



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

CRISTIANE MAYUMI INAGATI

**EFEITO DA EMISSÃO DE LUZ COM FIBRA ÓPTICA, NA
CIMENTAÇÃO DE RETENTOR INTRARRADICULAR
EXPERIMENTAL**

CRISTIANE MAYUMI INAGATI

**EFEITO DA EMISSÃO DE LUZ COM FIBRA ÓPTICA, NA
CIMENTAÇÃO DE RETENTOR INTRARRADICULAR
EXPERIMENTAL**

Tese apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA.

Área: Prótese dentária. Linha de pesquisa: Desenvolvimento de biomateriais e novas tecnologias em odontologia.

Orientador: Prof. Assoc. Tarcisio José de Arruda Paes Junior
Coorientadora: Profa. Dra. Paula Carolina Komori de Carvalho

São José dos Campos

2021

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2021]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Inagati, Cristiane Mayumi

Efeito da emissão de luz com fibra óptica, na cimentação de retentor intrarradicular experimental / Cristiane Mayumi Inagati. - São José dos Campos : [s.n.], 2021.

73 f. : il.

Tese (Doutorado em Odontologia Restauradora) - Pós-Graduação em Odontologia Restauradora - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2021.

Orientador: Tarcisio José de Arruda Paes Junior

Coorientadora: Paula Carolina Komori de Carvalho

1. Fotopolimerização. 2. Pinos dentários. 3. Fibra óptica. 4. Cimentação. I. Paes Junior, Tarcisio José de Arruda, orient. II. Carvalho, Paula Carolina Komori de, coorient. III. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. V. Universidade Estadual Paulista (Unesp). VI. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Assoc. Tarcisio José de Arruda Paes Junior (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Dr. Ricardo Danil Guiraldo

Universidade Norte do Paraná (UNOPAR)

Campus de Londrina

Profa. Dra. Jaiane Bandoli Monteiro

Centro Universitário UNIFACIG

Campus de Manhuaçu

Profa. Dra. Renata Marques de Melo Marinho

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Assoc. Cláudio Antonio Talge Carvalho

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

São José dos Campos, 10 de agosto de 2021.

DEDICATÓRIA

A **Deus**, por sempre me acompanhar em todos os momentos, permitindo que eu chegasse até onde eu cheguei e por nunca me deixar desistir, mesmo em momentos difíceis de muitos desafios que aparecem diariamente.

À **Maria**, mãe do nosso salvador por me dar forças para nunca me deixar abalar mesmo em situações complexas.

Ao meu pai, **Carlos Inagati** “*in memoriam*”, não há palavras para agradecer por tudo que o senhor fez por mim. Muito obrigada por acreditar em mim mesma quando muitas pessoas desacreditavam. O senhor se foi tão cedo e nunca saberíamos que um dia eu chegaria até onde cheguei. Sei que onde quer que eu esteja o senhor me zela com todo o seu amor e carinho. Saudades eternas.

À minha mãe, **Eva Inagati**, muito obrigada por me dar a vida e por ser o alicerce da minha família. Obrigada por ser a nossa base e por nunca se deixar abater mesmo em momentos de muitos desafios que vivenciamos até o presente momento. Agradeço por ser a minha mãe e assumir a função de pai nos últimos anos.

Ao meu irmão, **Alex Inagati**, muito obrigada por sempre estar ao meu lado, pelas brigas, pela união e por ser o homem da nossa família. Obrigada principalmente pela compreensão em ter que me ausentar nos últimos anos e pelo apoio incondicional.

Aos meus amigos que me dão conforto, amizade sincera, conselhos e força para eu continuar sempre em busca dos meus sonhos e objetivos. Vocês estão sempre guardados em meu coração e recebam a minha singela homenagem.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu alcançasse os meus sonhos sintam-se homenageados com esta dedicatória.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, **Prof. Assoc. Tarcisio José de Arruda Paes Junior**, muito obrigada pelo aceite em ser o meu orientador, pelos anos de convivência, pela parceria nos trabalhos e nas disciplinas da graduação, pelas oportunidades que me foram concedidas e por me ensinar um pouco do seu amplo conhecimento clínico.

À minha coorientadora, **Profa. Dra. Paula Carolina Komori de Carvalho**, muito obrigada pela orientação, pelo carinho, pelo aprendizado, pela contribuição neste trabalho e pelo convívio nas disciplinas da graduação.

Ao **Prof. Assoc. Eduardo Bresciani**, pelo professor exemplar a ser seguido, pelas considerações realizadas durante o exame geral de qualificação, pela paciência, pelo apreço com cada aluno e pela tranquilidade que sempre transpareceu perante os aprendizes e, sobretudo pela disponibilidade em sempre auxiliar os alunos quando solicitado. O senhor é uma inspiração para mim como uma futura docente.

À **Profa. Dra. Renata Marques de Melo**, muito obrigada por ser um exemplo de pesquisadora, inspiração, inteligente e pela calma que sempre me transmitiu durante estes anos de convivência. Se um dia eu obtiver 10% do seu conhecimento como pesquisadora eu tenho a certeza que serei uma pessoa melhor.

Ao **Prof. Tit. Estevão Tomomitsu Kimpara**, pelas contribuições realizadas no trabalho durante o meu Exame Geral de Qualificação e pela parceria nas disciplinas da graduação.

Ao **Prof. Assoc. Cláudio Antonio Talge Carvalho**, pelas contribuições durante a defesa de doutorado e pela simpatia que sempre transmite a todos os alunos.

À **Empresa Angelus**, por confeccionar e conceder os pinos pré-fabricados para o presente trabalho.

À Photonita Metrologia Óptica, representada pelo **Sr. Carlos Aurélio Pezzotta**, por desenvolver e disponibilizar o protótipo emissor de luz empregado nesta pesquisa.

À Universidade Estadual Paulista, representada pela Diretora do Instituto de Ciência e Tecnologia, **Profa. Assoc. Rebeca Di Nicoló** e do Vice-diretor, **Prof. Assoc. Cláudio Antonio Talge Carvalho**. Agradeço por fazer parte desta universidade que me fez crescer profissionalmente.

Ao Programa de Pós- Graduação em Odontologia Restauradora, Especialidade de Prótese Dentária, coordenado pelo **Prof. Assoc. Alexandre Luiz Souto Borges** pela confiança depositada em meu potencial meus sinceros agradecimentos.

Ao Laboratório de Materiais Odontológicos, coordenado pelo **Prof. Tit. Marco Antonio Bottino** onde foi desenvolvida grande parte desta pesquisa.

Ao Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, nas pessoas do atual chefe **Prof. Dr. Rodrigo Máximo de Araújo** e sua vice-chefe **Profa. Dra. Paula Carolina Komori de Carvalho**. Meus sinceros agradecimentos por terem contribuído pela minha formação profissional.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES** pela concessão da bolsa durante todo o período do doutorado (Processo nº 88882.434257/2019-01).

Aos professores **Rubens Nisie Tango, Alexandre Luiz Souto Borges e Carolina Martinelli**, meus agradecimentos pelos anos em que convivi nas disciplinas de Prótese Total e Materiais Odontológicos.

Aos demais professores meus sinceros agradecimentos pela contribuição na minha formação profissional.

Aos projetos Dentaduras SA e MEO sob a coordenação do **Prof. Assoc. Tarcisio José de Arruda Paes Junior** pela oportunidade concedida em fazer parte destes dois grandes projetos. Eu tenho a certeza que foi muito proveitoso e de muito aprendizado.

Ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) nas pessoas do **Prof. Dr. Gilmar Patrocínio Thim e Dra. Beatriz Rossi Canuto de Menezes Rodrigues** pelo auxílio em parte da minha pesquisa.

Às minhas amigas, **Fabielle Harth, Patricia Husch, Luciana Ruano, Aline Monteiro, Gabriela Honorato, Mariany Barros, Simoni Alessandra e Luana Konrad**. Sou muito grata pelos anos de amizade. Uma amizade que se iniciou num pensionato de freiras em épocas diferentes, mas que guardo com muito carinho em meu coração. Eu torço por cada uma e sei que torcem por mim. No pensionato vivemos momentos de muitas alegrias, conhecimentos, convivências diárias e principalmente de aprendizado mútuo. Eu só tenho a agradecer pela amizade verdadeira e, sei que mesmo com a distância a amizade sempre prevalecerá. Que isto perdure por muitos anos.

Às minhas amigas, **Bruna Cristina de Souza, Carla Barbosa e Rosângela Viegas**. Se tem uma coisa que a graduação me deu foi a amizade de vocês. Vocês além de amigas são como minhas irmãs. Muito obrigada pelos conselhos, desabafos, amizade, torcida e por me apoiarem sempre.

Às minhas amigas estrangeiras, **Midian Castilho, Uxua Ortecho e Natali Haro**, muito obrigada pela amizade que surgiu durante o mestrado. Obrigada por muito me ensinarem e pelos conselhos que vocês me deram e me proporcionam ainda mesmo com a distância. Eu admiro cada uma de vocês pelas pessoas incríveis que são. *Muchas gracias*.

À minha amiga, **Christiane Nagasso**, minha querida xará, amizade que ganhei logo que entrei no doutorado. Chris muito obrigada pelo convívio na pós-graduação, mesmo que por pouco tempo, pois apesar de nossas vidas terem

traçados caminhos diferentes eu sempre poderei contar com a sua amizade sincera e regada de muita conversa.

Aos meus amigos da turma de doutorado, **Mírian Bueno, Pedro Prado, Leonardo Gomes e Guilherme Scalzer**. Agradeço a cada um pelo respeito, carinho e por estarmos juntos no doutorado. Desejo muito sucesso na carreira profissional. Foi um prazer dividir esta trajetória com vocês.

Aos meus amigos de outras turmas, **Pollyanna Nogueira, Allana Agnes, Jessica Dias, Vandeberg Diniz, Manassés Tercio, Natália Gonçalves, Natália Rossi, Jonas Rodrigues, Michelle de Sá, Amir Demachkia e Ana Flávia dos Reis** muito obrigada pelas conversas, almoços, apoio nos momentos difíceis, brincadeiras, saidinhas ou auxílios durante a pesquisa. Espero que a nossa amizade perdure além da pós-graduação. O fim do doutorado chegou, mas saibam que podem contar comigo sempre. Às colegas, **Larissa Alves e Rossana Gaudio** muito obrigada pelo auxílio em parte da minha pesquisa mesmo durante a pandemia.

Aos colegas de Pós-Graduação, **Nayara Barchetta, Jaiane Monteiro, Aline Barcellos, Juliana de Freitas, Bruna Jordão, Leonardo Jiro, Murilo Rodrigues, Lais Landim, Amanda Dal Piva, João Paulo Tribst, Jefferson Mattos, Pedro Diamantino, Pamela Ricco, Elisa Grassi, Elisa Kukulka, Ana Beatriz Gomes, Ana Carolina e Joyce Rodrigues**, pelos momentos compartilhados.

Às minhas coorientadas **Ana Beatriz Toledo e Julia Germano** pelo convívio, pelo auxílio, pela dedicação e por me permitir ser coorientadora de vocês.

A todos os alunos da graduação que estiveram comigo nas clínicas e laboratórios. Muito obrigada pelo carinho, esforço e dedicação de cada um. Acredito que me vi um pouco em cada um de vocês quando eu estava na graduação. Desejo muito sucesso na carreira.

Aos **funcionários da biblioteca**, do Instituto de Ciência e Tecnologia-UNESP por toda a atenção e correções necessárias.

Aos funcionários da seção de Pós- Graduação, **Bruno, Sandra e Carol**, do Instituto de Ciência e Tecnologia- UNESP por todos os serviços prestados.

Aos funcionários, **Juliane Damasceno, Fernando Pontes, Marco Alfredo, Lilian Vilela, Marcio Eduardo e Thaís Cachuté**. Muito obrigada por toda a atenção de cada um de vocês, pela convivência diária e por todo o auxílio.

Eu não poderia deixar de agradecer aquela pessoa que muito confiou e me incentivou para que eu fosse em busca do meu sonho que era fazer o mestrado e posteriormente dar continuidade com o doutorado. Ao **Prof. Dr. Ricardo Danil Guiraldo**, da Universidade Estadual de Londrina- UEL agradeço por toda confiança depositada e pelo estímulo para que eu prestasse as provas de mestrado.

Por fim agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui. Muito obrigada.

"A Grande Conquista é o resultado de pequenas vitórias que passam
desapercebidas". Paulo Coelho

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Fotopolimerização	21
2.2 Retentores intrarradiculares.....	25
2.3 Cimentos resinosos	28
3 PROPOSIÇÃO	30
3.1 Objetivo geral	30
3.2 Objetivo específico.....	30
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1 Dispositivo acessório para emissão de luz.....	31
4.2 Retentores de fibra de vidro experimentais.....	33
4.2.1 Análise de elementos finitos (FEA).....	34
4.2.2 Confeção dos protótipos em fibra de vidro.....	36
4.3 Simulação do conduto radicular	37
4.4 Cimentação dos retentores	39
4.5 Envelhecimento térmico	42
4.6 Teste de resistência de união por <i>push out</i>	44
4.7 Análise de fratura.....	45
4.8 Análise do grau de conversão.....	46
4.9 Análise estatística	46
5 RESULTADO	48
5.1 Análise da irradiância.....	48
5.2 Análise de <i>push out</i>	49
5.3 Análise de fratura.....	52

5.4 Análise do grau de conversão.....	54
5.5 Envelhecimento térmico	55
6 DISCUSSÃO	59
7 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	66

Inagati CM. Efeito da emissão de luz com fibra óptica, na cimentação de retentor intrarradicular experimental [tese]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2021.

