

CARACTERIZAÇÃO ÓPTICA DE FOTOCONDUTORES PARA USO ENDODONTICO

Leandro Procópio Alves¹, Egberto Munin², Luis Augusto L. Conrado³, Renato A. Zângaro⁴

^{1,2,3,4}Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D),
Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), Brasil, 12244-000
Fone: (0XX12) 3947-1128 Fax: (0XX12) 3947-1149
Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova,
12244-000- São José dos Campos, SP, Brasil
leandro@univap.br, munin@univap.br, conrado@univap.br, zangaro@univap.br

Palavras-chave: laser na odontologia, endodontia, obturação de canal, guia de luz, selante fotopolimerizável

Área do Conhecimento: III- Engenharias

RESUMO

Os cimentos restauradores usados em endodontia são comumente ativados por reações químicas, podendo estar sujeitos, durante o processo de polimerização, a contrações mecânicas, resultando em um selamento imperfeito ou insucesso no tratamento. Cimentos fotopolimerizáveis apresentam geralmente performance superior quando comparado com aqueles quimicamente ativados. Contudo, dificuldades em conduzir a luz para regiões de difícil acesso como o ápice dental exclui este material da possibilidade de inserção na rotina de um consultório.

Recentemente, uma nova técnica para tratamento com cimentos fotopolimerizáveis em aplicações endodônticas foi proposta [1,2]. Tal técnica faz uso de um polímero com formato afunilado para guiar a luz e distribuí-la em regiões de ápice, para em um único passo realizar a polimerização de um canal mais profundo. Para este trabalho, foi produzido um fotocondutor afunilado com 28 mm de comprimento e 1,5 mm de base. O fotocondutor recebeu um tratamento com agentes químicos tornando-se áspero para produzir luz espalhada por toda superfície do condutor. A luz espalhada ao longo do corpo do fotocondutor é uma propriedade importante para a aplicação proposta. Utilizamos uma esfera integradora para mensurar o perfil de irradiação do dispositivo endodôntico proposto.

Uma fibra óptica com 400 µm de diâmetro foi utilizada para acoplar luz laser dentro do dispositivo fotocondutor. Os resultados obtidos são de grande valor para desenvolvimentos futuros.

INTRODUÇÃO

O grande número de falhas em tratamentos endodônticos tem motivado esforços contínuos em pesquisa para a otimização do selamento do canal radicular. Hoje em dia, o uso de cones guta-percha está entre as técnicas mais freqüentemente utilizadas para o tratamento do canal radicular.

Cimentos Endodônticos polimerizáveis através de reações químicas (cimentos auto-polimerizáveis) podem apresentar mudanças dimensionais durante o processo de polimerização, o que conduz a uma micro infiltração na parede do canal.

Os cimentos fotopolimerizáveis geralmente apresentam performance superior, quando comparado com aqueles quimicamente ativados, mas as dificuldades de polimerização resultantes de geometria e o comprimento longo do canal, os impossibilitam de serem aplicados à endodontia. Particularmente, a dificuldade é distribuir luz

suficiente para polimerizar eficientemente o composto do enchimento, localizado na região apical.

Foi desenvolvido um fotocondutor especialmente projetado para o tratamento com luz e materiais de enchimento fotopolimerizáveis por toda a extensão do canal radicular, o qual será caracterizado neste trabalho.

OBJETIVO

Caracterizar o dispositivo fotocondutor, avaliando a contribuição de sinal por unidade de comprimento.

MATERIAL E METODOS

Foram utilizados 02 fotocondutores de formato afunilado (Figura 1), com 28 mm de comprimento e 1,5 mm de base, especialmente desenvolvidos para aplicações endodónticas por nosso grupo de pesquisa. Fabricados a partir de um polímero transparente, os fotocondutores tiveram suas paredes externas gravadas quimicamente para promover maior espalhamento de luz por todo o comprimento do dispositivo.



Figura 1: Dispositivo fotocondutor de formato afunilado.

Uma fibra óptica, com 400 μm de diâmetro acoplada a um laser He-Ne $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ com 10 mW, foi utilizada para inserir luz laser dentro do fotocondutor, como ilustrado na Figura 2.

Fixo em uma base transladora calibrada em micrômetros (Figura 3), o fotocondutor foi inserido em uma esfera integradora em passos de 1 mm e verificado a cada passo, por uma camera CCD intensificada com 256x1024 pixels acoplada a um espectrometro, a intensidade de sinal óptico coletado na esfera. Uma grade de difração com

600 linhas por milímetro foi utilizada para dispersão espectral do sinal.

