devido a conformidade entre as repetições (Figura 4).

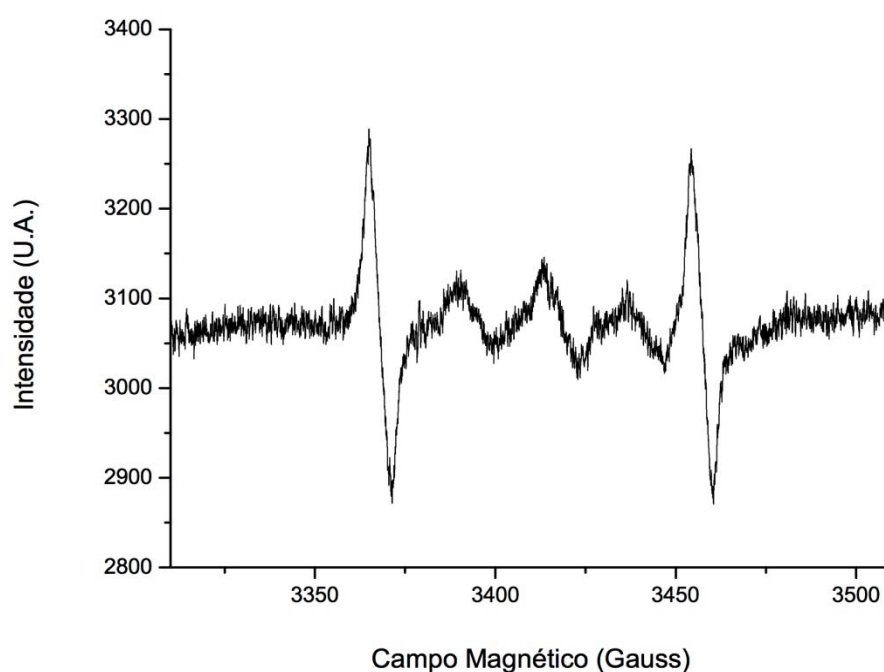


Figura 4 - Espectro de RPE da amostra apical.

Assim, verificou que, no T0, em relação aos diferentes tratamentos, a AC do G1 foi a que apresentou sinal mais intenso do espectro de RPE, sendo atribuído ao mesmo o valor de 100%, a partir do G1 foi observado 53,33% para a AC do G2 e 86,67% para a AC do G3. Para as amostras do terço médio e apical, nos três grupos, a variação do espectro de RPE não foi relevante, o que indica que a luz não influenciou na formação de radicais livres na profundidade de avaliação correspondente as amostras avaliadas para o G1 e G3. Comparativamente ao G1, foi observada redução na intensidade do espectro de RPE de 46,67% para a AC do G2 e de 13,33% para a AC do G3 (Tabela 1). Esses resultados são corroborados por Mallman et al. ^[16] que observaram maior força de união no terço cervical radicular comparado aos terços médio e apical, quando utilizaram pinos de fibra de vidro translúcido e opaco, assim como Leprince et al. ^[15] observou uma maior concentração de radicais livres em relação ao protocolo de fotopolimerização utilizado.

Ainda em relação à Tabela 1, o decaimento do espectro de RPE observado na AC do G2 foi relevante, quando comparado a AC do G1 e G3, porque no referido grupo a polimerização do cimento foi somente química.

Quando comparada a AC do G1, o decaimento observado na AC do G3 pode ter ocorrido devido à utilização de uma barreira na linha de cimentação (interface pino e silicone), que limitou a propagação da luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador somente pelo pino. Enquanto que no G1 a luz emitida pode ter sido absorvida e transmitida também pelo cimento localizado na interface pino e silicone.

A influência que a polimerização química e física exerce sobre o grau de conversão do cimento também pode ser observada quando avaliado o decaimento da concentração de radicais livres nas amostras obtidas das secções cervical, média e apical, no G1, G2 e G3, individualmente, no T0 e T1 (Figura 5).

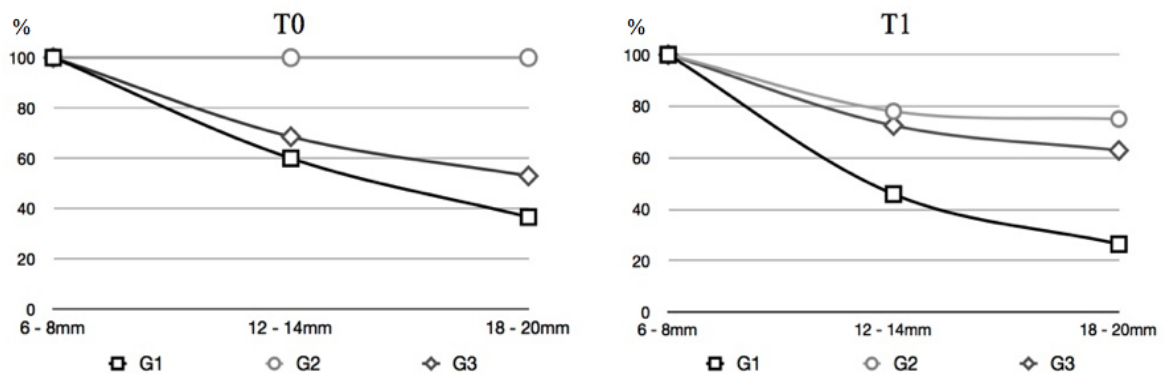


Figura 5 - Decaimento da concentração de radicais entre as diferentes secções (T0 e T1).

Ao analisar as informações apresentadas na Figura 5, em T0 foi observado decaimento da concentração de radicais livres na AM (12-14mm) e AA (18-20mm), em relação a AC (6-8mm), no G1 e G3, onde o cimento foi fotopolimerizado por 40 segundos. O decaimento no G1 foi mais acentuado, por que a luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador, além de ser transmitida pelo pino, também incidiu diretamente sobre o cimento, na região de interface pino e silicone^[17]. Por sua vez, o G2 não apresentou diferença no decaimento na AC, AM e AA, pois a polimerização do cimento, em todas as secções, foi exclusivamente química.

