



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Araçatuba

MORGANA FERNANDES DE FREITAS FARINA

**Efeito de diferentes unidades fotoativadoras na Dureza
Martens, módulo de elasticidade e estabilidade de cor de
cimentos resinosos.**

Araçatuba – SP

2017

MORGANA FERNANDES DE FREITAS FARINA

**Efeito de diferentes unidades fotoativadoras na Dureza
Martens, módulo de elasticidade e estabilidade de cor de
cimentos resinosos.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Odontologia de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” –UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique dos Santos

Araçatuba – SP

2017

Dedicatória

Dedico este trabalho e todos os frutos colhidos ao longo destes anos à minha querida mãe, que é meu maior exemplo de pessoa e que infelizmente não pôde presenciar tudo isso. Ao meu pai que apesar de todas as dificuldades não deixou que nada me faltasse e se preocupou todos dos dias com o meu bem-estar. À minha querida irmã por ser minha amiga mais especial, conselheira dos momentos difíceis e maior ouvinte de todas as minhas conquistas e dificuldades. Aos meus avós por todo o apoio e amor ao longo desses anos. A todos os familiares e amigos toda gratidão pelo carinho, presença e compreensão.

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, primeiramente por ter me concedido tantas conquistas, coisas boas, por ter colocado em minha vida pessoas tão especiais, além de oportunidades incríveis, por ter me dado saúde, força e perseverança.

À **Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”**, na pessoa do diretor da Faculdade de Odontologia de Araçatuba Prof. **Wilson Roberto Poi**, que sempre me ajudou muito dentro da faculdade, sendo um amigo, conselheiro e uma pessoa muito especial com quem sempre pude contar.

Ao **Prof. Dr. Paulo Henrique dos Santos**, gostaria de agradecer por toda confiança, paciência, por toda orientação e principalmente, por ter aceitado ser meu orientador, por ter acreditado em mim e me dado a oportunidade de aprender tanto mesmo que em meu tempo. Sou grata por tudo. Muito obrigada.

À Pós-Graduanda **Mariana Dias Moda** por toda orientação, críticas construtivas que me fizeram evoluir ao longo desses anos, que melhoraram cada vez mais o meu trabalho, a minha escrita e que me permitiram tantas conquistas. Desejo à você todo sucesso do mundo!

Ao **Departamento de Odontologia Restauradora** da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP, principalmente ao **Prof Dr. André Luiz Fraga Briso**, agradeço pela autorização para a utilização dos equipamentos para a execução desta pesquisa.

À minha Banca examinadora, **Profª. Drª. Ticiane Cestari Fagundes**, principalmente, por ter me dado tantas dicas e boas idéias para o meu trabalho, bem como referências. E também à **Mariana Dias Moda**, minha quase co-orientadora, por terem aceitado o meu convite.

Às **Profª. Drª. Aimée Maria Guiotti e Profª. Drª. Maria Cristina Rosifini Alves Rezende** por todo apoio, atenção e carinho dentro do Departamento de Materiais Dentários. Muito obrigada!

Ao **Prof. Dr. Marcelo Coelho Goiato** por ter cedido o uso da Câmara de envelhecimento UVB no Departamento de Prótese, permitindo a realização de uma das etapas deste trabalho. À pós-Graduanda **Dr.ª Adhara Smith Nobrega** pela ajuda durante o uso do equipamento.

Ao Departamento *de Engenharia Mecânica do Campus de Ilha Solteira- UNESP*, em especial ao *Prof. Adj. Juno Gallego* por ter permitido o uso do equipamento Ultramicrodurômetro dinâmico digital DUH-211 utilizado neste trabalho e ao pós-Graduando *Guilherme RosatiMecelis* pela gentileza e por toda atenção, orientação na realização desta etapa do trabalho e no manuseio do equipamento.

À minha querida mãe *Lyana Beatriz de Freitas Fernandes* por todos os ensinamentos, por todos os dias de convivência, por fazer de mim a pessoa que sou hoje, por ter sido um exemplo de mulher (forte, resiliente, persistente e de caráter e coração únicos). Obrigada pelos melhores 14 anos da minha existência, que podem parecer poucos, mas foram completamente importantes para a minha formação e inesquecíveis, os quais vou sempre levar junto ao meu coração. Meu eterno agradecimento ao meu eterno amor e minha eterna saudade!