RESUMO

Os fotopolimerizadores vêm sendo utilizados como dispositivos fundamentais na Odontologia para confecção de restaurações. No entanto, a etapa de fotopolimerização da resina composta inadequada pode afetar a união entre o material restaurador e o substrato. No caso dos agentes cimentantes resinosos a dificuldade está na limitação do local de incidência da luz. Em cimentações de retentores intrarradiculares pré-fabricados, normalmente são utilizados os cimentos de ativação química ou dupla ativação, devido a limitações anatômicas. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da emissão de luz com fibra óptica, na cimentação de retentor intrarradicular experimental capaz de fotoativar em toda a extensão do conduto radicular. No estudo foi confeccionado um protótipo de ponta acessória em fibra óptica para fonte transmissora de luz que acoplado a um aparelho fotoativador (Bluephase, Ivoclar, Brasil) transmite a luz pelo interior do conduto radicular. Desta forma foram confeccionados em parceria com a empresa Angelus, retentores experimentais vazados ao longo dos seus eixos em fibra de vidro parcialmente opacos. Para simulação do conduto radicular foram utilizadas 80 amostras de resina G10 seccionadas no tamanho de 10 mm de largura por 14 mm de altura (n=80). Cada amostra foi perfurada ao centro nas seguintes dimensões: diâmetro de 3,0 mm e 10 mm de altura. Para cimentação dos retentores intrarradiculares foram utilizados cimento resinoso fotoativado ou dual. A fotoativação foi realizada diretamente com a ponta do aparelho fotoativador ou utilizando o dispositivo experimental transmissor de luz. As amostras foram analisadas imediatamente ou após o envelhecimento térmico de 10.000 ciclos. Para análise da resistência de união as amostras foram seccionadas em 3 partes, com 2 mm cada (coronal, média e apical) e submetidas aos testes de resistência de união por *push out*, seguido da análise estereomicroscópica e análise espectroscópica no infravermelho transformada por Fourier (FT-IR). O dispositivo experimental transmissor de luz foi avaliado quanto a sua irradiância, e esta obteve 50% da energia quando comparada com obtida diretamente da ponteira do fotoativador. Após testes mecânicos, os resultados encontrados foram submetidos aos testes estatísticos, Anova com 3 fatores (cimento x fotoativação x profundidade) e Anova 2 fatores (envelhecimento x cimento), seguida de teste Tukey com nível de significância de 5%. Nos resultados de resistência houve diferença estatística

entre os tipos de cimentos, profundidade, fotoativação e interação entre os cimentos e a profundidade, sendo que os grupos cimentados com os cimentos fotoativados e com o dispositivo houve uma maior resistência de união na porção média e apical. Com relação ao grau de conversão houve uma maior conversão e a análise estereomicroscópica apresentou maior falha adesiva na porção apical, independente da realização do envelhecimento. Portanto, a utilização do dispositivo obteve resultados promissores e o retentor intrarradicular experimental contribuiu para aumentar a adesão entre o cimento e o substrato em sua porção mais apical.

Palavras-chave: Fotopolimerização. Pinos dentários. Fibra óptica. Cimentação.

Inagati CM. Effect of light emission with optical fiber, on the cementation of an experimental intraradicular retainer [doctorate thesis]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2021.

ABSTRACT

Photopolymerizers have been used as a fundamental device in dentistry for making restorations. Nonetheless, the stage for the photopolymerization of the composite resin is critical and can affect the adhesion between the restorative material and the substrate. In the case of resin cementing agents, the difficulty lies in limiting the location of the incidence of light. In cementations of prefabricated intraradicular retainers, chemical activation or double activation cements are normally used, due to anatomical limitations. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of light emission with optical fiber in the cementation of experimental intraradicular retainer capable of photoactivating in the entire length of the root canal. In the study, a prototype of fiber optic accessory tip for light transmitting source was made, which coupled to a photoactivator device (Bluephase, Ivoclar, Brazil) transmits the light inside the root canal. Thus, they were made in partnership with the company Angelus, experimental retainers cast along their axes in partially opaque fiberglass. For simulation of the root canal were used 80 samples of resin G10 sectioned in size 10mm wide by 14mm high (n=80). Each sample was drilled in the center in the following dimensions: diameter 3.0 mm and height 10 mm. For the cementation of the intraradicular seals, light-cured or dual resin cement was used. The photoactivation was performed directly with the tip of the photoactivator device or using the light transmitting experimental device. The samples were analyzed immediately or after thermal aging of 10,000 cycles. For bond strength analysis, the samples were sectioned into 3 parts, with 2 mm each (coronal, mean and apical) and submitted to the bond strength tests by push out, followed by the stereomicroscopic analysis and infrared spectroscopic analysis by Fourier (FT-IR). The Light Transmitting Experimental Device was evaluated for its irradiance and obtained 50% of the energy when compared to that obtained directly from the tip of the photoactivator. After mechanical tests, the results found were submitted to the statistical tests Anova with 3 factors (cement x photoactivation x depth) and Anova 2 factors (aging x cement), followed by Tukey's test with a significance level of 5%. In resistance results, there was a statistical difference between the types of cements, depth, photoactivation and interaction between the cements and depth, and the groups cemented with the photoactivated cements and the device had a greater bond strength in middle

and apical portion. Regarding the degree of conversion, there was a greater conversion and the stereomicroscopic analysis, it showed greater adhesive failure in the apical portion, regardless of the performance of aging. Therefore, the use of the device obtained promising results and the experimental intraradicular retainer contributed to increase the adhesion between the cement and the substrate in its most apical portion.

Keywords: Light- curing of dental adhesives. Dental posts. Optical fiber. Cementation.

1 INTRODUÇÃO

Os diodos emissores de luz (LEDs) surgiram a partir da década de 1990 e que vêm sendo aperfeiçoados como fontes de luz na adesão entre o material restaurador e o substrato dentinário mediante à fotopolimerização (Nakamura et al., 1995). Suas principais vantagens no tratamento restaurador direto e indireto são o seu estreito comprimento de onda, a menor emissão de calor, um menor custo de manutenção e uma maior longevidade da restauração (Jandt, Mill, 2013; Magalhães Filho et al., 2016). Porém, se a polimerização da resina for incorreta isto pode acarretar em problemas biomecânicos, físicos, biológicos e má conversão do monômero em polímero que alteram na qualidade final e na longevidade da restauração (Strazzi-Sahyon et al., 2020; Tongtaksin, Leevailoj, 2017).

A quantidade de energia recebida na restauração pode ser afetada de diversos fatores, tais como, a cor do compósito (Strazzi-Sahyon et al., 2020); bateria insuficiente (Tongtaksin, Leevailoj, 2017); fotopolimerizador (Soares et al., 2017); tamanho do incremento (Shimokawa et al., 2020); utilização da barreira no fotoativador (Soares et al., 2020), dentre outros fatores.

Uma grande preocupação dos pesquisadores reside no fato de que quanto maior a profundidade da restauração, menor o efeito da fotoativação, o que foi evidenciado em trabalhos como o de Maghaireh et al. (2019) que estudaram dois diferentes fotoativadores, com 5 diferentes materiais restauradores de incremento único e diferentes espessuras de incrementos, onde observaram que quanto maior a profundidade, menor o efeito da fotoativação.

Em contrapartida, devido aos níveis elevados de irradiância durante as técnicas adesivas, surgiram problemas relacionados ao calor excessivo e alto

grau de tensão de polimerização (Rueggeberg, 2011). Para conseguir diminuir estes problemas, pesquisas foram realizadas a fim de controlar a taxa de fotopolimerização, associada à intensidade da luz, proporcionando assim, um controle na contração de fotoativação (Mehl et al., 1997; Rueggeberg, 2011).

Os dentes tratados endodonticamente constantemente necessitam de retentores intrarradiculares (RIR) para possibilitar suporte as estruturas das coroas devido a extensa perda da estrutura dentária (Morgan et al., 2018). Dentre os tipos de retentores selecionados, pode-se utilizar os pinos pré-fabricados do tipo fibra de vidro por possuírem o módulo elástico semelhante ao da dentina e características químicas biocompatíveis com o sistema adesivo (Morgan et al., 2018). No entanto, para se obter uma adesão satisfatória entre o substrato dentinário e o RIR é necessário haver um adequado tratamento superficial do retentor intrarradicular, bem como, a quantidade e a polimerização adequada do agente cimentante utilizado que deve ser em toda a sua extensão do retentor (Akgungor, Akkayan, 2006; D’Arcangelo et al., 2008; Morgan et al., 2018).

Existem basicamente três sistemas, de acordo com o modo de ativação, de cimentos resinosos: os quimicamente ativados, os fotoativados e os duais. A escolha do cimento resinoso deve estar pautada na fotopolimerização adequada, que proporcione uma boa resistência durante a mastigação e dê suporte às estruturas enfraquecidas (Yoldas, Alaçam, 2005). Portanto, em restaurações de retentores intrarradiculares que possuem pouca luminosidade, profissionais optam pelos cimentos quimicamente ativados, pois não há a necessidade de fotoativação, visto que segundo evidências científicas a luz do polimerizador não polimeriza até a região apical, muito embora, este cimento possua as piores condições de trabalho (Ceballos et al., 2007; Lima et al., 2016b; Morgan et al., 2018; Naumman et al., 2008).

Em contrapartida, os cimentos resinosos fotopolimerizáveis dispõem do controle da manipulação do cimento e do domínio de umidade, possibilitando assim, uma menor formação de bolhas durante a cimentação, propiciando uma maior propriedade mecânica, mas são limitados quanto ao alcance da fotoativação em profundidade, que é dificultada independentemente do tipo de retentor escolhido (Lima et al., 2016b; Yoldas, Alaçam, 2005). Ao levar-se em consideração o custo-benefício do cimento, a opção elegida por parte dos profissionais são os cimentos duais, pois combinam as características dos cimentos químicos com os cimentos estritamente fotoativados (Yoldas, Alaçam, 2005). Os cimentos duais são indicados por não necessitarem de luz direta ao seu alcance, assim como, pela sua simplicidade quanto à sua utilização (Manso, Carvalho, 2017).

Face às diversas preocupações por partes dos profissionais acerca da efetividade da fotoativação, pesquisadores como Ceballos et al. (2007) estudaram a cimentação dos retentores intrarradiculares com os 3 tipos de cimentos ativadores (químico, dual e fotoativado), concluindo o que foi relatado anteriormente de que os cimentos fotoativados possuíam menor polimerização na porção apical, o que dificultava a adesão dentina-cimento-pino.

Outro fator que pode melhorar a efetividade da adesão é a seleção criteriosa dos pinos. Segundo trabalhos, a utilização de pinos translúcidos pode melhorar a eficiência da passagem da luz até o ápice, porém existem controvérsias entre a utilização dos pinos translúcidos, pois alguns autores relatam não haver um ganho expressivo de condução da luz mesmo nesta condição (Morgan et al., 2015). Porém, segundo Morgan et al. (2018) que avaliaram a utilização dos pinos translúcidos em comparação com os pinos de fibra de vidro já consolidados no mercado, cimentados com cimento dual e analisados em profundidade verificou-se que houve uma diminuição da

polimerização em profundidade para todos os grupos, porém foram encontrados, nos pinos translúcidos, maiores valores do que nos convencionais, embora não tenha havido diferença estatística entre os grupos quando foi avaliada a dureza do cimento. Já Stylianou et al. (2017) confeccionaram um pino experimental com fibra óptica em comparação com um existente no mercado para avaliar o efeito da fotoativação e os autores concluíram que a presença da fibra óptica proporcionou uma melhor resistência adesiva.

Diante do que se pôde levantar na literatura acerca do assunto e devido a carência de respostas para algumas indagações, o presente trabalho propõe-se a avaliar formas de transmissão de luz para a fotoativação, com o desenvolvimento de um dispositivo alternativo complementar para emissão de luz e, um tipo modificado de pino pré-fabricado, quando testados em cimentos com diferentes formas de ativação (fotoativado ou dual) na intenção de verificar se estas variações de técnicas, ainda não encontradas na literatura determinam possíveis mudanças benéficas nas características mecânicas e químicas do conjunto cimento resinoso e pino pré-fabricado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão abordará na forma de subitens o relato literário dos assuntos concernentes ao que se pretendeu avaliar neste trabalho.

2.1 Fotopolimerização

A escolha da utilização de uma unidade de polimerização como os diodos emissores de luz (LED) depende da necessidade de se ter energia suficiente, com o comprimento de onda adequado para que ocorra a polimerização satisfatória da resina composta (Harlow et al., 2016). Porém, para que se obtenha uma maior qualidade da restauração é necessário que os cirurgiões-dentistas e pesquisadores conheçam a luz que é emitida através da unidade de polimerização e, que pode variar quanto as diferentes potências e quantidade de irradiância (Harlow et al., 2016). Diversos trabalhos vêm estudando a potência e a irradiância dos fotoativadores, como o trabalho de Michaud et al. (2014) que avaliaram a irradiância de 4 aparelhos e a sua distribuição de luz através de um único método de aferição de radiação com uma única ponta de luz e, foi concluído que este método é impreciso para a padronização da aferição do feixe de luz. No trabalho de Harlow et al. (2016) os autores observaram 6 diferentes saídas de luz, comparando se cada tipo de saída de luz se equivale para todos os fabricantes e, concluíram que as marcas diferenciavam entre si.

A técnica de fotopolimerização de materiais resinosos é utilizada corriqueiramente pelos cirurgiões-dentistas para realizar restaurações diretas e

indiretas (Beolchi et al., 2015; Rueggeberg, 2011), sendo que, alguns fatores devem ser levados em conta para que se obtenha uma restauração satisfatória e duradoura, como a densidade da potência e a irradiância do fotopolimerizador, além da localização e tipo de restauração (Beolchi et al., 2015; Hadis et al., 2011; Torno et al., 2008). Hadis et al. (2011) compararam o efeito da utilização de elevada radiação em diferentes materiais restauradores e verificaram que a radiação elevada depende do material escolhido onde cada material deverá seguir as instruções dadas pelo fabricante. Na região apical, por exemplo, o alcance limitado da luz, resulta em polimerização insuficiente do material resinoso, comprometendo assim, a adesão à dentina (Lima et al., 2016a; Yoldas, Alaçam, 2005).

Beolchi et al. (2015) avaliaram a irradiância em diferentes fotopolimerizadores (Elipar, Radii, Valo e Optilux), sendo que o Valo foi testado nas 3 potências (potência extra, alta e padrão) e em diferentes variações entre a distância da emissão de luz com a amostra (0 mm, 4 mm, 8 mm). Os autores inicialmente calcularam o tempo de fotoativação necessária para que ocorresse a fotoativação completa da restauração no incremento de 2 mm, ou seja, 16 J/cm² de dose necessária de valor energético, dose essa, que foi estudada por outros autores como, Bortolotto et al. (2013) e Pfeifer et al. (2009). O resultado mostrou que houve uma perda da irradiância, quando se aumentou a distância do fotoativador para todos os fotopolimerizadores, porém, valores maiores foram encontrados na ativação do Valo de potência extra, seguida do Valo de potência alta e do Valo de potência normal. Outro fator que diminui a irradiância é a utilização de barreiras para o controle de infecção cruzada (Soares et al., 2020). Segundo um trabalho recente de Soares et al. (2020) a diminuição da radiação recebida em caso da utilização adequada das barreiras é cerca de 5 a 8%, porém se caso estas forem utilizadas da forma inadequada a sua perda pode ser superior, prejudicando a qualidade da adesão.

Outros autores, como Maghaireh et al. (2019), Par et al. (2019) estudaram a irradiância da fotoativação em diferentes profundidades das restaurações de resinas compostas e concluíram também que quanto maior a profundidade, menor a irradiância. Samaha et al. (2017) resolveram avaliar estudantes do curso de odontologia antes e após as instruções para o uso do simulador de restaurações com resina composta que apresentavam classe I com profundidade de 4 mm e classe III com 1 mm de profundidade, utilizando diferentes fotoativadores (Optilux 401, Bluephase G2 e Valo), com a finalidade de avaliar a irradiância da localização dos dentes e dos diferentes fotopolimerizadores que foram submetidos ao tempo de exposição de 20 segundos cada e concluíram que houve uma maior radiação para dentes anteriores do que posteriores e, que as irradiâncias do Bluephase e Valo foram maiores que a do Optilux, não havendo diferença entre as outras duas.