Ainda na Figura 5, em T1, o G2 e G3 apresentaram curva de decaimento para a AM e AA. Isso pode ser porque a polimerização, na profundidade das amostras avaliadas, ocorreu de forma química. Consequentemente, o consumo de radicais livres apresentou aproximadamente o mesmo padrão. Comparativamente ao G2 e G3, o G1 apresentou curva de decaimento mais intensa, porém, na AM e AA não houve diferença entre os três grupos (Tabela 1). Isso indica que o pino não foi capaz de transmitir a luz e influenciar no grau de polimerização, na profundidade a partir de 12mm. Yoldas e Alaçam^[9] observaram fotopolimerização da resina composta Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent, Scgaan, Liechtenstein), a uma profundidade de 10mm, quando fotoativada via um pino de fibra (Postec n° 1, Ivoclar Vivadent, Scgaan, Liechtenstein), com um aparelho fotopolimerizador com potencia de 460mW/cm², durante 90 segundos, tempo maior do que utilizado nesse experimento.

Em relação aos fatores que podem influenciar na capacidade do pino de fibra de vidro em transmitir a luz irradiada pelo aparelho fotopolimerizador, o tempo de fotopolimerização, a potência da luz emitida pelo aparelho e a distância desse em relação à superfície irradiada influenciam diretamente no grau de conversão e, conseqüentemente, nas propriedades mecânicas do cimento e na força de união do pino de fibra de vidro à dentina radicular [14, 8, 15]. Da mesma forma, o diâmetro do pino, disposição das fibras, a composição e grau de translucidez, e a espessura da linha de cimentação [12, 18, 19]. No presente experimento, potência e tempo foram constantes, 1.500mW/cm^2 e 40 segundos, respectivamente, assim como a distância da ponta do aparelho em relação ao pino cimentado. Porém, com base nos resultados observados, quanto ao decaimento do grau de conversão da AM e AA, do G1 e G3 (Figura 5), fica evidente a redução da intensidade luminosa dentro do canal simulado, com o aumento da profundidade.

A reação de polimerização dos materiais resinosos de dupla polimerização quando fotosensibilizados pela luz resulta na formação de diferentes radicais, quer seja quanto a sua cinética de formação, estrutura molecular e vida útil, diferenças essas que também podem ter influenciado no grau de conversão do cimento avaliado, frente aos diferentes protocolos de aplicação, por meio da espectroscopia de RPE. A presença de radicais residuais não consumidos no interior da massa do compósito pode ocorrer devido a limitação na mobilidade dos mesmos na matriz vitrificada [15].

Quanto aos métodos para analisar o grau de conversão, a RPE é uma técnica não destrutiva, capaz de identificar e quantificar os radicais livres sem nenhuma alteração da composição química ou estrutural do material, e que requer pouca quantidade de amostra para análise. E que, com base na interpretação dos resultados desse experimento, mostrou ser viável para analisar a concentração de radicais livres gerados durante a polimerização de um cimento resinoso dual, numa simulação clínica de cimentação de um pino de fibra de vidro

translúcido.

Conclusões

De acordo com a proposição e a metodologia utilizada, assim como, considerando os resultados obtidos neste experimento, pode-se concluir que:

A concentração de radicais livres foi influenciada pelo método de polimerização do cimento resinoso dual utilizado, sendo mais intensa na região até 8mm de profundidade e quando o mesmo foi fotopolimerizado.

A capacidade de transmissão da luz, pelo pino de fibra de vidro avaliado, foi relevante para influenciar no grau de conversão do cimento resinoso nas regiões com profundidade até 8mm.

Referências Bibliográficas

1. Faria, A. C. L.; Rodrigues, R. C. S.; Antunes, R. P. de A.; Mattos, M. G. C. & Ribeiro, R. F. *J Prosthodont Res*, **55**, p. 69 (2011).
2. Cagidiaco, M. C.; Goracci, C.; Godoy, F. G. & Ferrari, M. *Int J Prosthodont*, **21**, p. 328 (2008)
3. Tay, F. R. & Pashley, D. H. *J Endod*, **31**, p. 584 (2005).
4. Gomes, G. M.; Gomes, O. M. M.; Reis, A.; Gomes, J. C.; Loguercio, A. D. & Calixto, A. L. *Braz Dent J*, **22**, p. 460 (2011).
5. Macedo, V. C.; Faria-e-Silva, A. L.; Martins, L. R. M. *J Endod*, **36**, p. 1543 (2010).
6. Goracci, C. & Ferrari, M. *Aust Dent J.*, **56**, p. 77 (2011).
7. Braga, R. R.; Cesar, P. F.; Gonzaga, C. C. *J Oral Rehabil.* **29**, p. 257 (2002)
8. Roberts, H. W.; Leonard, D. L. ; Vandewalle, K. S.; Cohen, M. E. & Charlton, D. G. *Dent Mater*, **20**, p. 617 (2004).

9. Yoldas, O. & Alaçam, T. *J Endod*, **31**, p. 104 (2005)
10. Calixto, L. R.; Bandéca, M. C.; Clavijo, V.; Andrade, M. F.; Vaz, L. G. & Campos, E. A. *Oper Dent.*, **37**, p. 80 (2012)
11. Shadman, N.; Atai, M.; Ghavam, M.; Kermanshah, H. & Ebrahimi, F. *J Can Dent Assoc*, **78**, p. 53 (2012)
12. Ceballos, L.; Garrido, M. A.; Fuentes, V.; Rodríguez, J. *Dent Mater*, **23**, p.100 (2007).
13. Faria-e-Silva, A. L.; Arias, V. G.; Soares, L. E. S.; Martin, A. M. & Martins, L. R. M. *J Endod*, **33**, p. 303 (2007).
14. Morgan, L. F. S. A.; Peixoto, R. T. R. C.; Albuquerque, R. C.; Corrêa, M. F. S.; Poletto, L. T. A. & Pinotti, M. B. *J Endod*, **34**, p. 299 (2008)
15. Leprince, J. G.; Lamblin G.; Devaux, J; Dewaele, M; Mestdagh, M.; Palin, W. M.; Gallez, B. & Leloup G. *Dent Mater*, **28**, p. 512 (2012).
16. Mallman, A.; Jacque, L. B.; Valandro, L. F. & Muench, A. *J Prosthet Dent.*, **97**, p. 165 (2007).
17. Zorba, Y. O.; Erdemir, A.; Turkyilmaz, A. & Eldeniz, A. Ü. *J Endod*, **36**, p. 1521 (2010)
18. Fontes, A.S.; Di-Mauro, E.; Sano, W.; de Lima, N. C. S. & Dall'Antonia, L. H. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, **19**, p. 285 (2009)
19. Ricketts , D. N. J. Tait, C. M. E. & Higgins, A. J. *Br Dent J*, **198** p. 9 (2005)