Ao meu pai, *Néveo Luiz Farina* que apesar da distância nunca se esqueceu um só dia de mim, sempre preocupado em me ajudar e a sanar todas as minhas necessidades, mesmo que isso lhe requeresse mais horas e dias de trabalho. Sou grata a extremamente tudo que o senhor já fez e faz até hoje por mim.

À minha única irmã, *Ellen Fernandes de Freitas Pires*, minha grande amiga, conselheira, segunda mãe, que sempre fez tudo por mim e me ajudou durante todas as dificuldades. Obrigada por tudo! Obrigada por ser essa pessoa completamente oposta de mim, por me completar em todos os quesitos, por me dar forças e motivação.

À minha tia e madrinha, *Sandra de Freitas Fernandes* por ser minha segunda mãe diante de todas as dificuldades, por ter ajudado tanto eu e minha irmã nos piores momentos que passamos. Obrigada por tudo, por todo apoio! Minha eterna admiração por você!

À minha tia *Tânia de Freitas Fernandes* por toda ajuda, por acreditar tanto em mim, por ser também outra mãe para mim e para minha irmã. Obrigada por tudo!

Aos meus avós, *Elio de Freitas Oliveira e Clarice de Freitas Fernandes* por absolutamente tudo que fizeram e que fazem por mim, por serem como vocês são, por serem a parte mais especial da minha família. Amo muito vocês!

Ao *João Roberto de Freitas Júnior*, um grande amigo e uma pessoa muito especial que eu tive a oportunidade de conhecer. Obrigada pelos incentivos, pelas torcidas, pelos bons momentos vividos.

À todos os meus amigos Goianos e Paulistas, em especial, à **Larissa de Oliveira Rodrigues** que apesar da distância e dos anos nunca se esqueceu de mim e nunca permitiu que nossa duradoura amizade mudasse, obrigada por tudo! Aos meus amigos **Diana, Nayara, Alana, Antônio e Marcus** obrigada pelos velhos tempos. Ao **Leonardo Antônio de Moraes** obrigada por todo companheirismo, confidencialidade e amizade. Às minhas amigas **Nathália Dias e Bruna Varzone** por tornarem meus dias mais suaves e divertidos, adoro vocês. Às queridas **Érika Chiba, Laís Kawamata, Paloma Silva, Luiza Tavares, Jéssica Coelho e Sandy Tatibana** por todo carinho, atenção e convívio ao longo desses anos. Obrigada também aos queridos **Willian Jacometo e Gabriel Maranhã** pelas brincadeiras e bons momentos de convívio. Todos vocês foram como minha segunda família!

Ao **Clube Amigo dos Animais** que me deu a grande e única oportunidade de conhecer um pouco mais sobre trabalho voluntariado aliado à defesa dos animais. Obrigada por ter me permitido fazer parte dessa grande família, por ter me ensinado e ajudado tanto em vários momentos e por todas as amizades que ali eu pude fazer e pelas especiais pessoas que tive a honra de conhecer. Desejo que continuem realizando sempre esse trabalho maravilhoso que fazem e que possam cada vez mais ajudar o maior número possível de bichinhos que possam conseguir. Agradeço em especial à querida **Cíntia Barbieri** por ter me feito o convite para participar desta família.

Ao **Centro de assistência odontológica à pessoa com deficiência- CAO E** pela grande oportunidade de poder aprender com vocês durante dois longos anos tantas coisas incríveis, por me ensinarem a ser mais humana, a reconhecer a necessidade e saber agir perante a ela. Obrigada às profissionais: **Alessandra Marcondes Aranega, Cíntia Megid Barbieri, Ana Lúcia Bombonatti, Ana Rita Albuquerque Zito, Rita de Cássia Escobar A. Brasil, Nancy dos Santos Pinto Ferreira e Sandra Maria Herondina Coelho Ávila de Aguiar** por todos os ensinamentos.

À **família Rotaract Club de Araçatuba** por todo o convívio, por toda experiência, por todas as amizades e pessoas incríveis, com o mesmo ideal de mudar o mundo, que pude ali conhecer. Meu eterno obrigada!

À **todos da turma 59**, que sempre se fizeram presente quando possível.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP** pela concessão da Bolsa de Iniciação Científica (Processo nº2016/07747-2), indispensável para a realização deste trabalho.

À *todos os professores da Faculdade de Odontologia de Araçatuba - UNESP*, que nos anos de convivência, muito me ensinaram, contribuindo para meu crescimento científico, intelectual e pessoal.

À *todos* que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para eu chegar onde cheguei.

“Sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

Farina MFF. **Efeito de diferentes unidades fotoativadoras na Dureza Martens, módulo de elasticidade e estabilidade de cor de cimentos resinosos.** 2017. 44f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2017.

RESUMO

Os cimentos resinosos estão em constante evolução sendo indicados para diversas situações clínicas, dentre elas a odontologia estética. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a dureza Martens, módulo de elasticidade e a estabilidade de cor de cimentos resinosos fotopolimerizados por dois tipos de LED, antes e após o envelhecimento artificial acelerado. Foram utilizados dois cimentos resinosos de mecanismos distintos de polimerização, com diferentes fotoiniciadores, sendo eles: RelyX-Veneer, fotoativável, cor translúcida, (3M ESPE) e Variolink II, dual, pasta base, cor transparente (IvoclarVivadent). Sendo confeccionados 80 corpos-de-prova, sendo (n=40) para cada cimento resinoso, medindo 5mm de diâmetro por 1,5mm de espessura cada. Metade dos discos foram fotopolimerizados por um aparelho LED *Singlewave* (Ratii-cal, SDI) e a outra metade por um LED *Polywave* (Valo, Ultradent), seguindo as recomendações dos fabricantes. Após a confecção, os espécimes foram armazenados a 37°C e 100% de umidade relativa por 24 horas para assegurar a completa polimerização. Avaliações iniciais de dureza Martens, módulo de elasticidade e análise de cor foram realizadas. Os espécimes foram então expostos ao desafio de envelhecimento artificial acelerado. Em seguida, foram feitas avaliações finais de dureza Martens, módulo de elasticidade e análise de cor. Os dados de estabilidade de cor (ΔE), dureza Martens (MPa) e módulo de elasticidade (GPa) foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância. Os dados de estabilidade de cor (ΔE) foram submetidos à ANOVA dois fatores. Os dados de dureza Martens (MPa) e módulo de elasticidade (GPa) foram submetidos à ANOVA três fatores. Pós-teste de Tukey foi utilizado para comparação entre as médias ($\alpha=0.05$). Os resultados mostraram que, em relação à estabilidade de cor (ΔE), não houve diferença estatisticamente significativa entre os materiais estudados, bem como entre os fotopolimerizadores utilizados ($p>0,05$). Em relação às propriedades mecânicas analisadas, de uma maneira geral, o cimento Variolink II apresentou maiores valores de dureza Martens e módulo de elasticidade comparado ao cimento RelyX-Venner. Na comparação entre os fotopolimerizadores pesquisados, o aparelho Valo promoveu maiores valores, em geral, de dureza Martens e módulo de elasticidade quando comparado ao fotopolimerizador Ratii-cal. Sendo assim, concluiu-se que, a unidade fotopolimerizadora foi capaz de influenciar as

propriedades mecânicas dos cimentos utilizados, sem, no entanto, influenciar a estabilidade de cor dos materiais pesquisados.

Palavras-chave: Fotoiniciadores. Fotopolimerização. Cimentos dentários.

Farina MFF. **Effect of different photoactivation units on Martens Hardness, elasticity modulus of color stability of resin cements.** 2017. 44f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2017.

ABSTRACT

Resin cements are constantly evolving and are indicated for several clinical situations, among them esthetic dentistry. Therefore, the objective of this study was to evaluate Martens hardness, modulus of elasticity and color stability of resin cements photopolymerized by two types of LED before and after accelerated artificial aging. Two resin cements with different photoinitiators were used: RelyX-Veneer, light-curing, translucent color (3M ESPE) and Variolink II, dual, base paste, transparent color (IvoclarVivadent). Eighty specimens were prepared, being (n = 40) for each resin cement, measuring 5mm in diameter and 1,5mm in thickness. Half of the disks were photopolymerized by a *Singlewave* LED (Radii-cal, SDI) and the other half by a *Polywave* LED (Valo, Ultradent), following manufacturers' recommendations. After preparation, the specimens were stored at 37 ° C and 100% relative humidity for 24 hours to ensure complete polymerization. Initial evaluations of Martens hardness, modulus of elasticity and color analysis were performed. The specimens were then exposed to the challenge of accelerated artificial aging. Then, final evaluations of Martens hardness, modulus of elasticity and color analysis were done. Color stability data (ΔE), Martens hardness (MPa) and modulus of elasticity (GPa) were subjected to the normality test (Shapiro-Wilk) and homogeneity of variance. The color stability data (ΔE) were submitted to two-way ANOVA. The Martens hardness data (MPa) and modulus of elasticity (GPa) were subjected to three-way ANOVA. Tukey's post-test was used to compare the means ($\alpha = 0.05$). The results showed that, in relation to color stability (ΔE), there was no statistically significant difference between the studied materials, as well as among the photopolymerizers used ($p > 0.05$). In relation to the mechanical properties analyzed, in general, Variolink II cement had higher values of Martens hardness and modulus of elasticity compared to RelyX-Venner cement. In the comparison between the photopolymerizers studied, the Valo apparatus promoted higher values, in general, Martens hardness and modulus of elasticity when compared to the Radii-cal photopolymerizer. Thus, it was concluded that the photopolymerizing unit was able to influence the mechanical properties of the cements used, without, however, influencing the color stability of the materials studied.