No trabalho de Aguiar et al. (2005), por sua vez, os autores avaliaram as distâncias de 2, 4 e 8 mm das pontas polimerizadoras com a variação das cores de resina composta, mostrando que a cor da resina composta pode alterar a qualidade da polimerização da mesma, sendo que na região superficial houve uma maior polimerização do que na região mais profunda da resina. Enquanto que Hasslen et al. (2019) estudaram o efeito da profundidade de diferentes tipos de resina (Tetric Evo Ceram bulk fill, TPH spectra e Z250), com diferentes potências e fotoativadas conforme as instruções do fabricante, e foi observado que a resina composta do tipo bulk fill possui um maior efeito da fotoativação em cavidades profundas em comparação com as outras resinas.

A utilização das unidades fotopolimerizadores aumentou substancialmente, por isso, profissionais vêm buscando a aquisição de equipamentos com valor acessível, sem levar em consideração a qualidade final da restauração (Guiraldo et al., 2008; Soares et al., 2017). Segundo um estudo

que avaliou a eficiência de 22 fotopolimerizadores, analisando a irradiância de cada equipamento, a posição do sensor no dente e a distância do fotopolimerizador com os dentes anteriores e posteriores, os autores concluíram que apenas as unidades fotopolimerizadores Valo, Bluephase e Radiplus possuem valores dentro da normalidade (Soares et al., 2017).

Clinicamente a fotopolimerização inadequada do material resinoso pode acarretar em problemas como a descoloração, baixa resistência de união, defeitos marginais, gengivais, menor quantidade de dureza, resistência à fratura e ao desgaste, maior sensibilidade pós-operatória e diminuição do módulo elástico (Michaud et al., 2014; Soares et al., 2017; Vandewalle et al., 2008).

Recentemente, Shimokawa et al. (2020) observaram que diversos fotoativadores possuem a ponteira com um diâmetro pequeno, concentrando toda a sua fotoativação apenas ao centro do fotoativador, sendo isto um obstáculo para a fotopolimerização de restaurações com necessidades de incrementos maiores, tais como as restaurações de incremento único. Além disso, os comprimentos de onda e a distribuição da irradiância dos equipamentos podem variar e não ter a mesma qualidade para a fotoativação. Por isso, os autores estudaram diferentes equipamentos com diferentes diâmetros da ponteira e tempos de exposição concluindo que o fotopolimerizador que apresenta um diâmetro maior de ponteira e maior tempo de exposição dispõe de uma melhor qualidade final da restauração.

As propriedades ópticas dos materiais resinosos e sua reação de fotopolimerização são interdependentes e os componentes dos materiais influenciam no modo como a luz é transmitida, influenciando na qualidade da polimerização (Leprince et al., 2013; Watts, Cash, 1994). As características ópticas são alteradas juntamente com a polimerização, pois o fotoiniciador sofre a degradação após a emissão da luz (Hadis et al., 2010; Leprince et al., 2013).

Hadis et al. (2010) realizou um estudo “in situ” para avaliar o índice de refração de diferentes espessuras de resina composta, com o intuito de melhorar o efeito da transmissão de luz, diminuindo assim, a probabilidade de resina não fotopolimerizada corretamente, levando a sua degradação.

Já, Leprince et al. (2013) realizou uma revisão de literatura para avaliar a evolução da tecnologia nas fotoativações, e analisou principalmente as propriedades mecânicas na efetividade das restaurações ao longo do tempo e as características observadas foram as propriedades ópticas, por ser um fator relevante na diminuição da qualidade da restauração. Segundo a revisão de literatura, os autores concluíram que quanto maior a absorção do material, menor a sua fotoativação; as restaurações de resina composta com único incremento, e que devido a maior quantidade de carga também pode afetar negativamente a qualidade da fotoativação.

2.2 Retentores intrarradiculares

A restauração ideal de um dente deve devolver a estética e a função, preservando a estrutura dentária, no entanto para que ocorra tal objetivo, as vezes é necessário a utilização dos pinos intrarradiculares que proporcionam que são complementos por vezes fundamentais na reabilitação da estrutura dentária (Miorando et al., 2011). Porém, um dos maiores desafios para que se obtenha a cimentação de retentores intrarradiculares de forma satisfatória está em gerenciar bem a técnica que vise garantir a qualidade de adesão entre pino, cimento e dentina (Garcia et al., 2002; Miorando et al., 2011), pois na região apical, por exemplo, o alcance limitado da luz, resulta em polimerização

insuficiente do material resinoso, comprometendo assim, a adesão à dentina (Lima et al., 2016a; Yoldas, Alaçam, 2005).

No entanto, a utilização de pinos de fibra de vidro vem obtendo resultados clínicos de forma satisfatória, com mínimo de desgaste de estrutura dental remanescente (Hashemikamangar et al., 2018). Segundo o trabalho de Miorando et al. (2011) que avaliaram a resistência adesiva de diferentes tipos de retentores intrarradiculares (pinos metálicos, pinos de fibra de vidro, pinos de fibra de carbono e pinos de fibra de carbono revestido com fibra de vidro) cimentados com cimento resinoso e cimento modificados por ionômero de vidro. Os presentes autores observaram que os retentores de fibras de vidro cimentados com cimento resinoso possuíam valores superiores aos cimentados com os metálicos ou fibras de carbono, no entanto os retentores metálicos possuíam maiores valores quando cimentados com cimentos ionoméricos, fato este que pode ser justificado pelo tratamento de superfície que deve ser realizado em cada retentor intrarradicular, melhorando assim, a resistência adesiva.

Um outro fator que também deve ser avaliado é o tipo de ativação do cimento e a quantidade presente no conduto radicular. Segundo o trabalho de Naumann et al. (2008), no qual foi realizada cimentação com cimentos aderidos e não aderidos quimicamente, verificou-se maior resistência adesiva nos pinos aderidos quimicamente. Já Tauböck et al. (2011) cimentaram retentores intrarradiculares com cimentos fotoativados em comparação com os duais e demonstraram que os cimentos duais possuíam uma melhor adesão na porção apical. Por outro lado, Ferrari et al. (2009) avaliaram a quantidade de cimento utilizado para o preenchimento dos condutos radiculares em restaurações adesivas de retentores intrarradiculares, analisando o estresse da cimentação onde pôde ser concluído que quanto maior a quantidade de cimento presente no

conduto, maior é a tensão da fotopolimerização e menor é a sua adesão cimento-dentina.

Um outro grande desafio da cimentação de retentores intrarradiculares na aplicação dos cimentos duais são os componentes ácidos-base que em contato com a dentina pode interferir na qualidade da adesão dentina-material restaurador, muito embora que alguns cimentos duais possui uma maior ligação (Aung et al., 2019). Os cimentos duais possuem monômeros que são ácidos e podem inibir o iniciador que são capazes de afetar a polimerização do material restaurador (Cadenaro et al., 2010; Suh et al., 2003).

Já Faria e Silva et al. (2007) estudaram o efeito da translucidez de dois tipos de retentores intrarradiculares (pino claro e pino estético) em 3 regiões distintas do pino (coronal, média e apical), cimentados com cimento dual, através do grau de conversão e observaram que não houve diferença estatística no grau de conversão entre os pinos, porém os valores encontrados no pino claro na região apical foram inferiores na porção coronal e média. No entanto, segundo diversos estudos, autores vem relatando que mesmo com a utilização de retentores translúcidos a passagem da luz pode ser limitada em até 40%, diminuindo assim, a polimerização do cimento resinoso e determinados retentores também podem reduzir mais ou menos a transmissão de luz e a polimerização (Goracci et al., 2008; Morgan et al., 2008; Stylianou et al., 2017; Teixeira et al., 2006).

Isto foi possível observar no estudo de Morgan et al. (2008) que avaliaram a passagem da luz através dos retentores translúcidos e concluíram que mesmo com a utilização dos pinos translúcidos ocorre a diminuição da fotoativação em sua profundidade. Segundo Goracci et al. (2008) deve-se eleger o retentor de forma adequada, pois a sua escolha influenciará nas propriedades ópticas e, portanto, na qualidade da fotoativação.

Desta forma, a fim de aumentar a resistência adesiva entre o pino, o núcleo e a dentina diversas pesquisas vêm sendo realizadas como o trabalho de Hashemikamangar et al. (2018) que utilizou o laser, a fim de, elevar a qualidade da adesão da restauração, sendo que a análise foi feita com o tratamento e sem o tratamento e com a utilização ou não da termociclagem e observaram que a adesão foi maior no grupo que foi realizado o tratamento com a aplicação do laser, independentemente da necessidade da utilização ou não do envelhecimento térmico.

A partir dos levantamentos realizados entendeu-se ser de fundamental importância estudar meios alternativos para incrementar a polimerização em cimentações de retentores intrarradiculares, obtendo assim, uma maior durabilidade da cimentação-pino-substrato.

2.3 Cimentos resinosos

Os cimentos resinosos é comumente utilizado em cimentação de coroas totais, facetas estéticas, coroas parciais e retentores intrarradiculares, entretanto, existem diversos cimentos com diferentes formas de fotoativações, marcas, indicações, dentre eles estão os cimentos convencionais e os autoadesivos, na qual estes últimos ocorre uma maior degradação ao longo do tempo quando comparados com os primeiros (Pan et al., 2018).

Os cimentos duais são indicados para as restaurações de difícil acesso, como em pinos de fibra de vidro (Ceballos et al., 2007; Yoshida, Meng, 2014), visto que os cimentos fotoativados são indicados para restaurações que necessitam de luz direta, tais como, facetas estéticas (Espíndola-Castro et al.,

2020) que permitem uma maior estabilidade de cor e melhores condições de trabalho, elevando assim, as suas propriedades mecânicas e a solubilidade, muito embora, segundo estudo de Espíndola-Castro et al. (2020) ocorre alteração da cor mesmo quando utilizados cimentos fotoativados, mesmo que utilizado outro fotoiniciador em sua composição, tais como, o fenilpropanediona que foi relatado no estudo de Righi et al. (2018) que encontraram que a sua resistência de união e a cor não foram superiores aos cimentos quando não utilizado o cimento sem fotoiniciador. Enquanto os cimentos químicos também são indicados para cimentação de retentores, pois possuem a capacidade de suportar deformações, embora o seu tempo de trabalho, a dureza e o módulo de elasticidade são menores (Ceballos et al., 2007).

3 PROPOSIÇÃO

3.1 Objetivo Geral

Avaliar um protótipo de retentor intrarradicular em fibra de vidro associado com um transmissor de luz, ambos com o intuito de otimizar a fotoativação nos procedimentos de cimentação de pinos intrarradiculares.

3.2 Objetivos Específicos:

- Avaliar quantitativamente o valor da irradiância do uso de dispositivo acessório em fibra óptica, em comparação com o fotopolimerizador empregado utilizando sua ponteira original.
- Avaliar a resistência de união de retentores intrarradiculares experimentais utilizando ou não o dispositivo transmissor de luz em fibra óptica para fotoativação de cimento resinoso fotoativado ou dual.
- Analisar qualitativamente, através do FT-IR, o cimento resinoso fotoativado ou dual utilizando ou não o dispositivo transmissor de luz em fibra óptica para fotoativação.
- A hipótese testada para o presente estudo foi: a resistência de união de quando utilizado o dispositivo confeccionado em fibra óptica foi semelhante aos demais grupos.

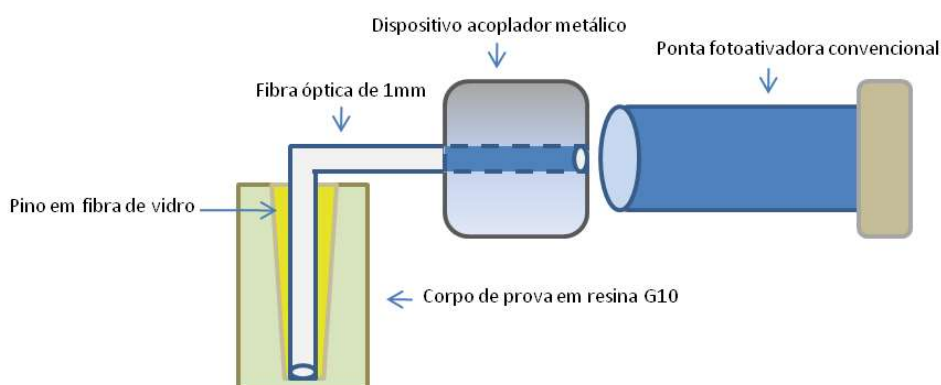
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Dispositivo acessório para emissão de luz

Um dispositivo para transmissão de luz foi confeccionado em fibra óptica e, teve a finalidade de atuar em conjunto com o retentor experimental em fibra de vidro (figura 1).

O dispositivo acessório emissor de fibra óptica desenvolvido em parceria com a empresa Photonita Metrologia Óptica (Santa Catarina, Brasil) teve solicitação de patente realizada pela Agência de Inovação da Unesp junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial INPI com o número do pedido de BR10202002033, tendo o seu depósito realizado no dia 20/10/2020 com o título “Dispositivo odontológico para acoplamento de instrumento de fibra óptica de fotopolimerizador”, sendo esta patente de propriedade da Unesp.