Title

Degree of conversion analysis from a dual curing resin cement associated with a translucent post via electron paramagnetic resonance.

Abstract: Among the advantages presented by translucent prefabricated fiberglass posts, its ability to lead effectively, the light emitted by the curing light units, and thus improve cement polymerization in deeper regions of the canal root is very discussed. The objective of this experiment was to evaluate how influent a translucent prefabricated fiberglass posts is to conduce light emitted by a curing light unit on the polymerization of a dual-cure resin cement (Allcem, FGM), by analyzing the concentration of free radicals, by EPR spectrum, in different application protocols. Therefore, translucent prefabricated fiberglass posts (White Post DC n^o 1, FGM) were cemented in a C-silicone (Zetalabor, Zhermack) root canal simulation, with dual-cure resin cement (Allcem, FGM), in three different protocols, according to experimental groups: G1-cement was irradiated for 40 seconds, with a LED curing light unit (Radii Plus, SDI), with 1.500mW/cm² power, touching the fiberglass posts external surface; G2- dual-cure cement was not light irradiated; G3- cement was irradiated, with the same unit, power and distance than G1, although, the cementation line, that is, post and silicone interface was sealed, preventing light incidence besides from the post. Free radical concentration was evaluated by EPR spectrum, in two moments: T0- 10 minutes after mixing cement base and catalysis paste and T1- 24 hours after, in 2 mm samples, obtained from three post's sections in different depths: Cervical Sample (AC), in 6-8mm, Medial Sample (AM), 12-14mm, and Apical Sample (AA), IN 18-20mm. Considering the results obtained, we concluded that: 1)Free radical concentration is influenced by polymerization method of the cement used, being more intense until 8 mm depth region and when its irradiated; 2)Fiberglass post capacity to conduce light, was not significant to influence in the degree of conversion of resin cement deeper than in depths of 12mm, and 3)Intensity analysis of free radical formation during resin cement polymerization was possible and detect significant results by EPR spectroscopy.

Keywords: *Polymerization, self-curing of dental resins, post and core technique, electron paramagnetic resonance.*

3.2 ARTIGO 2

Artigo formatado de acordo com as normas para publicação da revista *The Journal of Prosthetic Dentistry* (Anexo2).

ISSN 0022-3913

Avaliação pelo método da ressonância paramagnética eletrônica da capacidade de transmissão da luz por pinos de fibra de vidro translúcidos em relação ao grau de conversão de um cimento resinoso.

Fabio Martins Salomão¹; Bruno Luiz Santana Vicentin²; Márcio Grama Hoepfner³;
Eduardo Di Mauro⁴

Demonstração do problema. Pinos translúcidos de fibra de vidro, de configuração anatômica cilíndrica e cônica, são capazes de transmitir a luz emitida por um aparelho fotopolimerizador e influenciar, igualmente, o grau de conversão do cimento resinoso.

Propósito. Avaliar a concentração de radicais livres (RL) formados em cimento resinoso de dupla polimerização, por meio de espectro de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE), quanto à capacidade de transmissão da luz, emitida por um aparelho fotopolimerizador, de pinos de fibra de vidro translúcidos de dupla configuração anatômica (cilíndrico e cônico).

Material e método. Três pinos de fibra de vidro translúcido de dupla configuração anatômica (cilíndrico e cônico), de 20mm de comprimento, foram seccionados transversalmente para obter três pinos de fibra de vidro de configuração cilíndrica (PFVCl-1) e três de configuração cônica (PFVCn-1), de 9,5mm de comprimentos. Os PFVCl-1 [G1] e PFVCn-1 [G2] foram cimentados, em condutos simulados em silicone de condensação, com cimento resinoso de

¹ Mestrando em Odontologia – UEL

² Doutorando em Física – UEL

³ Professor do Departamento de Odontologia Restauradora – UEL

⁴ Professor do Departamento de Física – UEL

dupla polimerização e fotopolimerizado por 40 segundos, com aparelho fotopolimerizador de diodo emissor de luz (LED), com potência de $1.500\text{mW}/\text{cm}^2$. Após 10 minutos da mistura do cimento (T0) os pinos foram seccionados para obtenção de 4 amostras, correspondentes a região: cervical (AC), média (AM), profunda (AP) e apical (AA), de 2mm, sendo as amostras do PFVCI-1 referente ao Grupo 1 (G1) e as amostras do PFVCn-1 ao Grupo 2 (G2). Todas as amostras foram analisadas 10 minutos (T0) e 24 horas (T1) após a mistura do cimento, por meio da análise do espectro de RPE, gerado para avaliação da concentração de RL formados.

Resultados. Em T0, no G1, a AM não apresentou variação na concentração de RL com relação a AC. Entretanto, a AP e AA apresentaram menor eficiência na formação de RL, quando comparado a AC e AM. No G2, foi observado decaimento da eficiência na concentração de RL em AM, AP e AA, em 10,81%, 41,34% e 72,46%, respectivamente, quando comparadas a AC. Em T1, G1 apresentou maior conformidade entre as concentrações de RL para todas as amostras. Enquanto que no G2, AM apresentou decréscimo na eficiência da concentração de RL de 83,24%, a AP de 40,09% e AA de 14,08%, com relação a AC.