Keywords: Photoinitiators. Photopolymerization. Dental cements.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma

33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise de variância para estabilidade de cor (ΔE)	34
Tabela 2 -	Médias \pm desvio padrão da estabilidade de cor (ΔE) para todos os grupos experimentais	34
Tabela 3 -	Análise de variância para dureza Martens (MPa)	35
Tabela 4-	Médias e desvio padrão de dureza Martens inicial (HMV) em MPa	35
Tabela 5-	Médias e desvio padrão de dureza Martens final (HMV) em MPa	35
Tabela 6-	Análise de variância para módulo de elasticidade (GPa)	36
Tabela 7-	Médias e desvio padrão de módulo de elasticidade inicial (GPa)	36
Tabela 8-	Médias e desvio padrão de módulo de elasticidade final em (GPa)	36

LISTA DE ABREVIATURAS

α	= alpha
°C	= grau Celsius
<	= menor
>	= maior
±	= mais ou menos
%	= percentagem
Adj.	= Adjunto
ANOVA	= Análise da variância
ASTM G 53	= American Society for Testing Materials Norma 53
Bis-GMA	= Bisfenol A glicidildimetacrilato
CIE	= Comissão Internacional de Iluminação
CT	= Connecticut
Corp.	= Corporação
DPIH	= Hexafluorofosfatodifeniliodônio
Dr.	= Doutor
Dra.	= Doutora
EUA	= Estados Unidos da América
Eit*	= Módulo de Elasticidade
et al.	= e colaboradores
GPa	= GigaPascal
h	= Penetração de profundidade
HMV	= Dureza de Martens
IPS e.max	= Cerâmica da marca Ivoclar Vivadent

Ind.e Com.	= Indústria e Comércio
LED	= light-emittingdiode / Diodo Emissor de Luz
Ltda	= Limitada
mm	= milímetro (unidade de medida equivalente a 10^{-3}m)
mW/cm ²	=Millwatt / centímetro quadrado
mm/min	= milímetros por minuto
mN/s	= mili Newton por segundo
mN	= mili Newton
MPa	= MegaPascal
nm	= nanômetro
PR	= Paraná
Prof.	= Professor
Prof ^a .	= Professora
PPD	= fenilpropanodiona
SDI	= Marca do Fabricante fotopolimerizadorRadii-cal
SC	= Santa Catarina
SP	= São Paulo
TPO	= Lucerina (Óxido Mono-alquil Fosfínico)
TEGDMA	= dimetacrilato de trietilenoglicol
UV	= Ultravioleta
UVB	= Tipo de radiação Ultravioleta
UDMA	= Uretano dimetacrilato
USA	= United States of America
ΔE	= DeltaE

SUMÁRIO

1. Introdução	9
2. Objetivo	13
3. Materiais e Método	14
4. Resultados	19
5. Discussão	22
6. Conclusão	26
Referências	27

Introdução

Procedimentos envolvendo restaurações indiretas estão sendo muito utilizados em reabilitações odontológicas, devido ao momento atual de elevadas expectativas estéticas dos pacientes¹. Dentro desse fenômeno, os cimentos resinosos estão em constante evolução, sendo indicados para diversas situações clínicas dentro da odontologia estética².