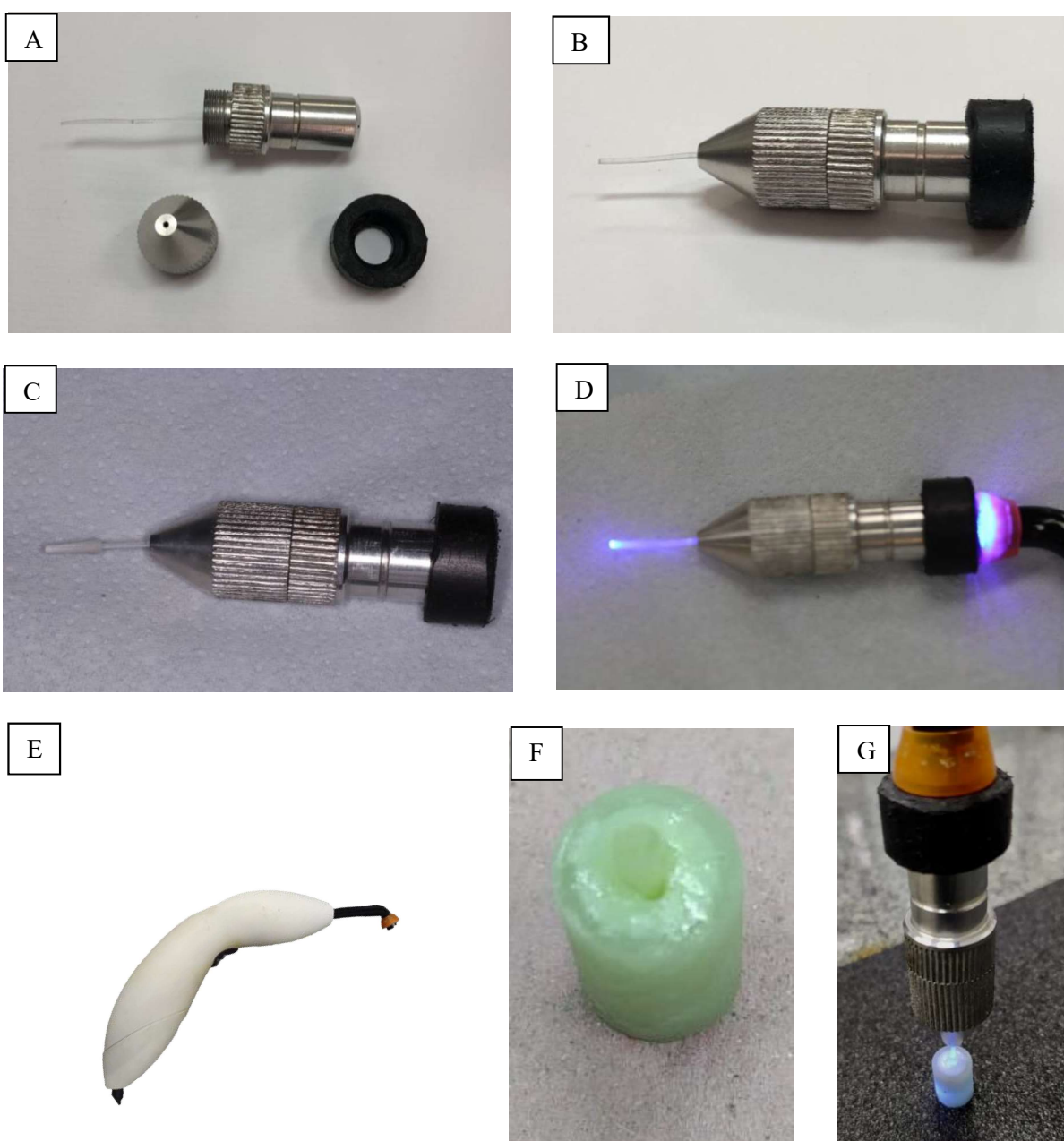
Figura 1- Esquema sobre a emissão de luz pela fibra óptica acoplada no pino de fibra de vidro.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na figura 2 pode-se observar o dispositivo confeccionado para acoplar a fibra óptica que foi utilizada no presente estudo.

Figura 2- Dispositivo em que se insere a fibra óptica para ser acoplado ao aparelho fotoativador.



Legenda; A) Dispositivo acessório com fibra óptica em suas partes; B) Dispositivo montado C) Dispositivo montado, na qual a fibra óptica está inserida dentro do pino de fibra de vidro; D) Fotoativação com o dispositivo- o fotoativador é fixado diretamente no dispositivo e assim, ocorre a fotopolimerização; E) Fotopolimerizador Bluephase; F) Conjunto G10 e pino cimentado; G) Fotoativação do sistema pino e cimento, com o dispositivo.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para avaliar a qualidade da fotoativação foi calculada a irradiância do fotopolimerizador utilizado neste estudo: Bluephase (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e do dispositivo em fibra óptica como um acessório acoplado ao fotopolimerizador. Para a determinação da irradiância foi empregado o potenciômetro NOVA (Optronics solutions, Jerusalém, Israel) e os valores de potência encontrado foram discriminados nos resultados e a sua irradiância foi obtida em mW/cm^2 , utilizando o cálculo abaixo:

$I = P/A$, onde I = irradiância (mW), P = potência (W), A =área (cm^2)

4.2 Retentores de fibra de vidro experimentais

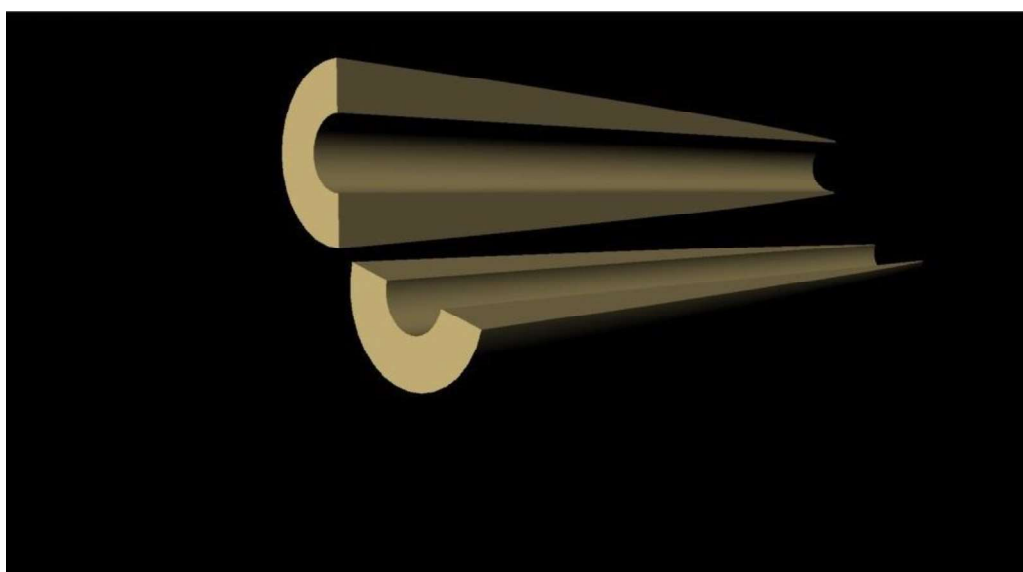
Foi desenvolvido o desenho relativo as dimensões do pino com medidas médias de pinos pré-fabricados cônicos já existentes no mercado, sendo que a principal diferença estaria no fato deste ser vazado (oco) ao longo do seu interior, tendo um diâmetro interno compatível com a secção da fibra óptica que emite a luz, de modo que esta pudesse ser inserida ao longo do comprimento do pino.

As imagens dos retentores foram seguidas de duas etapas: através da análise de elementos finitos, e confecção dos protótipos em fibra de vidro. Logo a seguir estão descritas etapas até a confecção do retentor em fibra de vidro.

4.2.1 Análise de elementos finitos (FEA)

O retentor intrarradicular foi confeccionado com dimensões pré-determinadas, sendo digitalizados por um Scanner Ceramill Map 300 (Amann Girrbach, Áustria) para gerar um arquivo em STL (estereolitografia) que foi exportado por uma tecnologia CAD (desenho guiado pelo computador) no software Rhinoceros 5.0 (McNeel North America – Seattle – EUA) (figura 3).

Figura 3- Obtenção do desenho do retentor através do sistema STL.

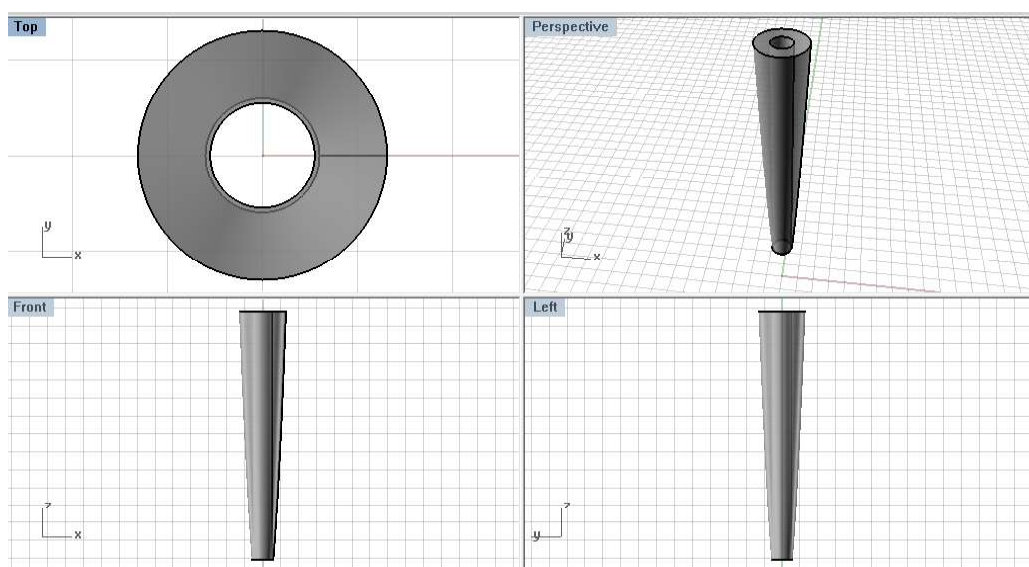


Fonte: João Paulo Tribst.

Na análise do estudo in sílico simulou situações clínicas, avaliando regiões de concentração de tensões através de um sistema computacional. Na simulação em FEA houve a verificação da tensão entre o pino convencional com o núcleo e o protótipo que seria posteriormente confeccionado. Nesta fase, o pino foi elaborado através de linhas no sistema STL e, suas superfícies foram

unidas em sólidos para gerar o aspecto volumétrico do pino e, exportadas para os *softwares* de análise. O protótipo possuía um canal interno de diâmetro regular em 1,1 mm e 10 mm de comprimento e a espessura da parede do pino era de 0,7 mm na região cervical e de 0,2 mm na região apical (figura 4).

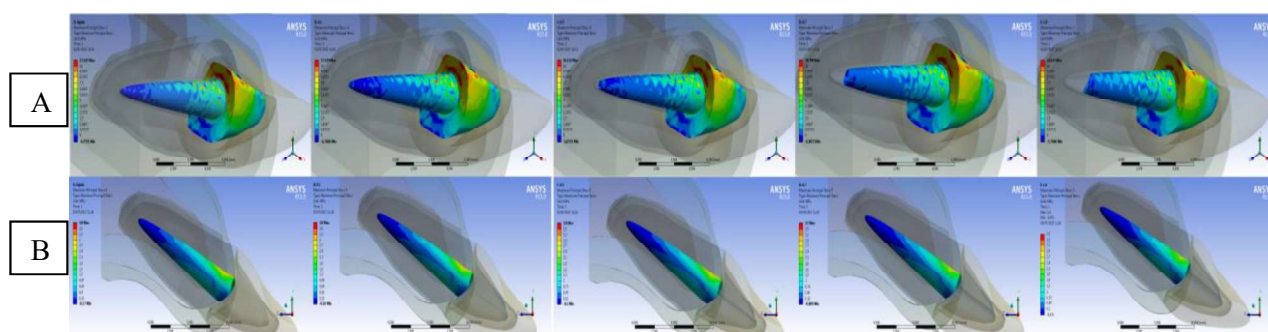
Figura 4- Desenho em CAD do Retentor intrarradicular que foi materializado posteriormente pela empresa Angelus.



Legenda: Ilustração sobre dimensões de retentor pré-fabricado desenvolvidos em Rhinoceros, na secção transversal e quanto a anatomia longitudinal.
Fonte: João Paulo Tribst.

Quando comparada em FEA a imagem de tensão do pino de fibra de vidro vazado com o sólido observou-se que a maior concentração de tensões ocorreu na região do munhão dos pinos convencionais (figuras 5-A e 5-B) e, sobretudo verificou-se que a concentração de tensões foi similar entre os retentores ao longo da porção radicular independente da variação de diâmetro deste conduto retentor, não havendo diferença nas propriedades mecânicas do pino experimental.

Figura 5- Distribuição de tensão por análise em elementos finitos.



Legenda: A) e B) Análise em FEA representativas da concentração de tensões no retentor intrarradicular convencional em comparação ao pino experiomental (pino e munhão) simulando diâmetros diferentes de espaço dentro do retentor.

Fonte: João Paulo Tribst.

4.2.2 Confeccção dos protótipos em fibra de vidro

A construção do protótipo sólido em fibra de vidro parcialmente translúcida, em parceria com a empresa Angelus (Londrina, Paraná, Brasil) teve comprimento de 10 mm (figura 6). O comprimento foi estabelecido com dimensões menores que os pinos intrarradiculares comercializados em razão de limitações técnicas para aquele momento, no tocante do tamanho e translucidez ideal encontradas pela empresa. O descritivo deste produto teve solicitação de patente realizada pela Agência de Inovação da Unesp junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial INPI com o número do pedido: BR10202002559, tendo o seu depósito realizado no dia 23/12/2020 com o título “Disposição introduzida em dispositivo acessório para aparelho fotopolimerizador de emissão de luz”.

As propriedades mecânicas dos protótipos foram baseadas nas características dos retentores pré-fabricados em fibra de vidro consolidados no mercado.

Figura 6- Retentores pré-fabricados de pinos de fibra de vidro confeccionados pela empresa Angelus.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3 Simulação do conduto radicular

Para a simulação do conduto radicular foi utilizada a resina G10, um material polimérico amplamente utilizado pela sua similaridade com a dentina referente ao módulo elástico, como foi estudado no trabalho de Kelly et al. (2010). Por isso, diversos trabalhos fazem o uso da resina G10 em estudos adesivos, em virtude de ser análogo a dentina face à dificuldade por vezes da utilização de dentes humanos em decorrência da falta da sua disponibilidade (Alves et al., 2020; May et al., 2015).

A peça em resina G10 de secção circular foi cortada nas dimensões de 10 mm de diâmetro por 14 mm de altura, totalizando oitenta (N=80) amostras. Um motor de alta rotação foi fixado ao estabilizador e posicionado no sentido vertical, para perfuração do material no centro, com a broca diamantada tronco-cônica do tipo ogival número 4138 (Kg Sorensen, Cotia, São Paulo). As

seguintes dimensões da perfuração foram obtidas: diâmetro de 3 mm na porção cervical, 1,6 mm na porção apical e 10 mm de comprimento, para a posterior cimentação dos retentores intrarradiculares (figura 7). Os retentores foram cimentados até atingir o comprimento máximo da perfuração de 10 mm, pois segundo o trabalho de Ceballos et al. (2007), os autores relataram que não devem constar espaços durante a cimentação, a fim de obter uma maior resistência mecânica. Após as perfurações as amostras foram lavadas em cuba ultrassônica por 15 minutos em água destilada para remoção de detritos no interior da perfuração.

Figura 7- Perfuração da resina G10 com a broca tronco-cônica do tipo ogival.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4 Cimentação dos retentores

A cimentação dos retentores e a resina G10 seguiram o protocolo estabelecido pelo fabricante dos cimentos resinosos. Os retentores intrarradiculares tiveram sua superfície externa limpa com álcool e em seguida com o auxílio do microbrush realizou-se a aplicação do silano Monobond N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e aguardou-se por 1 minuto para volatilização do produto.