Conclusões. A espectroscopia de RPE possibilitou a avaliação da concentração de RL, gerados durante a polimerização do cimento estudado, e a influência da configuração anatômica do pino de fibra de vidro translúcido nesse processo. Com base nos resultados encontrados, podemos considerar que, em profundidades de até 5,5mm não houve decréscimo na eficiência da concentração de RL para o PFVCI-1 e o diâmetro do pino influenciou positivamente na concentração de RL do cimento resinoso dual utilizado.

Implicações clínicas. Os resultados deste estudo *in vitro* sugerem que utilizar pino de fibra de vidro translúcido e de maior diâmetro aumenta a concentração de RL formados no cimento resinoso de dupla polimerização e, conseqüentemente, as suas propriedades.

Palavras-chave. *Técnica para retentor intra-radicular. Polimerização. Autocura de resinas dentárias. Ressonância paramagnética eletrônica.*

Introdução

Pinos intraradicular, fabricados a partir de um compósito de fibras de vidro e resina epóxi, frequentemente são utilizados no tratamento de dentes com grande destruição coronária com o propósito de auxiliar na retenção do material restaurador.^{1,2,3,4} Quando comparados aos pinos metálicos fundidos, os pinos de fibra de vidro se tornaram populares na prática odontológica devido as suas propriedades físicas, semelhantes as da dentina, a capacidade de adesão a dentina radicular e estética.⁵ A retenção dos pinos de fibra de vidro com material resinoso depende diretamente do grau de conversão do cimento selecionado, que pode ser de dupla polimerização ou apenas de polimerização química.^{6,7,8}

Os cimentos resinosos com dupla polimerização são fotodependentes, ou seja, necessitam da incidência da luz visível que, num comprimento de onda entre 400 e 500nm, fotossensibiliza a canforoquinona, que reage com uma amina terciária, resultando, assim, na formação de radicais livres (RL) reativos, responsáveis pela reação de conversão dos monômeros em polímeros.^{3,9} Assim, pinos de fibra de vidro e translúcidos foram idealizados com o propósito de transmitir a luz e melhorar a polimerização do cimento em toda a extensão do canal radicular.^{6,10} A capacidade de transmissão da luz pelo pino e, portanto, a melhora do grau de conversão dos cimentos resinosos, é diretamente proporcional ao diâmetro do pino.¹¹ Por sua vez, a polimerização insatisfatória compromete as propriedades mecânicas dos compósitos, o que torna relevante o entendimento da cinética de polimerização desses materiais.^{10,12,13}

A espectroscopia de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE) é uma técnica de elevada sensibilidade que permite identificar e quantificar os RL gerados durante a polimerização dos materiais resinosos, dentre eles, os utilizados na cimentação dos pinos de fibra de vidro, sem que ocorra qualquer alteração na composição do mesmo.

O objetivo deste trabalho é avaliar a concentração de RL formados em um cimento resinoso de dupla polimerização, por meio de RPE, quanto a capacidade de transmissão da luz, emitida por um aparelho fotopolimerizador, por pinos de fibra de vidro translúcidos de dupla configuração anatômica (cilíndrico e cônico).

Material e Método

Delineamento experimental

O fator em estudo deste experimento foi o grau de conversão do cimento resinoso de dupla polimerização Allcem (FGM, Joinville, SC, Brasil), na cor A1, tendo como variável a configuração anatômica de um pino de fibra de vidro translúcido e a quantidade de radicais livres, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Grupos experimentais e material avaliado.

Grupo		Amostra		Tratamento	Fator a ser avaliado
Pino translúcido de fibra de vidro White Post DC (FGM), número 1, de dupla configuração anatômica, seccionado	G1	3 pinos cilíndricos	3 secções do terço cervical	Cimento fotopolimerizado por 40 segundos	Grau de conversão do cimento Allcem (FGM), em dois tempos: T0-10 minutos e T1-24 horas após a mistura do cimento
			3 secções do terço médio		
			3 secções do terço profundo		
			3 secções do terço apical		
	G2	3 pinos cônicos	3 secções do terço cervical	Cimento fotopolimerizado por 40 segundos	
			3 secções do terço médio		
			3 secções do terço profundo		
			3 secções do terço apical		

Aleatorização do experimento

A partir do delineamento, todas as etapas do experimento foram aleatorizadas, por meio do site <http://www.random.org>.

Secção dos pinos

Para a obtenção das amostras, três pinos de fibra de vidro translúcido de dupla configuração anatômica (cilindrico e cônico), White Post DC (FGM, Joinville, SC, Brasil), número 1, de 20mm de comprimento, foram seccionados, transversalmente, com um disco diamantado de dupla face de granulação fina (Microdont, Socorro, SP, Brasil), em baixa velocidade, de forma a obter três pinos de fibra de vidro de configuração cilíndrica número 1 (PFVCI-1 – Grupo 1) e três de configuração cônica número 1 (PFVCn-1 – Grupo 2), de 9,5mm de comprimentos.

Da mesma forma, para a confecção do conduto simulado para a cimentação dos pinos, três pinos de fibra de vidro translúcido de dupla configuração anatômica (cilindrico e cônico), White Post DC (FGM, Joinville, SC, Brasil), número 3, de 20m de comprimento, também foram seccionados para a obtenção de três pinos de fibra de vidro de configuração cilíndrica número 3 (PFVCI-3) e três de configuração cônica número 3 (PFVCn-3), de 9,5mm de comprimentos.

Obtenção das guias e matrizes

Inicialmente, um tubo de policloreto de polivinila (PVC), com 18mm de diâmetro externo, foi seccionado, com auxílio de um torno mecânico hidráulico, para a obtenção de seis anéis de 8mm de altura (Figura 1).