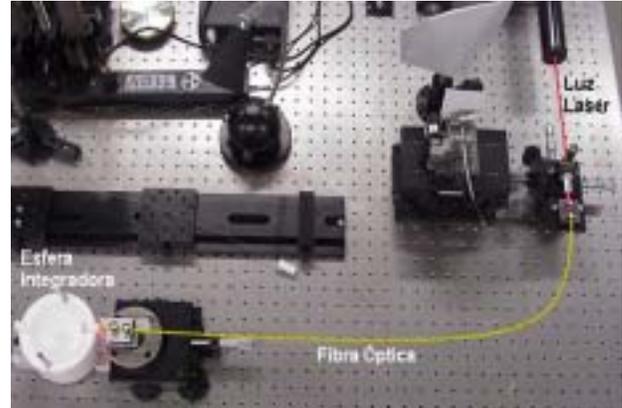


Figura 2: Sistema montado para guiar a luz laser até o dispositivo fotocondutor.

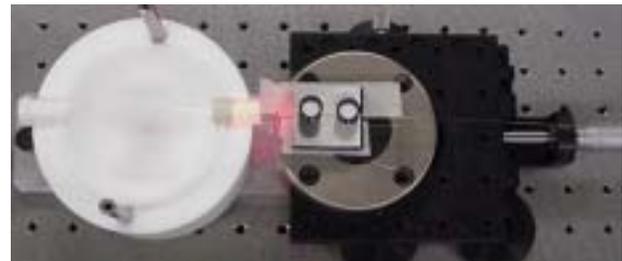


Figura 3: Fibra óptica e dispositivo fotocondutor fixos em base transladora.

RESULTADOS

A medida da quantidade de luz acoplada na esfera integradora para o primeiro dispositivo fotocondutor caracterizado, em função da posição do fotocondutor relativamente à porta de entrada da esfera, está mostrada na figura 4.

A curva, apresentada em escala logarítmica, revela um perfil com dois regimes de trabalho. Foi observado que os pontos experimentais se ajustam a um modelo teórico do tipo exponencial dupla, segundo a equação 1:

$$y = y_0 + A_1 e^{x/t_1} + A_2 e^{x/t_2} \quad (1)$$

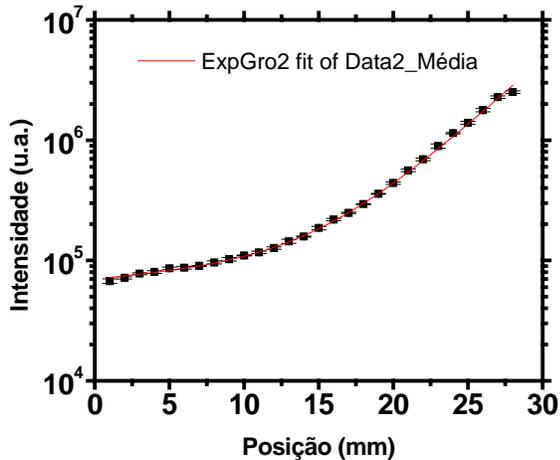


Figura 4: Gráfico com dados experimentais do primeiro dispositivo, com ajuste exponencial de curva.

Para analisar a contribuição de cada milímetro do dispositivo para o sinal acoplado à esfera integradora, do sinal S_x , medido para a posição x , foi subtraído o sinal S_{x-1} , correspondente à posição $x-1$. Deve ser observado que as medidas foram efetuadas em passos de 1 mm e, portanto, a função descrita por $(S_x - S_{x-1})$ representa a contribuição por unidade de comprimento, dada em milímetro, ao longo do fotocondutor para a intensidade luminosa que foi acoplada por meio da fibra óptica. A figura 5 mostra a função $(S_x - S_{x-1})$ para os dados experimentais do primeiro dispositivo fotocondutor estudado.

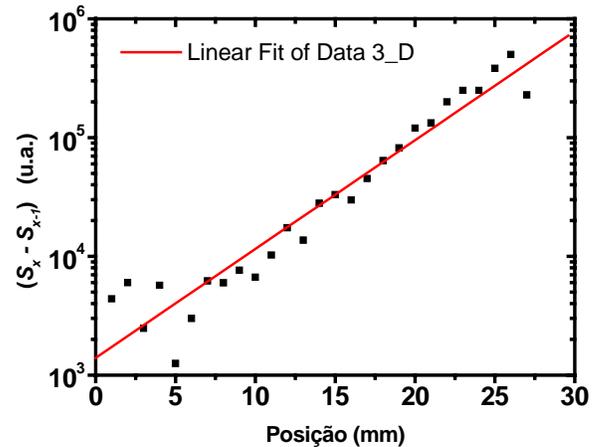


Figura 5: Contribuição de intensidade de sinal por unidade de comprimento, com ajuste linear de curva.