A superfície da resina G10 foi tratada com aplicação do ácido fosfórico a 37% (Villevie, Blumenau, Santa Catarina, Brasil), por 30 segundos após lavagem com água, o conduto foi seco com jato de ar e aplicado com microbrush o adesivo dentinário Adper Single Bond 2 (3M, Minnesota, EUA), seguido do jato de ar e fotoativação direta com fotopolimerizador Bluephase (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), por 20 segundos.

Foram utilizados para cimentação os cimentos resinosos: fotoativado Variolink N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e o cimento autopolimerizável Multilink N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). O cimento Multilink N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) por haver a opção de fotoativação adicional foi considerado como cimento dual. Portanto, os grupos foram estabelecidos conforme 4 diferentes condições: Grupo Fotoativado de modo convencional (GF), Grupo Fotoativado com o dispositivo de fibra óptica (GFF), Grupo Dual (GD) e Grupo Dual com o dispositivo de fibra óptica (GDF).

No grupo GF, o cimento foi manipulado sobre uma placa de vidro e aplicado em toda a extensão do pino e também no interior do conduto da resina G10 com auxílio de uma espátula e de um lentulo e, a seguir, o pino foi assentado, e após isso, o fotoativador foi inserido diretamente sobre a oclusal da

amostra procedendo-se a fotoativação em 4 séries de 30 segundos cada, totalizando o tempo de 120 segundos.

No grupo GD os procedimentos foram semelhantes aos citados anteriormente, porém reduziu-se o tempo de exposição conforme instruções do fabricante quando do uso de cimento dual. O cimento foi manipulado sobre uma placa de vidro, com uma espátula e foi aplicado no pino e na resina G10, com o extravasamento do cimento, removendo o seu excesso. Em seguida, a ponteira do fotoativador foi posicionada diretamente sobre a face oclusal da amostra e fotopolimerizada em 4 séries de 20 segundos, totalizando o tempo de 80 segundos (figura 8).

Figura 8- Fotoativação do espécime do grupo GF diretamente sobre o retentor intrarradicular.



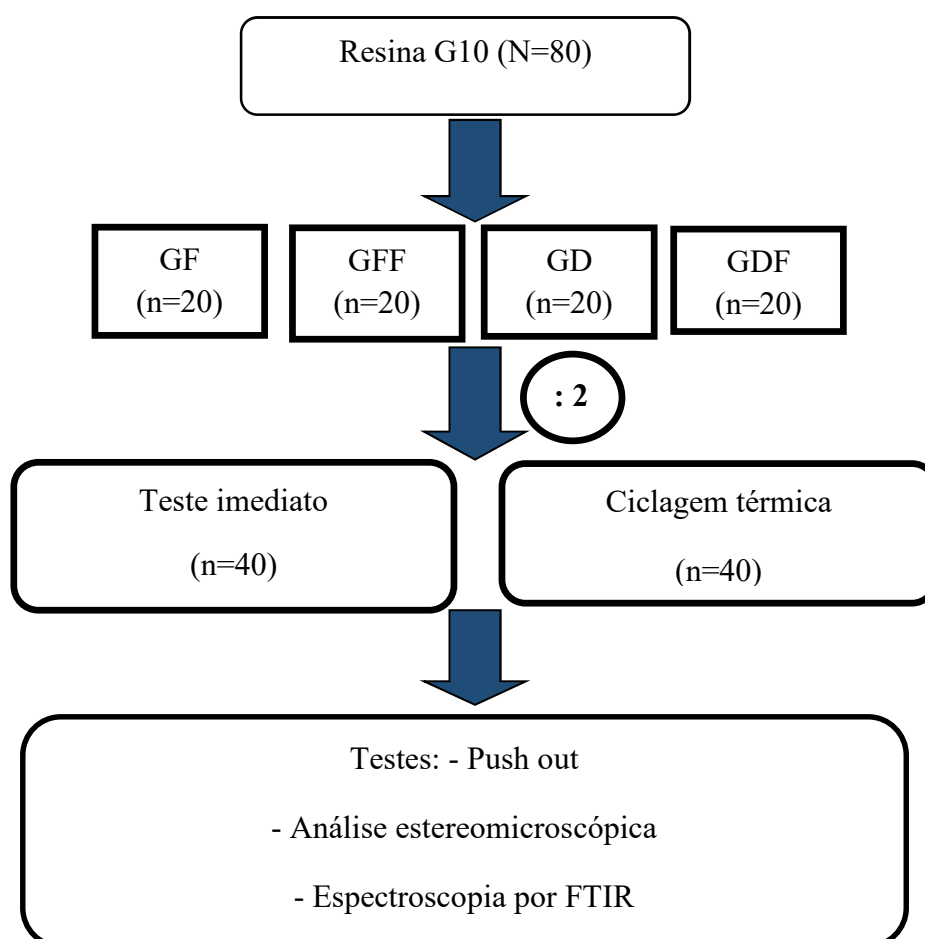
Fonte: Elaborada pelo autor.

Para o grupo GFF o cimento foi aplicado sobre o retentor e introduzido no interior do conduto de G10. A inserção do pino de fibra com a fibra óptica do dispositivo no interior do conduto, seguida da remoção do excesso de cimento. A seguir o aparelho fotoativador foi acionado e emitida a luz durante 30

segundos, na sequência, o aparelho foi recuado em cerca de 2 mm e fotoativação por 30 segundos e assim se procedeu sucessivamente até a porção cervical do conduto, com o tempo total de 120 segundos.

Já para o GDF o cimento foi manipulado e aplicado sobre o conjunto pino/fibra na amostra, removido o excesso fotopolimerizado por 20 segundos, na sequência essa ponta foi recuada por 2 mm e fotoativada por mais 20 segundos e recuado por 2 mm e fotoativado por mais 20 segundos (figura 1), no tempo máximo de 80 segundos e desta maneira a variável neste grupo foi a quantidade de tempo utilizado para este procedimento e o tipo de cimento resinoso empregado. Após a cimentação, as amostras foram armazenadas na estufa à 37°C (FANEM, Guarulhos, São Paulo, Brasil) por 24 horas e submetidas ao teste de *push out* (figura 9).

Figura 9- Organograma dos diferentes protocolos de cimentação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.5 Envelhecimento térmico

Quarenta amostras foram submetidas ao teste de envelhecimento térmico nas temperaturas 5°C e 55°C por 60 segundos cada ciclo e 10.000 ciclos em cicladora térmica (Biopdi, São Carlos, São Paulo, Brasil) para avaliar a degradação da cimentação do retentor ao longo do tempo (figura 10). Após o envelhecimento as amostras foram seccionadas em 2 mm para posteriormente serem submetidas aos testes de resistência de união por *push out* e as médias dos resultados obtidos foram comparados com os testes imediato.

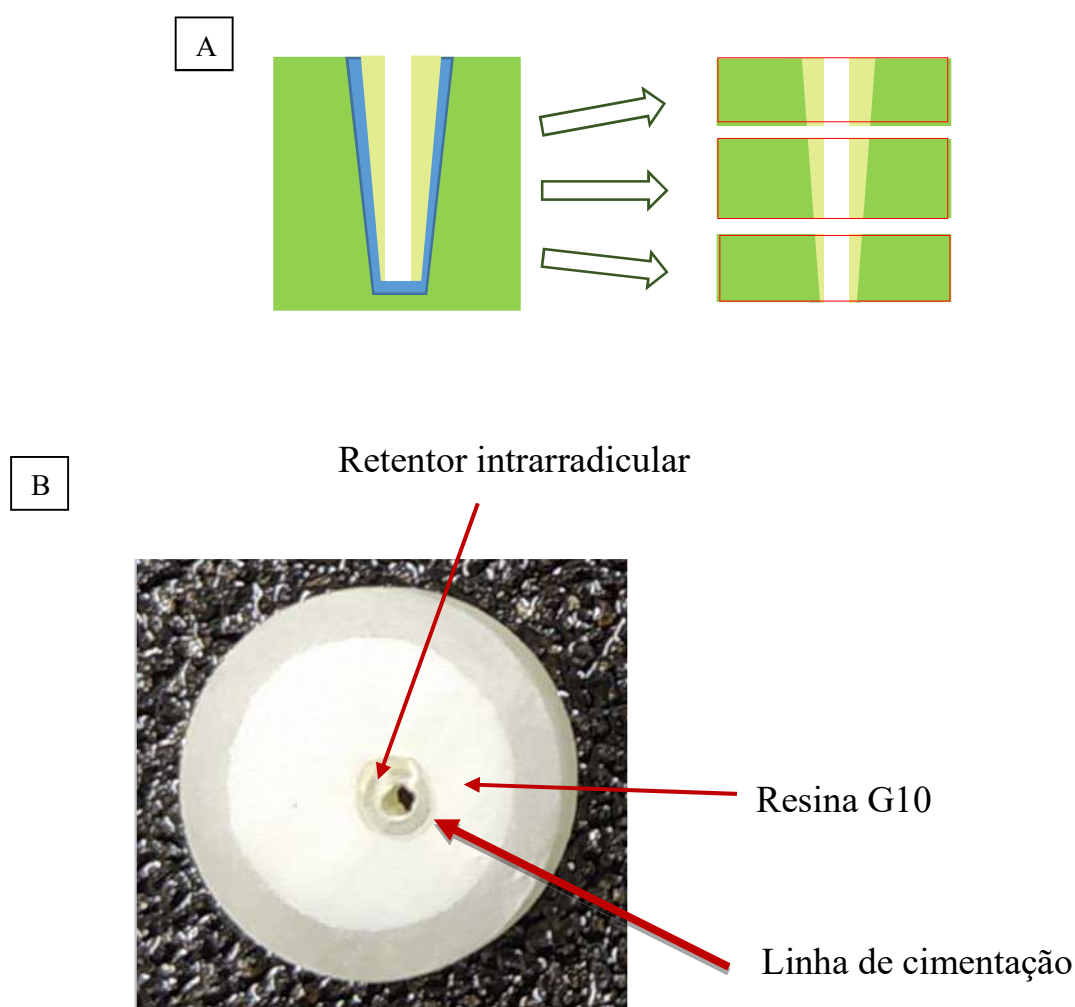
Figura 10- Cicladora térmica utilizada no envelhecimento das amostras.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para procederem-se os testes subsequentes, os conjuntos G10 e retentores foram seccionados no sentido transversal em segmentos de cerca de 2 mm (figura 11), utilizando a cortadeira metalográfica Isomet 1000 (Buehler, Ilheus, EUA), com o intuito de deixar com as amostras com tamanhos iguais para teste de cisalhamento de *push out*.

Figura 11- Ilustração sobre a obtenção dos discos de acordo com os terços estudados.



Legenda: A) Ilustração sobre os cortes do conjunto G10 + pino e B) corte da resina G10 com a ISOMET.

Fonte: Elaborada pelo autor.

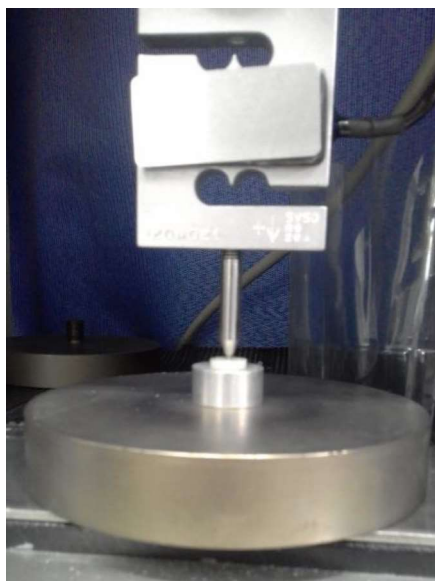
4.6 Teste de resistência de união por *push out*

O teste de cisalhamento *push out* serve para avaliar a resistência de união entre o cimento, retentor e a resina G10 (figura 12). O *push out* foi realizado na máquina de ensaio universal (EMIC DL 1000, EMIC, Brasil), registrando a resistência à carga máxima de fratura, com célula de carga de 100 kgf e velocidade de 1,0 mm/min e o resultado do *push out* obtido em Newton foi convertido em Mpa utilizando os cálculos abaixo:

Resistência (MPa) = F/A , onde F= força (N), A= área (mm²)

A = $(B+b) \cdot h/2$, onde B= base maior (mm), b= base menor (mm), h=altura (mm)

Figura 12- Realização do teste de tração *push out* na máquina de ensaio EMIC.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.7 Análise da fratura

Os modos de fratura foram avaliados através do estereomicroscópio (Carl Zess, Discovery V20, Jena, Alemanha) (figura 13) e foram classificados, segundo o trabalho de Silva et al. (2021) que especificou como adesivo entre G10-cimento (AG10-C); adesivo entre pino-cimento (AP-C); mista (M) quando parte do cimento está aderido na perfuração; coesivo no cimento (CC); e coesivo no G10 (CG10).

Figura 13- Estereomicroscópio utilizado na pesquisa.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.8 Análise do grau de conversão

Para esta análise foram confeccionados moldes de silicone de condensação em formato circular de 1 mm, onde foram preparadas 3 amostras de cimentos Variolink N e Multilink que foram fotoativados diretamente ou com a fibra óptica, de acordo com a metodologia descrita anteriormente. O objetivo desta análise foi verificar o grau de conversão e se a fotoativação ocorreu de forma homogênea. A espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR) é uma operação matemática desempenhada por um espectrofotômetro Spectrum One da Perkin Elmer, manuseando-se por técnica de refletância total atenuada (ATR), na região de $2000\text{-}500\text{ cm}^{-1}$, com resolução de 4 cm^{-1} e 16 varreduras. As medidas foram realizadas no Laboratório de Caracterização de Materiais (LabMat) do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

4.9 Análise estatística

Foram consideradas as variáveis independentes deste estudo que são os tipos de cimento (dual ou fotoativados), modo de fotoativação (direta ou com a fibra), a profundidade (coronal, média e apical) e período de análise (imediato ou envelhecido); enquanto que os testes *push out*, análise estereomicroscópica e espectroscopia por FT-IR foram as variáveis dependentes (resposta). Foi utilizado o valor de $n=10$ e o programa estatístico utilizado foi o Minitab 17. Inicialmente o conjunto de dados da variável resposta foram também avaliados quanto a sua distribuição através do teste Kolmogorov-Smirnov.

Uma vez que houve a normalidade das amostras, foi utilizado o teste de Anova 3 fatores para medidas repetidas (profundidade, fotoativação e cimento), seguida do teste Tukey, sendo que o nível de significância foi de 5%, ou seja, grupos foram considerados estatisticamente diferentes quando $p < 0,05$. Com relação a análise referente as amostras que foram submetidas à ciclagem térmica, os testes foram analisados separadamente, através da Anova de 2 fatores para medidas repetidas (envelhecimento e cimento), seguida de teste Tukey.

5 RESULTADO

5.1 Análise da irradiância

Após a realização do cálculo para a obtenção da irradiância do dispositivo de fibra óptica acoplado em comparação com a irradiância obtida diretamente do fotopolimerizador Bluephase, ocorreu a perda de energia quando da utilização da fibra óptica em 50% (Tabela 1).