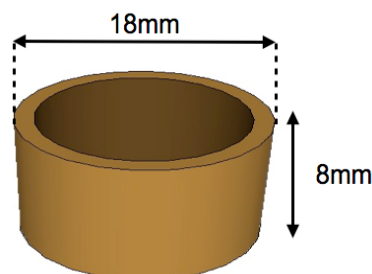


Figura 1. Representação esquemática da matriz de PVC.

Também, com auxílio de um torno mecânico hidráulico, foi confeccionada uma matriz de poliacetal com 25mm de altura e 18mm de diâmetro interno. No centro da matriz foi confeccionado um conduto, paralelo ao seu longo eixo, com profundidade de 10mm e 2,2mm de diâmetro (Figura 2).

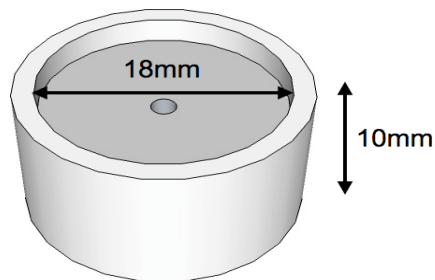


Figura 2. Representação esquemática da matriz de poliacetal.

Na sequência, individualmente, a matriz de poliacetal foi posicionada sobre o anel de PVC (Figura 3.b) e, no interior desse, pela extremidade oposta, foi inserida a massa densa do silicone de polimerização por condensação Zetalabor (Hard. 85 shore-A, Zhermack, Badia Polesine, Rovigo, Italy), obtida após a mistura das pastas base e catalisadora, de acordo com as recomendações do fabricante.

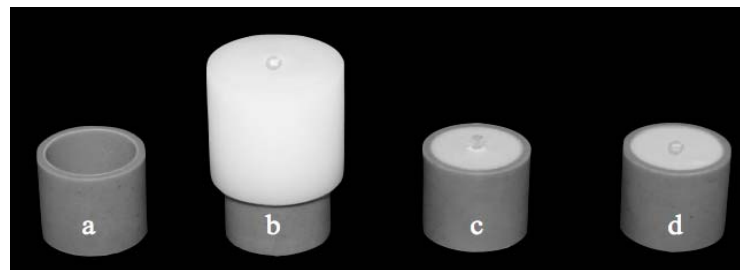


Figura 3. Sistema de guias e matrizes. Figura 3.a. Anel de PVC; Figura 3.b. Matriz de poliacetal posicionada sobre o anel de PVC; Figura 3.c. Conjunto anel de PVC, silicone e PFVCl-3, e Figura 3.d. Matriz com conduto simulado.

Preenchido todo o espaço interno com o referido material de moldagem, o anel de PVC foi posicionado, sob pressão, sobre uma placa de vidro. Posteriormente, um PFVCl-3 foi inserida no conduto da matriz de poliacetal e, com auxílio de uma haste metálica, introduzido

no silicone. Todo o sistema: anel de PVC, matriz de poliacetal, silicone de condensação e PFVCl-3 foi mantido sobre a placa de vidro até a polimerização final do silicone. Ao final dessa etapa, a matriz de poliacetal foi removida, restando o conjunto: anel de PVC, silicone e PFVCl-3 (Figura 3. c).

Do comprimento total do PFVCl-3, 8mm foram introduzidos no material de moldagem e 1,5mm permaneceu para fora, simulando, dessa forma, o processo clínico de cimentação de um pino de fibra de vidro no interior do canal radicular de um dente. O PFVCl-3 foi mantido em posição por 24 horas (Figura 3.d), quando foi dada continuidade ao experimento para a obtenção das amostras.

Todas essa etapa do experimento foi repetida para os outros dois PFVCl-3 e para os três PFCn-3.

Obtenção das amostras

Após a remoção do três PFVCl-3, obteve-se, no silicone de condensação, condutos para a cimentação simulada dos PFVCl-1. Da mesma forma, após a remoção dos PFCn-3, obteve-se condutos para a cimentação simulada dos PFCn-1.

Previamente a cimentação, todos os PFVCl-1 e PFCn-1 foram limpos com álcool 70% e, após sua evaporação, foi aplicado Silano Prosil (FGM, Joinville, SC, Brasil) e aguardado 1 minuto para a secagem do mesmo.

O cimento resinoso utilizado nesse experimento foi o Allcem, na cor A1 (FGM, Joinville, SC, Brasil), de dupla polimerização, composto de duas pastas: base e catalisador. Para a sua mistura, foram utilizadas pontas descartáveis de automistura, que acompanha o cimento, na proporção indicada pelo fabricante do material (1:1, em peso). A mistura obtida foi inserida no interior do conduto do silicone com auxílio de uma seringa Centrix (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), montada com a ponta descartável de inserção Accudose Agulha.

Posteriormente, os PFVCI-1 e PFVCn-1 foram cimentados no conduto do silicone por condensação, de forma centralizada em relação ao longo eixo desse. O cimento extravasado foi removido com um micro aplicador descartável Cavibrush nº 2 (FGM, Joinville, SC, Brasil).

Após a cimentação dos pinos, o cimento resinoso foi fotopolimerizado por 40 segundos, com um aparelho fotopolimerizador de diodo emissor de luz (LED) (Radii Plus - SDI®, São Paulo, SP), com potência de 1.500mW/cm^2 , encostado na extremidade do PFVCI-1 e PFVCn-1 que ficou exposta.

Transcorrido 10 minutos, a partir do início da mistura das pastas do cimento resinoso, o conjunto PFVCI-1 ou PFVCn-1 e cimento Allcem foi removido do silicone. Com um disco diamantado dupla face de granulação fina (Microdont, Socorro, SP, Brasil), em baixa velocidade, o excedente de cada pino que permaneceu para fora da matriz de silicone foi seccionado, restando 8mm, correspondente a parte cimentada. Dessa, por sua vez, foram obtidas amostras, de 2mm cada: amostra cervical (AC, correspondente a parte do pino mais próxima ao aparelho fotopolimerizador), amostra média (AM), amostra profunda (AP) e amostra apical (AA, correspondente a parte mais distante do aparelho fotopolimerizador), sendo as amostras do PFVCI-1 referente ao Grupo 1 (G1) e as amostras do PFCn-1 ao Grupo 2 (G2) (Figura 4).