A posição 28 mm corresponde a extremidade do fotocondutor por onde a luz é acoplada, ou seja, a extremidade por onde é inserida a fibra óptica. Neste ponto observa-se que a contribuição em sinal espalhado é máxima. Este fato pode ser atribuído à maior intensidade luminosa na entrada do fotocondutor, bem como um maior desacoplamento da luz presente no mesmo, uma vez que nesta região as dimensões físicas do dispositivo são maiores e portanto a área que espalha a radiação é maior. Conforme decrescemos de posição, a intensidade de radiação no interior do fotocondutor diminui e, conseqüentemente, a contribuição para o sinal acoplado na esfera integradora também decresce.

O segundo dispositivo fotocondutor testado exibiu perfil semelhante ao primeiro, mas com um ajuste menos perfeito ao modelo teórico expresso pela equação 1.

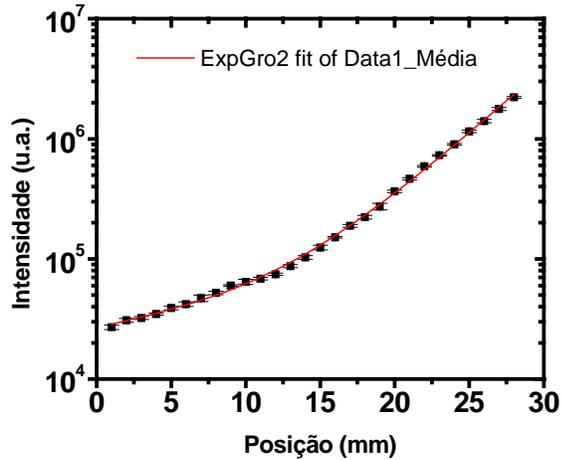


Figura 6: Gráfico do segundo dispositivo, perfil com duas tendências de curva.

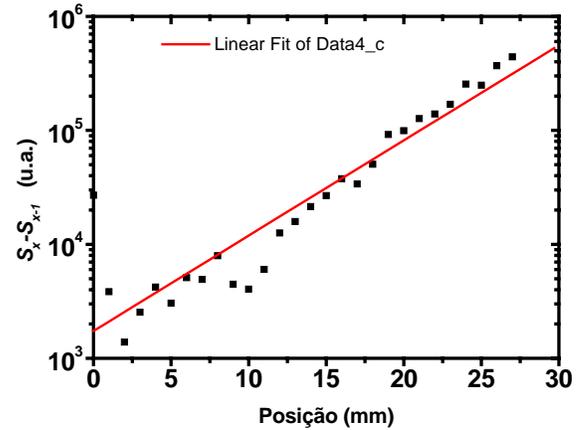


Figura 7: Contribuição de sinal por unidade de comprimento, com ajuste linear de curva.

A Figura 7 mostra a função $(S_x - S_{x-1})$ para os dados experimentais do segundo dispositivo fotocondutor estudado, evidenciando uma perturbação no entorno do valor 10 mm para a coordenada de posição. A Figura 8 mostra um detalhe em escala linear da região no entorno desta perturbação.

Ampliando a região do gráfico próximo dos dez milímetros, onde ocorreu um maior afastamento dos dados experimentais com relação à curva teórica, nota-se significativa mudança de regime.

Esta mudança de regime é atribuída a defeitos no dispositivo. De fato, ao observar-se o dispositivo em uma lupa estereoscópica, nota-se a presença de bolhas em seu corpo (Figura 9). As bolhas foram encontradas em maior quantidade nas regiões onde a curva sofre mudança de regime. Foram observadas bolhas em ambos os dispositivos, porém no dispositivo 1 as bolhas são bem menores e em menor quantidade que as encontradas no dispositivo 2.

As bolhas encontradas se assemelham a uma elipse. Muito provavelmente, as bolhas são formadas durante o processo de aquecimento do polímero para fabricação do fotocondutor e assumem a forma elíptica durante o processo de puxamento.