Tabela 1- Dados descritivos referentes aos valores obtidos da irradiância quando utilizado a fibra ou sem a sua utilização.

Irradiância (medidas)	Com o dispositivo (mW/cm²)	Direto (mW/cm²)
1	300,26	647
2	299	637
3	338	655
4	319	671
5	323,60	674
Média	315,97	658,8

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.2 Análise de *Push Out*

A tabela 2 apresenta a estatística descritiva dos terços, da utilização ou não da fibra e do tipo de cimento.

Tabela 2- Média $\pm$ desvio padrão dos dados da análise dos cimentos utilizados (Dual ou fotoativado), dos terços (coronal, medial ou apical) e o modo de ativação (com a fibra ou direta).

	Dual		Fotoativado	
	Com a fibra	Direta	Com a fibra	Direta
Coronal	64,51 $\pm$ 7,63	53,55 $\pm$ 4,66	75,71 $\pm$ 11,11	73,13 $\pm$ 5,99
Medial	58,71 $\pm$ 6,75	56,29 $\pm$ 9,35	71,35 $\pm$ 6,90	64,33 $\pm$ 8,53
Apical	56,54 $\pm$ 4,60	61,60 $\pm$ 11,90	64,17 $\pm$ 11,76	61,67 $\pm$ 7,54

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na análise do teste de *push out* foi aplicada a Anova 3 fatores, e observou-se nos resultados que houve diferença estatística quando comparados a aplicação do fotoativador diretamente no retentor ou com a fibra óptica inserido dentro do conduto, o tipo de cimento, a profundidade e houve a interação entre cimento e a profundidade ($p < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3- Anova 3 fatores referente aos dados do teste de *push out*.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor P
Fotoativação	1	337,4	337,41	4,75	0,031
Cimento	1	2885,5	2885,51	40,63	0,000
Profundidade	2	688,1	344,05	4,84	0,010
Fotoativação*cimento	1	11,3	11,32	0,16	0,690
Fotoativação*profundidade	2	340,1	170,06	2,39	0,096
Cimento*profundidade	2	652,5	326,27	4,59	0,012
Fotoativação*Cimento*profundidade	2	364,1	182,04	2,56	0,082
Error	108	7669,8	71,02		
Total	119	12948,9			

*Os resultados foram considerados estatisticamente diferentes, quando $p < 0,05$.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na análise de Tukey as amostras que foram fotoativadas com o dispositivo em fibra óptica apresentaram maiores valores do que quando diretamente sobre a face oclusal da amostra (Tabela 4).

Tabela 4- Teste de Tukey para os dados de *push out*, obtidos em Mpa, da utilização ou não do dispositivo em fibra óptica.

Fibra	Média	N	
Sim	65,1318	60	A
Não	61,7782	60	B

*Letras diferentes são consideradas estatisticamente diferentes.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com relação ao tipo de cimento aplicado, o cimento fotoativado obteve as maiores médias em comparação com o cimento dual (Tabela 5).

Tabela 5- Teste de Tukey para os dados de *push out* da avaliação do tipo de cimento em MPa.

Cimento	Média	N	
Fotoativado	68,3587	60	A
Dual	58,5513	60	B

*Letras diferentes são consideradas estatisticamente diferentes.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Na interação entre cimento e profundidade houve diferença entre os cimentos fotoativado e dual, sendo que os grupos fotoativados apresentaram os maiores valores e o grupo GFF na profundidade coronal foi considerado estatisticamente diferente do grupo GFF na apical (tabela 6).

Tabela 6- Teste de Tukey para os dados de *push out* entre a interação entre o cimento e os terços em MPa.

Cimento	Profundidade	N	Média
Fotoativado	Coronal	20	74,3165 ^a
Fotoativado	Medial	20	67,8430 ^{ab}
Fotoativado	Apical	20	62,9165 ^{bc}
Dual	Coronal	20	59,0830 ^c

Dual	Medial	20	57,5015 ^c
Dual	Apical	20	56,0695 ^c

*Letras diferentes são consideradas estatisticamente diferentes, letras iguais são estatisticamente semelhantes.

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.3 Análise de fratura

Os modos de fratura podem ser observados nas tabelas 7 e 8 que são referentes aos testes imediatos e envelhecidos, respectivamente. O modo de fratura adesiva entre G10 e o cimento ocorreram nos grupos que foram submetidas à utilização das fibras ópticas, independentemente do cimento de escolha utilizado e do envelhecimento ou não das amostras. No entanto, o grupo GF apenas na porção coronal ocorreu a predominância desta fratura, já na porção apical ocasionou a fratura coesiva na resina G10 e o grupo GD a prevalência foi maior de fratura mista que é quando há um pouco do cimento resinoso na G10.

Tabela 7- Modos de fratura referente os testes imediatos.

Tipos de fratura						
Grupos	Profundidade	AG10-C	AP-C	M	CC	CG10
	Coronal	80%	0,0%	20%	0,0%	0,0%
GF	Medial	10%	0,0%	70%	0,0%	10%

	Apical	0,0%	0,0%	20%	0,0%	80%
GFF	Coronal	80%	0,0%	20%	0,0%	0,0%
	Medial	70%	0,0%	30%	0,0%	0,0%
	Apical	60%	0,0%	20%	0,0%	20%
GD	Coronal	90%	0,0%	10%	0,0%	0,0%
	Medial	20%	0,0%	70%	0,0%	10%
	Apical	20%	0,0%	70%	0,0%	10%
GDF	Coronal	80%	0,0%	20%	0,0%	0,0%
	Medial	60%	0,0%	40%	0,0%	0,0%
	Apical	50%	0,0%	40%	0,0%	10%

Legenda: AG10-C: adesivo entre G10 e cimento; AP-C: adesivo entre pino e cimento; M: misto; CC: coesivo no cimento; CG10: coesivo no G10.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 8- Modos de fratura após o envelhecimento.

Tipos de fratura						
Grupos	Porção	AG10-C	AP-C	M	CC	CG10
GF	Coronal	100%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Medial	100%	0,0%	0,0%	0,0%	10%
	Apical	10%	0,0%	20%	0,0%	70%
	Coronal	100%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

GFF	Medial	100%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Apical	70%	0,0%	30%	0,0%	0,0%
	Coronal	100%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
GD	Medial	90%	0,0%	10%	0,0%	0,0%
	Apical	30%	0,0%	60%	0,0%	10%
GDF	Coronal	90%	0,0%	10%	0,0%	0,0%
	Medial	90%	0,0%	10%	0,0%	0,0%
	Apical	70%	0,0%	30%	0,0%	10%

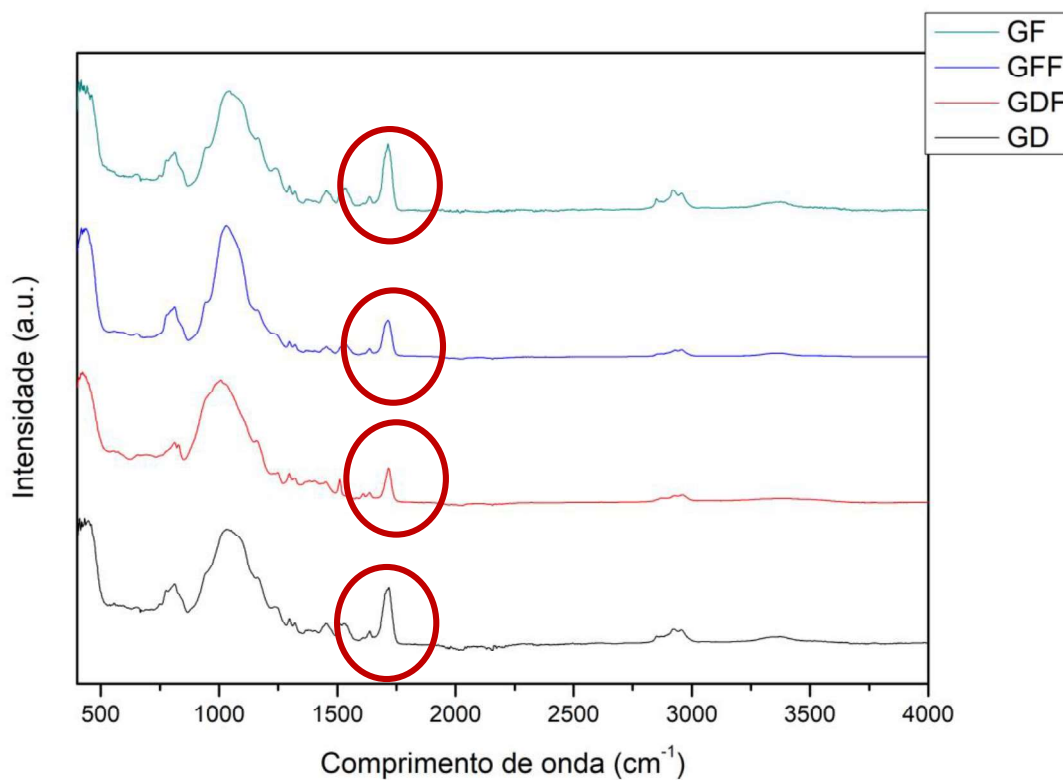
Legenda: AG10-C: adesivo entre G10 e cimento; AP-C: adesivo entre pino e cimento; M: misto; CC: coesivo no cimento; CG10: coesivo no G10.

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.4 Análise do grau de conversão

Os dados da espectroscopia por Infravermelho por FT-IR foram especificadas na Figura 14 e pode-se observar que a maior intensidade de radiação foi para o cimento fotoativado Variolink N. Os grupos com cimento dual com o dispositivo de fibra e sem a sua presença apresentaram um menor grau de conversão e dentre os grupos fotoativados quando a fotoativação atingiu de forma direta verificou um maior grau de conversão como pôde ser observado na região sinalizada.

Figura 14- Espectroscopia por Infravermelho por Transformada de Fourier (FT-IR)



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.5 Envelhecimento térmico

A tabela 9 apresenta a estatística descritiva do envelhecimento e do tipo de cimento empregado.

Tabela 9- Média $\pm$ desvio padrão dos dados dos tipos de cimentos utilizados (Dual ou fotoativado) e do envelhecimento ou não em cicladora térmica.

Cimento	Envelhecimento	Média $\pm$ desvio padrão
Dual	Sim	47,32 $\pm$ 3,67
Fotoativado	Sim	55,93 $\pm$ 6,129
Dual	Não	58,55 $\pm$ 3,950
Fotoativado	Não	68,36 $\pm$ 5,681

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados referentes às amostras que foram submetidas ao envelhecimento em comparação com os testes imediatos, bem como a influência do tipo de cimento utilizado pode ser verificado na tabela 10. Os resultados apresentaram que houve diferença estatística entre a realização da ciclagem e da cimentação avaliada ($p < 0,05$), porém não houve interação entre elas.

Tabela 10- Anova 2 fatores referente aos dados do teste de *push out*.

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor P
Ciclagem	1	839,73	839,729	33,94	0,000
Cimentação	1	508,71	508,714	20,56	0,000
Ciclagem*cimentação	1	2,18	2,175	0,09	0,770
Error	20	494,85	24,742		

Total	23	1845,47
--------------	-----------	----------------

*Os resultados foram considerados estatisticamente diferentes, quando $p < 0,05$.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na análise de Tukey, as amostras que não foram submetidas ao envelhecimento térmico apresentaram maiores valores (tabela 11).

Tabela 11- Teste de Tukey para os dados de *push out* das amostras submetidas ou não ao envelhecimento térmico em Mpa.

Ciclagem	Média	N	
Sem	63,4550	12	A
Com	51,6247	12	B

*Letras diferentes são consideradas estatisticamente diferentes.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na análise do tipo de cimento houve diferença estatística quando foram utilizados cimento fotoativados e o grupo dual, sendo que os grupos que fizeram uso do cimento foto apresentaram maiores valores de resistência de união (tabela 12).

Tabela 12- Teste de Tukey para os dados de *push out* comparando o tipo de cimento em Mpa.

Cimento	Média	N	
Foto	62,1438	12	A
Dual	52,9359	12	B

*Letras diferentes são consideradas estatisticamente diferentes.

Fonte: Elaborada pelo autor.

6 DISCUSSÃO

Este estudo teve o objetivo de avaliar a efetividade de um dispositivo confeccionado em fibra óptica, bem como a confecção de um novo retentor intrarradicular que permitisse o alcance da fotoativação até sua porção apical. Diversos são os trabalhos que buscam estratégias para se aumentar a adesão entre pino-cimento-dentina, como a pesquisa de Spicciarelli et al. (2020) que avaliaram duas técnicas que envolveram sistemas adesivos durante a cimentação do retentor intrarradicular.

Para a confecção dos pinos de fibra de vidro realizou-se primeiramente a construção virtual do protótipo e através da análise de elementos finitos (FEA) pode-se verificar similaridade de áreas de tensão quando aplicada carga no pino experimental, quando comparada com a mesma situação realizada em um pino sólido. Desta forma, a proposta do desenho em 3D de um retentor intrarradicular com dimensões similares a retentores pré-fabricados em fibra de vidro já disponíveis comercialmente pela empresa Angelus, serviram como base para a criação do protótipo. No presente estudo in sílico preliminar (figuras 3-5), como já relatado anteriormente verificou-se que o fato do pino se apresentar vazado não alterava seu modo elástico em comparação ao pino sólido; já quanto a um possível preenchimento de sua área interna após a cimentação, isto não foi objeto de estudo desta pesquisa, mas, a princípio a vedação da região interna se dará com cimento resinoso ou resina bulk fill. Em decorrência da limitação encontrada pela empresa para a confecção do retentor o seu comprimento ficou limitado a 10 mm.

O uso de retentores intrarradiculares é comumente utilizado em restaurações indiretas para auxiliar na retenção das coroas protéticas, tais como demonstrado na pesquisa de Zarow et al. (2020) que utilizou a análise

colorimétrica para comparar se os pinos de fibra de vidro empregues aumenta ou diminui a região de tensão em restaurações do tipo MOD e os autores concluíram que a utilização de um pino de fibra de vidro teria o equilíbrio das forças durante a carga mastigatória, viabilizando os testes *in vitro* já conhecidos, podendo ainda ser utilizada a análise de elementos finitos. Corroborando com os achados no presente trabalho a comparação entre o retentor experimental e o pino convencional sólido, permitiu avaliar que a resistência a tensões não foi influenciada pela mudança de desenho do protótipo.