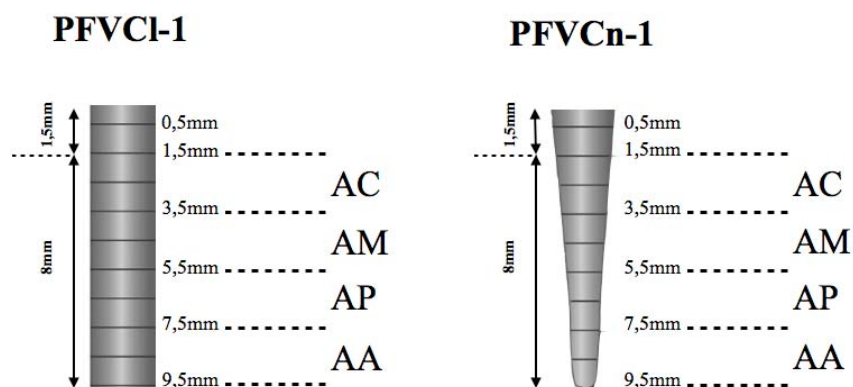


Figura 4. Representação esquemática das amostras dos PFVCI-1 (G1) e PFVCn-1 (G2).

Ressonância Paramagnética Eletrônica

Os RL foram estudados por RPE por meio de um espectrômetro JEOL (JES-PE-3X) operando na banda-X (~9 GHz), com potência de irradiação de microonda de 1mW, amplitude e frequência de modulação, respectivamente, 20 Gauss e 100KHz.

As amostras de 2mm foram inseridas em um tubo de quartzo fundido, com 3mm de diâmetro, e analisadas por RPE com varredura de 2 minutos, em temperatura ambiente e humidade relativa do ar menor que 40%. Para calibração das concentrações foi utilizado o MgO:Mn^{2+} (óxido de magnésio dopado com manganês) como padrão interno. Cada amostra foi analisada 10 minutos (T0) e 24 horas (T1) após a mistura do cimento, sendo, entre T0 e T1, armazenadas em envelopes de alumínio.

Resultados

De todas as amostras obtidas e avaliadas, de cada grupo experimental, foi utilizada para a interpretação do fator em estudo somente a que mostrou espectro de melhor qualidade (menor ruído), devido à conformidade entre as repetições (Figura 5).

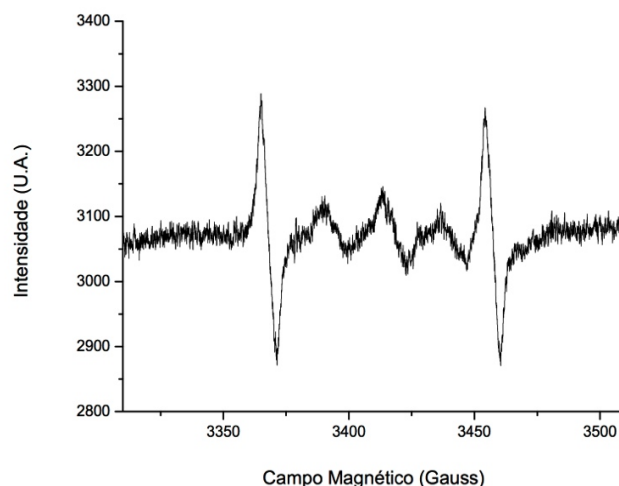


Figura 5. Espectro de RPE da Amostra Apical.

A intensidade dos espectros de RPE gerados na análise das amostras do G2 foi normalizada com relação à quantidade de massa do cimento, pois o volume de cimento resinoso não foi o mesmo entre as amostras do grupo. Devido à conformação cônica do pino, há uma redução do diâmetro do pino de fibra de vidro no sentido cervico-apical. Essa

normalização não foi necessária no G1, pois sendo o pino cilíndrico a interface de cimento é a mesma ao redor de todo o pino.

Para a análise, foi estabelecido o valor de 100% para as AC do G1 e G2, pois apresentaram o sinal do espectro de RPE mais intenso, conseqüentemente, maior concentração de RL, e, a partir dessas, foram calculadas a porcentagem da concentração de RL das outras amostras, para cada grupo (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Porcentagem da concentração de radicais livres em T0.

T0 (10 minutos)				
Grupo	AC (1,5-3,5mm)	AM (3,5-5,5mm)	AP (5,5-7,5mm)	AA (7,5-9,5mm)
G1	100%	100%	83,59%	69,86%
G2	100%	89,19%	58,66%	27,54%

Tabela 2. Porcentagem da concentração de radicais livres em T1.

T1 (24 horas)				
Grupo	AC (1,5-3,5mm)	AM (3,5-5,5mm)	AP (5,5-7,5mm)	AA (7,5-9,5mm)
G1	100%	94,12%	97,65%	90,59%
G2	100%	83,24%	40,09%	14,08%

Ao analisar a Tabela 1, no T0, no G1 a AM não apresentou variação na concentração de RL com relação a AC, por esse motivo, constatamos que em profundidades de até 5,5mm não houve decréscimo na eficiência da concentração de RL. Na AP a concentração de RL foi de 83,59% e na AA de 69,86% da concentração analisada na AC, ou seja, nas distâncias de 6-8mm e 8-10mm a eficiência na concentração de RL formados caiu 16,41% na AP e 30,14% na AA. Por sua vez, no G2, foi observado decaimento da eficiência na concentração de RL formados em todas as amostras comparativamente a AC. As AM, AP e AA apresentaram, respectivamente, decréscimo na eficiência da concentração de RL de 10,81%, 41,34% e 72,46%.