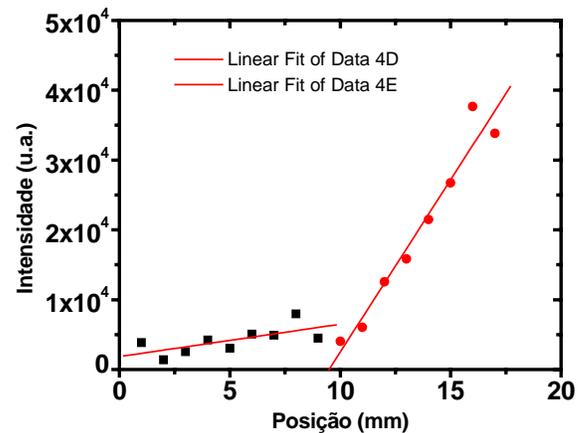


Figura 8: Gráfico exibindo a região onde ocorreu a mudança de regime, com ajuste linear de curva.

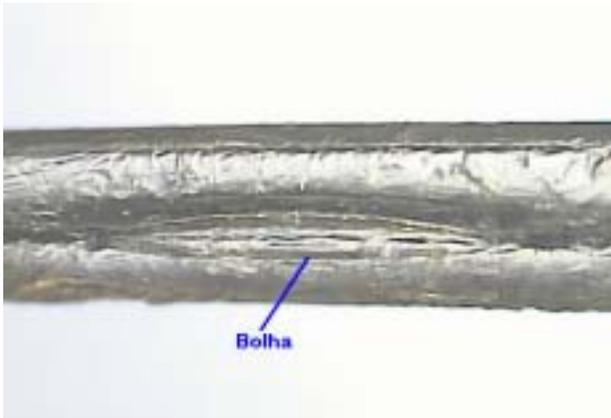


Figura 9: Bolhas encontradas no dispositivo 2.

A Tabela 1 mostra os valores obtidos para os parâmetros da equação 1 a partir do ajuste da curva teórica aos dados experimentais. Comparando-se os dois dispositivos, com base nos valores mostrados para χ^2 , observa-se que um melhor ajuste de curva foi obtido para o dispositivo 1.

Tabela 1: Valores obtidos para os parâmetros da equação 1 a partir do ajuste da curva aos dados experimentais.

	Dispositivo 1	Dispositivo 2
χ^2	3,257	4,771
R^2	0,9978	0,9958
y_0	$-1,709 \times 10^9$	$-5,329 \times 10^9$
A_1	1881,4	2542,5
T_1	3,84	3,97
A_2	$1,709 \times 10^9$	$5,329 \times 10^9$
T_2	$1,182 \times 10^6$	$4,147 \times 10^6$

No presente trabalho, o tratamento químico aplicado nos dispositivos foi efetuado manualmente. Não faz parte dos objetivos deste

trabalho estudar a homogeneidade do ataque químico nas diferentes regiões do dispositivo. Embora possa ter ocorrido ataque químico em diferentes graus em diferentes pontos da superfície, o comportamento suave das curvas experimentais sugere que este efeito não se fez presente de forma significativa nos dispositivos construídos.

CONCLUSÃO

A quantidade de luz espalhada depende, em primeira instância, da intensidade de luz que é acoplada no dispositivo. Foi observado que, ao longo do fotocondutor, esta intensidade decai segundo um modelo de dupla exponencial.

As bolhas que eventualmente aparecem no corpo do dispositivo causam alterações no espalhamento da luz.

As medidas experimentais indicam que eventuais inhomogeneidades no tratamento químico feito nas paredes do dispositivo não interferiram de maneira significativa no funcionamento do dispositivo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe técnica da Oficina Mecânica da Univap, Sr. José Unterkircher, Celso Erasmo de Oliveira e Laercio Cesar de Oliveira, pela confecção da esfera integradora utilizada neste projeto, bem como o auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo – FAPESP, via projeto no. 1996 / 05590-3.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] L. A. L. Conrado¹, Íris M. Frois, R. A. Zângaro, Egberto Munin, "Root apex sealing with different filling materials photopolymerized with argon ion laser light" Proc. SPIE **4950**, 211-217 (2003).

[2] L. A. L. Conrado, Íris M. Frois, R. A. Zângaro, Egberto Munin, C. Kuranaga, M. D. Silva, M. C. A. Nono, and M. C. Rezende, "Quality improvement of photopolimerizable-cement root canal obturation," Proc. SPIE **4950**, 54-55 (2003).