Na confecção dos retentores intrarradiculares pela empresa Angelus foi proposto que o pino fosse parcialmente translúcido, a fim, de facilitar a transmissão de luz, pois segundo estudo de Morgan et al. (2018) com uma maior quantidade de translucidez aumentaria a passagem de luz quando estes avaliaram os pinos experimentais em comparação com os conhecidos no mercado. No entanto, segundo o trabalho de Bazzo et al. (2016) a utilização de pinos translúcidos cimentados com cimentos autoadesivos não promove diferenças entre resultados de união de substratos. Já Bahari et al. (2014) encontraram para os pinos translúcidos maior transmissão de luz, porém os autores avaliaram 3 intensidades de luz (600, 800 e 1100 mW/cm²) nas porções coronal, média e apical, e concluíram que houve uma maior intensidade da luz quando utilizado 800 mW/cm² em comparação com o 600 mW/cm² na porção apical, porém não houve diferença entre as intensidades de 800 mW/cm² e 1100 mW/cm². Neste estudo a intenção era de haver transmissão de luz semelhante ao longo de toda a extensão do pino com o uso do dispositivo pela fibra óptica, diferentemente dos outros trabalhos pesquisados que não simularam tal situação. O retentor em fibra de vidro experimental em razão das características inerentes à fibra de vidro, não ficou totalmente translúcido. Não há na literatura relatos de utilização de composição técnica semelhante à aqui desenvolvida, por conseguinte houve aprovação do depósito de patente pelo INPI para ambos os

produtos de invenção tecnológica.

O dispositivo em fibra óptica foi criado com a intenção de facilitar a fotoativação em locais de difícil acesso para a ponteira do fotoativador. Segundo o trabalho de Shimokawa et al. (2020) quanto maior é o diâmetro da ponteira, melhor será o alcance da luz, por isso foi necessário avaliar a irradiância da fibra em comparação com o fotoativador diretamente. Um outro fator que também pode prejudicar na adesão dos materiais restauradores é o método de limpeza das ponteiros de LED ou barreiras protetoras que quando utilizado ou realizado de forma inadequada a sua irradiância também diminui prejudicando a qualidade da fotoativação (Ajaj et al., 2018; Soares et al., 2020) e o dispositivo em fibra óptica permitiria o descarte da ponteira após o seu uso, descartando a necessidade da limpeza ou da proteção.

No trabalho de Stylianou et al. (2017) confeccionaram pinos em fibra óptica para comparar com os pinos convencionais e concluíram que a polimerização da fibra experimental foi mais eficaz, pois teve uma maior transmissão de luz, bem como a sua radiopacidade também maior. A irradiância da fibra óptica em comparação com apenas o fotoativador, mostrou uma perda de energia de cerca de 50%. Provavelmente essa perda pôde ser ocasionada por alguns fatores, no local do acoplamento há uma perda de luz pela alteração do diâmetro da ponta do fotoativador (9,85 mm) para o diâmetro da fibra de 1 mm, como relatado no trabalho de Shimokawa et al. (2020) que descreveram que quanto maior o diâmetro, melhor é a qualidade da polimerização. Embora a sua perda de energia seja considerável, esta pôde ser amenizada em parte pela associação com o retentor experimental pois, ao realizarmos o trabalho *in vitro* foi possível verificar a efetividade de polimerização do cimento, além da transmissão da luz ocorrer ao longo eixo do dente que foi proporcionado pelo uso da técnica alternativa.

O fotoativador utilizado foi o Bluephase (Ivoclar Vivadent, Schaan,

Liechtenstein) por ter uma boa qualidade de irradiância e potência conforme foi avaliado por Soares et al. (2017) e, o LED foi inserido no centro da amostra, pois de acordo com a pesquisa de Shimokawa et al. (2018) avaliando 4 unidades de fotopolimerização que observaram que o Bluephase apresentou maior dureza ao centro da amostra, concordando com o estudo de Shimokawa et al. (2017) que avaliaram a irradiância dos LEDs de pico único e de amplo espectro em materiais restauradores e concluíram que o de amplo espectro a fotoativação foi mais efetivo na parte superior, porém na inferior foi menos eficaz. O valor encontrado no estudo da irradiância do fotoativador utilizado diretamente foi de 656,8 mW/cm², sendo considerado dentro dos valores normais, pois com o tempo de uso ocorre o desgaste e a irradiância tende a diminuir.

A utilização de cimentos resinosos duais é considerada a mais indicada para os retentores intrarradiculares por não depender do alcance direto da luz e, por permitir a polimerização do cimento resinoso em regiões mais profundas, porém a sua resistência adesiva é dificultada através dos componentes ácido-base, como mostra o estudo Aung et al. (2019) que estudaram 3 diferentes cimentos duais, nas quais estes se diferiram quanto a resistência adesiva, bem como a sua diminuição a longo prazo através do envelhecimento térmico, tal como foi avaliado no presente trabalho, a longevidade da cimentação que foi menor do que quando da realização do teste inicial. Já no estudo de Lima et al. (2016b) relatou-se que a utilização da ativação dupla aumenta a resistência adesiva entre o material restaurador e a dentina quando utilizados apenas os cimentos quimicamente ativados. Enquanto nos estudos de Pereira et al. (2013) e Sterzenbach et al. (2012) o cimento autoadesivo possuía uma maior resistência de união em comparação com os cimentos de ativação dupla.

No presente estudo foi realizado o teste de *push-out* para avaliar a resistência de união das amostras nas profundidades coronal, média e apical, em dois tipos de cimentos e, com a utilização ou não do dispositivo em fibra óptica

associada ao uso do pino de fibra de vidro experimental, que por sua vez foi utilizado em todas as amostras. No estudo foi possível inferir que houve diferença estatística entre os tipos de cimentos, o uso ou não da fibra, na profundidade e interação entre o cimento e a profundidade, sendo que os grupos duais apresentaram os menores valores, independente da utilização do dispositivo. Os grupos que foram fotoativados e que utilizaram a fibra óptica tiveram resistência adesiva aumentada e, em particular quando comparada a porção apical, o grupo GFF apresentou uma maior polimerização do que o grupo GF, esta diferença pode ser devida à limitação do alcance de luz na região apical quando emprega-se a técnica convencional. O teste de *push-out* é realizado em diversos estudos que envolvem a força adesiva de retentores intrarradiculares, tais como Hashemikamangar et al. (2018), Silva et al. (2021) e Spicciarelli et al. (2020) que realizaram cimentação de pinos intrarradiculares com diversos tipos de tratamento no intuito de melhorar a qualidade adesiva dos protocolos.

A análise estereomicroscópica verificou o tipo de fratura, no qual quanto maior a falha adesiva, maior a resistência de união. No presente trabalho predominou o tipo adesiva nos grupos em que foi empregada a fibra óptica para os dois tipos de cimentos utilizados e, para os grupos que foram submetidos ao envelhecimento térmico, podendo-se inferir que o seu uso influenciou positivamente na união entre pino-cimento-G10.

A análise por FT-IR teve por objetivo avaliar a conversão em polímero. Quanto menor a conversão em polímero, menor a dureza e por consequência pior é a adesão entre o pino-cimento-G10. O GF apresentou os maiores valores e o grupo GD os menores valores e os grupos GFF e GDF que fizeram o uso da fibra obtiveram conversão similar entre os grupos no pico de 1750. Shadman et al. (2012) avaliaram o grau de conversão através da análise de FT-IR na cimentação de pinos translúcidos e opacos, com diferentes distâncias da ponta ativadora e cimentos resinosos duais e os autores concluíram que quanto maior a

distância da ponta ativadora e a utilização dos pinos opacos, menor o grau de conversão e maior os problemas adesivos, concordando com os resultados da pesquisa aqui desenvolvida. No entanto quando comparado o grau de conversão com o teste de cisalhamento pode-se observar que no teste de *push-out* houve uma maior resistência adesiva para os grupos experimentais, porém o grau de conversão não houve uma tendência de um maior grau para os mesmos grupos, influenciando de que o grau de conversão e a resistência de união não são diretamente proporcionais.

A termociclagem foi empregada no presente trabalho para simular o envelhecimento das amostras e avaliar a força adesiva ao longo do tempo simulando em parte a condição da cavidade oral e a consequente degradação do cimento resinoso com o passar dos anos. Na ciclagem térmica foi possível inferir que nas amostras envelhecidas termicamente houve uma diminuição da adesão, tal como apresentado nos trabalhos de Aung et al. (2019) e Hashemikamangar et al. (2018) onde ocorreu também diminuição da sua força adesiva pós ciclagem, como foi apontado uma degradação dos cimentos resinosos utilizados neste estudo.

Como se trata do início de uma linha de pesquisa para o desenvolvimento estes protótipos e uma proposta de alteração técnica no uso de pinos pré-fabricados, algumas limitações ocorreram neste estudo, tais como o tamanho do pino experimental na translucidez adequada, além da ponta diamantada utilizada para a perfuração do G10 e novas inferências deverão ser realizadas para verificar a viabilidade clínica desta proposta. De qualquer forma, a princípio pode-se dizer que se obteve resultados promissores na fotoativação de cimentos resinosos utilizados na cimentação de pinos intrarradiculares.

7 CONCLUSÃO

Levando em consideração as limitações do estudo podemos concluir que:

- 1) Apesar do valor de irradiância ser menor com o uso da fibra óptica em comparação à ponteira original, a relação tempo e potência possibilitou a polimerização dos cimentos resinosos, o que foi facilitado pela característica do retentor (forma de luva), parcialmente translúcido, e que permitiu a inserção da fibra óptica ao longo de todo o seu interior.
- 2) A resistência de união dos cimentos fotoativados empregando-se o dispositivo em fibra óptica nos pinos, segundo os testes preliminares foi superior àquela onde nos espécimes utilizou-se o cimento dual.
- 3) As amostras quando observadas por estereomicroscopia, apresentaram uma maior fratura adesiva na porção apical nos grupos que fizeram o uso da fibra óptica, tanto para os grupos envelhecidos quanto para os grupos que não foram submetidos ao envelhecimento.
- 4) Na análise de FT-IR os grupos duais apresentaram o menor grau de conversão de polímero, mas, mesmo assim dentro de parâmetros técnicos aceitáveis.

REFERÊNCIAS*

- Aguiar FHB, Lazzari CR, Lima DANL, Ambrosano GMB, Lovadino JR. Effect of light curing tip distance and resin shade on microhardness of a hybrid resin composite. *Braz Oral Res.* 2005 Oct-Dec;19(4):302-6. doi: 10.1590/s1806-83242005000400012. PubMed PMID:16491260.
- Ajaj RA, Nassar HM, Hasanain FA. Infection control barrier and curing time as factors affecting the irradiance of light-cure units. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2018 Nov-Dec;8(6):523-8. doi: 10.4103/jispcd.JISPCD_22618. PubMed PMID: 30596043.
- Akgungor G, Akkayan B. Influence of dentin bonding agents and polymerization modes on the bond strength between translucent fiber posts and three dentin regions within a post space. *J Prosthet Dent.* 2006 May;95(5):368-78. doi: 10.1016/j.prosdent.2006.02.027. PubMed PMID: 16679132.
- Alves DM, Cadore-Rodrigues AC, Prochnow C, Burgo TAL, Spazzin AO, Bacchi A, et al. Fatigue performance of adhesively luted glass or polycrystalline CAD-CAM monolithic crowns. *J Prosthet Dent.* 2020 Jul;13(20):1-9. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.03.032. PubMed PMID: 32636073.
- Aung SSMP, Takagaki T, Ko AK, Halabi S, Sato T, Ikeda M, et al. Adhesion durability of dual-cure resin cements and acid-base resistant zone formation on human dentin. *Dent Mater.* 2019 Jul;35(7):945-52. doi: 10.1016/j.dental.2019.02.020. PubMed PMID: 31036261.
- Bahari M, Oskoe SS, Kimyai S, Mohammadi N, Khosroshahi ES. Effect of light intensity on the degree of conversion of dual-cured resin cement at different depths with the use of translucent fiber posts. *J Dent (Tehran).* 2014 May;11(3):248-55. PubMed PMID: 25628659.
- Bazzo JF, Pedriali MBBP, Guiraldo RD, Berger SB, Moura SK, de Carvalho RV. Push-out bond strength of different translucent fiber posts cemented with self-adhesive resin cement. *J Conserv Dent.* 2016 Nov-Dec;19(6):583-6. doi: 10.4103/0972-0707.194036. PubMed PMID: 27994324.
- Beolchi RS, Moura Neto C, Palo RM, Torres CRG, Pellissier B. Changes in irradiance and energy density in relation to different curing distances. *Braz Oral Res.* 2015 May;29(1);1-7. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2015. PubMed

PMID: 26017490.

Bortolotto T, Dagon C, Krejci I. Light polymerization during cavity filling: effect of ‘exposure reciprocity law’ and the resulted shrinkage forces on restoration margins. *Acta Odontol Scand*. 2013 Sep;71(5):1296-302. doi: 10.3109/00016357.2012.762988. PubMed PMID:23796309.

Cadenaro M, Navarra CO, Antonioli F, Mazzoni A, Di Lenarda R, Rueggeberg FA, et al. The effect of curing mode on extent of polymerization and microhardness of dual-cured, self-adhesive resin cements. *Am J Dent*. 2010 Feb;23(1):14-8. PubMed PMID: 20437721.

Ceballos L, Garrido MA, Fuentes V, Rodríguez J. Mechanical characterization of resin cements used for luting fiber posts by nanoindentation. *Dent Mater*. 2007;23(1):100-5. doi: 10.1016/j.dental.2005.12.007. PubMed PMID: 16430956.

D’Arcangelo C, D’Amario M, Vadini M, Zazzeroni S, De Angelis F, Caputi S. An evaluation of luting agent application technique effect on fiber post retention. *J Dent*. 2008 Apr;36(4): 235-40. doi: 10.1016/j.jdent.2008.01.004. PubMed PMID: 18289767.

Espíndola-Castro LF, de Brito OFF, Araújo LGA, Santos ILA, Monteiro GQM. In vitro evaluation of physical and mechanical properties of light-curing resin cement: a comparative study. *Eur J Dent*. 2020 Feb;14(1):152-6. doi: 10.1055/s-0040-1705075. PubMed PMID: 32168541.

Faria e Silva AL, Arias VG, Soares LES, Martin AA, Martins LRM. Influence of Fiber-post translucency on the degree of conversion of a dual-cured resin cement. *J Endod*. 2007 Mar;33(3):303-5. doi: 10.1016/j.joen.2006.11.015. PubMed PMID: 17320720.

Ferrari M, Carvalho CA, Goracci C, Antonioli F, Mazzoni A, Mazzotti G, et al. Influence of luting material filler content on post cementation. *J Dent Res*. 2009 Oct;88(10):951-6. doi: 10.1177/0022034509342851. PubMed PMID: 19783806.

Garcia MIC, Castro Filho AA, Araújo MAJ. [Cimentação, qual a melhor opção?] *Rev Paulista de Odontol*. 2002 Mar-Abr;24(2): 27-31. Portuguese.

Goracci C, Corciolani G, Vichi A, Ferrari M. Light-transmitting ability of marketed fiber posts. *J Dent Res*. 2008 Dec;87(12):1122-6. doi: 10.1177/154405910808701208. PubMed PMID: 19029079.