A Tabela 2 mostra a porcentagem de RL das mesmas amostras analisadas, inicialmente no T0, por meio do espectro de RPE, mas no T1, ou seja, 24 horas após a mistura das pastas do cimento resinoso. Assim, comparativamente aos 100% atribuído a AC, o G1 apresentou maior conformidade entre as concentrações de RL, sendo 94,12% na AM, 97,65%

na AP e 90,59% na AA. Enquanto que no G2, também em relação a concentração de RL encontrada na AC, a AM apresentou decréscimo na eficiência da concentração de RL de 83,24%, a AP de 40,09% e AA de 14,08%.

Discussão

No presente experimento, ficou evidenciado que o fator configuração anatômica dos pinos de fibra de vidro avaliados influenciou na capacidade de transmissão da luz emitida pelo aparelho de LED e, assim, na concentração de RL gerados no cimento resinoso de dupla polimerização, em T0 e T1.

Para o PFVCI-1, em T0, não foi evidenciado decréscimo na concentração de RL da AC e AM, , na distância entre 1,5mm a 5,5mm do aparelho LED. Entretanto, a partir de 5,5mm, para AP e AA, a redução da eficiência de RL gerados foi de 16,41% e 30,14%, respectivamente (Tabela 1). Essa diferença na concentração de RL pode ser justificada pelo aumento da distância de AP e AA em relação ao aparelho LED utilizado, mesmo esse emitindo luz numa potência de 1.500mW/cm².

Em relação ao PFVCn-1, em T0, houve redução da concentração da RL na AM (89,19%), AP (58,66%) e AA (27,54), comparativamente a AC (100%), na ordem de 10,81%, 41,34% e 72,46%, respectivamente (Tabela 1). A distância entre o aparelho LED e as amostras analisadas foi um fator relevante que influenciou no decaimento da concentração de RL, para G1 e G2. Entretanto, para o G2 a configuração anatômica também influenciou na transmissão da luz pelo pino e, assim, no decaimento de RL observado nas amostras avaliadas.

No PFVCI-1 o diâmetro é igual em toda a extensão do pino, portanto, o volume de resina epóxi e de fibra de vidro também. Entretanto, no PFVCn-1 avaliado, o diâmetro varia de 1,6mm, na extremidade cervical, a 1,25mm, na extremidade apical, com redução do diâmetro de 0,075mm a cada milímetro. Dessa forma, quando avaliamos a variação da

concentração de RL entre as amostras do G1 e G2, quer seja em T0 como T1, evidenciamos a relevância do diâmetro dos pinos na transmissão da luz e, por consequência, na concentração de RL no cimento resinoso. Essa constatação vai ao encontro dos resultados obtidos por Lui JL,¹¹ que avaliou a influência do diâmetro do pino em relação à profundidade de polimerização de uma resina composta híbrida, inserida no interior de um canal radicular simulado. No referido trabalho, os resultados mostraram que quanto maior o diâmetro do pino maior foi a profundidade da polimerização da resina composta.

Quanto a real efetividade de transmissão da luz emitida pelo aparelho LED e a influência na conversão de RL no cimento resinoso, em toda a extensão do pino cimentado, Shadman N et al,³ observaram que o pino de fibra de quartzo translúcido possibilitou maior grau de conversão de cimentos de dupla polimerização em comparação ao pino opaco. Os autores sugeriram que esse resultado pode estar relacionado à diferença que há entre os índices de refração das fibras e a resina epóxi, onde os raios de luz, passando pela fibra, atravessam a interface da fibra com a resina em ângulo de incidência maior que possibilita que a luz seja refletida para as demais fibras, resultando no aumento da transmissão total da luz.

O comportamento dos raios de luz emitidos pelo aparelho LED ao atravessar interfaces com índices de refração diferentes, podem justificar algumas das incongruências observadas no G1, da Tabela 2, onde, mesmo que mínima, a AP apresentou maior concentração de RL do que a AM. Alguns raios de luz podem ter sido transmitidos pela fibra de vidro e pela resina epóxi e absorvidos pela massa do cimento resinoso, enquanto que outros raios de luz também podem ter sido transmitidos diretamente pelo cimento localizado na interface pino-matriz. Isso, porém, ocorre em baixa intensidade, pois grande parte da luz sofre dispersão e absorção ao passar do meio externo para a massa do cimento.¹⁴ Outro fator que devemos relevar, e que também pode ter influenciado na capacidade de transmissão da luz

pelos pinos, é o processo da usinagem do pino. Devido a mudança da configuração anatômica do PFVCn-1, esse fato pode ter dificultado a transição dos raios de luz entre os meios, pino e cimento, devido a diferença nos índices de refração.

Em relação à configuração do pino, para o PFVCI-1, no T0, não foi evidenciado diferença entre AC e AM, e, em T1, o decaimento da AM foi de 10,81% em relação a AC. Da mesma forma, Yoldas O & Alaçam T,⁵ observaram, por meio de um método indireto de avaliação do grau de conversão relativa de compósitos, que foi possível alcançar profundidade de polimerização de resina composta no interior do canal radicular simulado, em até 8mm de profundidade, quando da utilização de um pino e fibra de vidro de dupla configuração anatômica. Esse fato também foi evidenciado por Mallman A et al¹³ e Silva ALF et al⁶, que observaram dependência entre grau de conversão e profundidade de avaliação, para sistemas adesivos e cimentos resinosos, em relação a translúcidas de diferentes pinos.

As fibras óticas podem transmitir a luz incidida sem nenhuma redução significativa na intensidade,³ mas para as fibras de vidro e resina epóxi são necessários estudos mais aprofundados para avaliar a real eficiência da transmissão, assim como, para o entendimento do comportamento dos raios de luz dentro dos pinos de fibra de vidro.