Guiraldo RD, Consani S, Consani RLX, Fugolin APP. [Avaliação da

densidade da potência e do espectro de luz de fotoativadores usados em consultórios odontológicos]. *Cienc Odontol Bras*. 2008 out-dez;11(4):86-90. doi: 10.14295/bds.2008.v11i4.675.10. Portuguese.

Hadis MA, Leprince JG, Shortall AC, Devaux J, Leloup G, Palin WM. High irradiance curing and anomalies of exposure reciprocity law in resin-based materials. *J Dent*. 2011 Aug;39(8):549-57. doi: 10.1016/j.jdent.2011.05.007. PubMed PMID: 21679742.

Hadis MA, Tomlins PH, Shortall AC, Pallin WM. Dynamic monitoring of refractive index change through photoactive resins. *Dent Mater*. 2010 Nov;26(11):1106-12. doi: 10.1016/j.dental.2010.07.011. PubMed PMID: 20692029.

Harlow JE, Sullivan B, Shortall AC, Labrie D, Price RB. Characterizing the output settings of dental curing lights. *J Dent*. 2016 Jan;44:20-6. doi: 10.1016/j.jdent.2015.10.019. PubMed PMID: 26546716.

Hashemikamangar SS, Hasanitabatabaee M, Kalantari S, Gholampourdehaky M, Ranjbaromrani L, Ebrahimi H. Bond strength of fiber post to composite core: effect of surface treatment with Er, Cr: YSGG laser and thermocycling. *J Lasers Med Sci*. 2018;9(1):36-42. doi: 10.15171/jlms.2018.09. PubMed PMID: 29399310.

Hasslen JA, Barkmeier WW, Shaddy RS, Little JR. Depth of cure of high-viscosity bulk-fill and conventional resin composites using varying irradiance exposures with a light-emitting diode curing unit. *J Oral Sci*. 2019 Aug; 61(3):425-30. doi: 10.2334/josnusd.18-0245. PubMed PMID: 31341121.

Jandt KD, Mills RW. A brief history of LED photopolymerization. *Dent Mater*. 2013 Jun;29(6):605-17. doi: 10.1016/j.dental.2013.02.003. PubMed PMID: 23507002.

Kelly JR, Rungruanganunt P, Hunter B, Vailati F. Development of a clinically validated bulk failure test for ceramic crowns. *J Prosthet Dent*. 2010 Oct;104(4):228-38. doi: 10.1016/S0022-3913(10)60129-1. PubMed PMID: 20875527.

Leprince JG, Palin WM, Hadis MA, Devaux J, Leloup G. Progress in dimethacrylate-based dental composite technology and curing efficiency. *Dent Mater*. 2013 Feb;29(2):139-56. doi: 10.1016/j.dental.2012.11.005. PubMed PMID: 23199807.

Lima AC, Rached Junior FJ, Faria NS, Messias DC, Chaves CAL, Baratto

Filho F, et al. Influence of sealer and light-curing units on Push Out bond strength of composite resin to weakened roots. *Braz Dent J.* 2016a Jul-Aug;27(4):430-5. doi: 10.1590/0103-6440201601010. PubMed PMID: 27652706.

Lima E, Santos R, Durão M, Nascimento A, Braz R. Universal cements: dual activated and chemically activated. *Acta Biomater Odontol Scand.* 2016b Sep;2(1):125-9. doi: 10.1080/23337931.2016.1221314. PubMed PMID: 28642922.

Magalhaes Filho TR, Weig KM, Costa MF, Werneck MM, Barthem RB, Costa Neto CA. Effect of LED-LCU light irradiance distribution on mechanical properties of resin based materials. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2016 Jun;63:301-7. doi: 10.1016/j.msec.2016.02.060. PubMed PMID: 27040223.

Maghaireh GA, Price RB, Abdo N, Taha NA, Alzraikat H. Effect of thickness on light transmission and Vickers hardness of five bulk-fill resin-based composites using polywave and single-peak light-emitting diode curing lights. *Oper Dent.* 2019 Jan-Feb;44(1):96-107. doi: 10.2341/17-163-L. PubMed PMID: 29953339.

Manso AP, Carvalho RM. Dental cements for luting and bonding restorations: self-adhesive resin cements. *Dent Clin North Am.* 2017 Oct;61(4):821-34. doi: 10.1016/j.cden.2017.06.006. PubMed PMID: 28886770.

May LG, Kelly JR, Bottino MA, Hill T. Influence of the resin cement thickness on the fatigue failure loads of CAD/CAM feldspathic crowns. *Dent Mater.* 2015 Aug;31(8):895-900. doi: 10.1016/j.dental.2015.04.019. PubMed PMID: 26003231.

Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without softstart-polymerization. *J Dent.* 1997 May-Jul;25(3-4):321-30. doi: 10.1016/s0300-5712(96)00044-9. PubMed PMID: 9175364.

Michaud PL, Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B. Localized irradiance distribution found in dental light curing units. *J Dent.* 2014 Feb;42(2):129-39. doi: 10.1016/j.jdent.2013.11.014. PubMed PMID: 24287255.

Miorando B, Scherer KW, Cecchetti D, Vanni JR, Bona AD. [Resistência adesiva de pinos intrarradiculares cimentados com diferentes materiais].

RFO. 2011 Mai- Aug;16(2):166-71. Portuguese.

Morgan, LFSA, Peixoto RT, Castro AR, Santos MFC, Abreu LTP, Pinotti MB. Light transmission through a translucent fiber post. *J Endod*. 2008 Mar; 34(3):299-302. doi: 10.1016/j.joen.2007.12.007. PubMed PMID: 18291280.

Morgan LFSA, Pinotti MB, Ferreira FM, Gomes GM, Silva GC, Albuquerque RC, et al. Influence of light transmission through fiber posts: quantitative analysis, microhardness, and on bond strength of a resin cement. *Indian J Dent Res*. 2018 Jan-Feb;29(1):74-80. doi: 10.4103/ijdr.IJDR_792_16. PubMed PMID: 29442091.

Morgan LFSA, Teixeira KIR, Vasconcellos WA, Albuquerque RC, Cortés ME. Correlation between the cytotoxicity of self-etching resin cements and the degree of conversion. *Indian J Dent Res*. 2015 May-Jun;26(3):284-8. doi: 10.4103/0970-9290.162878. PubMed PMID: 26275197.

Nakamura S, Senoh M, Iwasa N, Nagahama S. Hight- power InGaN single-quantum-well-structure blue and violet light-emitting diodes. *Appl Phys Letts*. 1995 Sep;67(13):1868-70. doi: 10.1063/1.114359.

Naumann M, Sterzenbach G, Rosentritt M, Beuer F, Frankenberger R. Is adhesive cementation of endodontic posts necessary? *J Endod*. 2008 Aug;34(8):1006-10. doi: 10.1016/j.joen.2008.05.010. PubMed PMID: 18634936.

Pan Y, Xu X, Sun F, Meng X. Surface morphology and mechanical properties of conventional and self-adhesive resin cements after aqueous aging. *J Appl Oral Sci*. 2018 Nov;27:e20170449. doi: 10.1590/1678-7757-2017-0449. PubMed PMID: 30427472.

Par M, Repusic I, Skenderovic H, Milat O, Spajic J, Tarle Z. The effects of extended curing time and radiant energy on microhardness and temperature rise of conventional and bulk-fill resin composites. *Clin Oral Investig*. 2019 Oct;23(10):3777-88. doi: 10.1007/s00784-019-02807-1. PubMed PMID: 30693403.

Pereira JR, do Valle AL, Ghizoni JS, Lorenzoni FC, Ramos MB, Só MVR. Push-out bond strengths of different dental cements used to cement glass fiber posts. *J Prosthet Dent*. 2013 Aug;110(2):134-40. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60353-4. PubMed PMID: 23929375.

Pfeifer CS, Ferracane JL, Sakaguchi RL, Braga RR. Photoinitiator content in restorative composites: influence on degree of conversion, reaction kinetics,

volumetric shrinkage and polymerization stress. *Am J Dent*. 2009 Aug;22(4):206-10. PubMed PMID: 19824555.

Righi H, Costa AR, de Oliveira DCRS, Abuna GF, Sinhoreti MAC, Naufel FS. Influence of photoinitiator on accelerated artificial aging and bond strength of experimental resin cements. *Braz Dent J*. 2018 Jan-feb;29(1):82-7. doi: 10.1590/0103-6440201801591. PubMed PMID: 29267530.

Rueggeberg FA. State- of- the- art: Dental photocuring-a review. *Dent Mater*. 2011 Jan;27(1):39-52. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.021. PubMed PMID: 21122903.

Samaha S, Bhatt S, Finkelman M, Papathanasiou A, Perry R, Strassler H, et al. Effect of instruction, light curing unit, and location in the mouth on the energy delivered to simulated restorations. *Am J Dent*. 2017 Dec;30(6):343-9. PubMed PMID: 29251458.

Shadman N, Atai M, Ghavam M, Kermanshah H. Parameters affecting degree of conversion of dual-cure resin cements in the root canal: FTIR analysis. *J Can Dent Assoc*. 2012 78:c53. PMID PubMed: 22673217.

Shimokawa CAK, Sullivan B, Turbino ML, Soares CJ, Price RB. Influence of emission spectrum and irradiance on light curing of resin-based composites. *Oper Dent*. 2017 Sep-Oct;42(5):537-47. doi: 10.2341/16-349L. PubMed PMID: 28581917.

Shimokawa CAK, Turbino ML, Giannini M, Braga RR, Price RB. Effect of curing light and exposure time on the polymerization of bulk-fill resin-based composites in molar teeth. *Oper Dent*. 2020 May-Jun;45(3):141-55. doi: 10.2341/19-126-L. PubMed PMID: 32053458.

Shimokawa CAK, Turbino ML, Giannini M, Braga RR, Price RB. Effect of light curing units on the polymerization of bulk fill resin-based composites. *Dent Mater*. 2018 Aug;34(8):1211-21. doi: 10.1016/j.dental.2018.05.002. PubMed PMID: 29801683.

Silva E, Pereira C, Limeira F, Affonso P, Moreira A, Magalhães C. Bond strength according to the moment of fiber post cutting fixed with self-adhesive cement to the root dentin. *J Clin Exp Dent*. 2021 Jan;13(1):e56-60. doi: 10.4317/jced.57671. PubMed PMID: 33425232.

Spicciarelli V, Ounsi HF, Ferrari M, Corsentino G, Marruganti C, Grandini S. Push-out bond strength of fiber posts cemented using new universal adhesives on etched and nonetched intraradicular dentin. *J Contemp Dent*

Pract. 2020 Jan;21(1):91-6. PubMed PMID: 32381808.

Soares CJ, Braga SSL, Ribeiro MTH, Price RB. Effect of infection control barriers on the light output from a multi-peak light curing unit. *J Dent*. 2020 Dec;103:103503. doi: 10.1016/j.jdent.2020.103503. PubMed PMID: 33091553.

Soares CJ, Rodrigues MP, Oliveira LRS, Braga SSL, Barcelos LM, Silva GR, et al. An evaluation of the light output from 22 contemporary light curing units. *Braz Dent J*. 2017 May-Jun;28(3):362-71. doi: 10.1590/0103-6440201601466. PubMed PMID: 29297558.

Sterzenbach G, Karajouli G, Naumann M, Peroz I, Bitter K. Fiber post placement with core build-up materials or resin cements-an evaluation of different adhesive approaches. *Acta Odontol Scand*. 2012 Sep;70(5):368-76. doi: 10.3109/00016357.2011.603702. PubMed PMID: 21815838.

Strazzi-Sahyon HB, Rocha EP, Assunção WG, dos Santos PH. Influence of light-curing intensity on color stability and microhardness of composite resins. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2020 Jan-Feb;40(1):129-34. doi: 10.11607/prd.4437. PubMed PMID: 31815983.

Stylianou A, Burgess JO, Liu PR, Givan DA, Lawson NC. Light transmitting fiber optics posts: an in vitro evaluation. *J Prosthet Dent*. 2017 Jan;117(1):116-23. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.06.020. PubMed PMID: 27646793.

Suh B, Feng L, Pashley DH, Tay FR. Factors contributing to the incompatibility between simplified-step adhesives and chemically-cured or dual-cured composites. Part III. Effect of acidic resin monomers. *J Adhes Dent*. 2003;5(4):267-82. PubMed PMID: 15008334.

Tauböck TT, Oberlin H, Buchalla W, Roos M, Attin T. Comparing the effectiveness of self-curing and light curing in polymerization of dual-cured core buildup materials. *J Am Dent Assoc*. 2011 Aug;142(8):950-6. doi: 10.14219 / jada.archive.2011.0302. PubMed PMID: 21804062.

Teixeira ECN, Teixeira FB, Piasick JR, Thompson JY. An in vitro assessment of prefabricated fiber post systems. *J Am Dent Assoc*. 2006 Jul;137(7):1006-12. doi: 10.14219/jada.archive.2006.0323. PubMed PMID: 16803828.

Tongtaksin A, Leevailoj C. Battery charge affects the stability of light intensity from light-emitting diode light-curing units. *Oper Dent*. 2017 Sep-

Oct;42(5):497-504. doi: 10.2341/15-294-L. PubMed PMID: 28581918.

Torno V, Soares P, Martin JM, Mazur RF, Souza EM. Effects of irradiance, wavelength, and thermal emission of different light curing units on the Knoop and Vickers hardness of a composite resin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2008 Apr;85(1):166-71. doi: 10.1002/jbm.b.30929. PubMed PMID: 17853418.

Vandewalle KS, Roberts HW, Rueggeberg FA. Power distribution across the face of different light guides and its effect on composite surface microhardness. *J Esthet Restor Dent*. 2008;20(2):108-17. doi: 10.1111/j.1708-8240.2008.00160.x. PubMed PMID: 18380841.

Watts DC, Cash AJ. Analysis of optical transmission by 400-500 nm visible light into aesthetic dental biomaterials. *J Dent*. 1994 Apr;22(2):112-7. doi: 10.1016/0300-5712(94)90014-0. PubMed PMID: 8195476.

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 Feb;31(2):104-6. doi: 10.1097/01.don.0000133160.08600.47. PubMed PMID: 15671819.

Yoshida K, Meng X. Microhardness of dual-polymerizing resin cements and foundation composite resins for luting fiber-reinforced posts. *J Prosthet Dent*. 2014 Jun;111(6):505-11. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.07.023. PubMed PMID: 24412184.

Zarow M, Vadini M, Chojnacka-Brozek A, Szczeklik K, Milewski G, Biferi V, et al. Effect of fiber posts on stress distribution of endodontically treated upper premolars: finite element analysis. *Nanomaterials*. 2020 Aug;10(9):1-17. doi: 10.3390/nano10091708. PubMed PMID: 32872519.