Na Tabela 2, referente à T1, no G1 o decaimento na concentração de RL, entre todas as amostras, foi mínimo, evidenciando um comportamento muito semelhante para o PFVCI-1. Por sua vez, no G2 a concentração de RL formada foi diferente, especialmente quando analisados os valores referentes a AM, AP e AA. Esse fato pode ter sido influenciado pelo diâmetro do pino, pela usinagem do pino, orientação e propriedades de transmissão da luz pelas fibras de vidro e resina, como também, pela polimerização do cimento resinoso.¹⁰

A reação de polimerização de um compósito fotopolimerizável ocorre em três estágios, na iniciação ocorre a absorção da luz pelo fotoiniciador, a canforoquinona, também presente no cimento resinoso avaliado e que tem um espectro de absorção de onda luminosa

de 400 a 500nm; a canforoquinona reage com uma amina ativadora resultando na formação de RL. Na sequência, no estágio da propagação o RL gerado se liga a um monômero iniciando a reação em cadeia e, na etapa final, ocorre a terminação, onde monômero com RL se liga a outro monômero, que também possui RL, fechando, assim, a cadeia polimérica. Porém, devido a vitrificação da matriz essa etapa pode não ocorrer, permanecendo um elétron livre no monômero, passível de se ligar a outros radicais.¹⁷ Fontes AS et al,¹⁷ observaram a presença de RL em amostras de resinas composta fotopolimerizada por mais de 70 dias, sendo que, nas primeiras 24 horas, o processo é bastante acelerado, tornando-se lento a partir de então, fato justificado pela vitrificação da matriz, impossibilitando a terminação da reação de polimerização.

Sendo assim, é possível considerar que as maiores concentrações de RL presentes em todas as amostras do G1 e nas amostras mais próximas do aparelho fotopolimerizador do G2, em T1, tenha ocorrido devido a esse fenômeno da vitrificação.¹⁵ Porém, foi verificado por Fontes AS et al,¹⁷ que, quanto maior a concentração de RL, melhor o desempenho mecânico, maior profundidade e grau de polimerização, havendo, portanto, uma relação de proporcionalidade entre número de RL e qualidade do material resinoso, indicando que a espectroscopia de RPE é um instrumento importante para o estudo desse compósito restaurador dentário.

Dadas as limitações presentes nesse experimento, variações na determinação de pontos relevantes do espectro de RPE, a determinação da linha base, o ponto máximo do padrão de manganês e do ponto da primeira linha do radical de cada amostram podem ter influenciado nos resultados encontrados no presente estudo.

Conclusão

A espectroscopia de RPE possibilitou maior conhecimento da quantidade de RL gerados durante o mecanismo de polimerização e a influência da configuração anatômica de

pinos translúcidos de fibra de vidro nesse processo. Com base nos resultados encontrados, podemos considerar que, em profundidades de até 5,5mm, não houve decréscimo na eficiência da concentração de RL utilizando PFVCl-1 e, além da translucidez, o diâmetro do PFVCn-1 teve influência na maior eficiência na concentração de RL do cimento resinoso dual utilizado.

Referências Bibliográficas

20. Gomes GM, Gomes OMM, Reis A, Gomes JC, Loguercio AD, Calixto AL. Regional bond strengths to root canal dentin of fiber posts luted with three cementation systems. *Braz Dent J* 2011;22:460-7.
21. Morgan LFSA, Peixoto RTRC, Albuquerque RC, Corrêa MFS, Poletto LTA, Pinotti MB. Light transmission through a translucent fiber post. *J Endod* 2008;34:299-302.
22. Shadman N, Atai M, Ghavam M, Kermanshah H, Ebrahimi F. Parameters affecting degree of conversion of dual-cure resin cements in the root canal: FTIR analysis. *J Can Dent Assoc* 2012;78:c53.
23. Ricketts DNJ, Tait CME, Higgins AJ. Post and core systems, refinements to tooth preparation and cementation. *Br Dent J* 2005;198:533–541.
24. Fernandes AS, Sharat S, Coutinho I. Factors determining post selection: A literature review. *J Prosthet Dent* 2003;90:556-62.
25. Silva ALF, Arias VG, Soares LES, Martin AM, Martins LRM. Influence of fiber-post translucency on the degree of conversion of a dual-cured resin cement. *J Endod* 2007;33:303-05.
26. Calixto LR, Bandéca MC, Clavijo V, Andrade MF, Vaz LG, Campos EA. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent* 2012;37:80-6.
27. Pegoraro TA, Da Silva NRFA, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dent*

- Clin N Am 2007;51:453-471
28. Braga, RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil* 2002;29:257-262.
 29. Goracci C, Corciolani G, Vichi A, Ferrari M. Light-transmitting ability of marketed fiber posts. *J Dent Res* 2008;87:1122-1126.
 30. Lui JL. Depth of composite polymerization within simulated root canals using light-transmitting post. *Quintessence Int* 1994;25:313-319.
 31. Ceballos L, Garrido MA, Fuentes V, Rodríguez J. Mechanical characterization of resin cements used for luting fiber posts by nanoindentation. *Dent Mater* 2007;23:100-5.
 32. Mallman A, Jacque LB, Valandro LF, Muench A. Microtensile bond strength of photoactivated and autopolymerized adhesive systems to root dentin using translucent and opaque fiber-reinforced composite posts. *J Prosthet Dent* 2007;97:165-7.
 33. Rueggeberg F, Jordan DM Effect of light-tip distance on polymerization of resin composite. *Int J Prosthodont* 1993;6:364-370.
 34. Leprince JG, Lamblin G, Devaux J, Dewaele M, Mestdagh M, Palin WM, Gallez B, Leloup G. New insight into the “depth of cure” of dimethacrylate-based dental composites. *J Dent Res* 2010; 89:1494-98.
 35. Yoldas, O. & Alaçam, T. Microhardness of composites in simulated root canals cured with light transmitting posts and glass-fiber reinforced composite posts. *J Endod* 2005;31:104-6.
 36. Fontes AS, Di-Mauro E, Sano, W, de Lima NCS, Dall’Antonia LH. Avaliação do comportamento de radicais livres e desempenho mecânico de compósitos restauradores dentais comerciais por ressonância paramagnética eletrônica (RPE) combinada às análises convencionais. *Polímeros: Ciência e Tecnologia* 2009;19:285-291.

ANEXOS