Os agentes cimentantes promovem a união entre materiais restauradores indiretos aos remanescentes dentais³. A capacidade de adesão e suas propriedades físico-químicas melhoradas fazem dos cimentos resinosos uma das alternativas mais utilizadas em casos de restaurações indiretas⁴. Eles apresentam boas qualidades estéticas, baixa solubilidade e boas propriedades mecânicas quando bem polimerizados. Para tanto, é necessário que se tenha um conhecimento desse mecanismo, que ocorre a partir de uma interação química e micromecânica do material ao substrato, para se obter uma correta estratégia de cimentação⁵. No caso dos cimentos resinosos autoadesivos, esta interação pode ser atribuída aos monômeros ácidos presentes nos cimentos, que simultaneamente desmineralizam e se infiltram ao substrato dentário, resultando em retenção micromecânica. Já o grupamento fosfato presente nos monômeros funcionais do material reage com a hidroxiapatita do substrato dental, resultando em retenção adicional através de ligações químicas⁶.

Os cimentos resinosos podem ser classificados quanto ao tipo de ativação em: químicos (por auto-ativação), fotoativáveis (por fonte de luz) ou duais (associando as duas características)⁷. Os cimentos quimicamente ativados não necessitam de luz para iniciar a reação de polimerização, sendo apresentados em duas pastas, sendo uma iniciadora (peróxido de benzoíla) e a outra ativadora (amina terciária) que, ao serem misturadas, reagem entre si gerando radicais livres responsáveis pelo início do processo de polimerização⁸. Os cimentos

fotoativáveis são apresentados na forma de pasta única, contendo um agente, como a canforoquinona, e uma amina alifática iniciadora, que na presença de luz, interagem, gerando radicais livres para o início da polimerização^{8,9,10}. São bem indicados para cimentação de restaurações estéticas pouco espessas (laminados e inlays delgadas), pois a espessura e cor da restauração podem interferir na capacidade da transmissão da luz, afetando a adequada polimerização e consequente durabilidade do procedimento restaurador¹¹.

Já o cimento dual foi desenvolvido com o intuito de associar as vantagens dos cimentos químicos e fotoativados. Dessa forma, possui maior estabilidade de cor e controle do tempo de trabalho, permitindo a remoção grosseira de excessos com a possibilidade de polimerização mesmo na ausência de luz^{8, 12}. Estão disponíveis em sistema pasta/pasta sendo que a polimerização por fonte de luz inicia-se por meio da interação da amina com a canforoquinona, e ativação química ocorre pela reação do peróxido de benzoíla com a amina⁸. Sendo assim, são indicados para restaurações que possam dificultar a transmissão adequada de luz para polimerização do cimento em regiões mais profundas do preparo de inlays/onlays e coroas *metal free*^{13,14}.

Em relação aos fotoiniciadores, a canforoquinona tem sido a mais utilizada nas composições de materiais resinosos. Seu pico de ativação ocorre quando o fotoativador alcança um comprimento de onda em torno de 460nm^{15, 16}. Entretanto, ao longo do tempo, pode apresentar uma cor amarela intensa promovendo manchamento das restaurações, fato esse que tem limitado o seu uso em materiais resinosos específicos para dentes clareados¹⁷. Com isso, outros fotoiniciadores vêm sendo desenvolvidos como: a Lucerina (TPO) e fenilpropanodiona (PPD), com o objetivo de conseguir maior longevidade e estética das restaurações, deixando-as mais claras e translúcidas; além de tentar manter e melhorar o processo de polimerização das restaurações¹⁸.

Materiais restauradores, que contém fotoiniciadores diferentes da canforoquinona em suas composições, são ativados em comprimentos de ondas inferiores, cerca de 410-430 nm. Devido ao estreito espectro de comprimentos de ondas emitidos, o uso dos LED's de segunda- geração pode ser limitado. A luz emitida pelo LED possui um pico mais estreito que o espectro de absorção da canforoquinona, que lhes dá desvantagens na fotopolimerização de materiais contendo outros fotoiniciadores¹⁹. Versões mais recentes do LED apresentam faixas de saída mais amplas, podendo cobrir tais desvantagens e assim, abranger vários fotoiniciadores^{20,21,22}.

Atualmente, uma nova série de aparelhos fotopolimerizadores baseados em novas fontes luminosas, representada pelos LEDs, surgiu como alternativa aos aparelhos de luz halógena a fim de minimizar algumas de suas limitações, tais como produção de altas temperaturas, maior tempo de trabalho e menor vida útil de suas lâmpadas. Essa nova tecnologia possui, dentre outras vantagens, a pouca ou nenhuma geração de calor durante a fotopolimerização e a maior vida útil em relação aos aparelhos convencionais^{20,21,23,24}.

Dentre os aparelhos mais recentes de LED, há os chamados *Polywave*. Estes possuem múltiplos comprimentos de onda. Em contraste com as versões anteriores, a nova tecnologia dos LED's emite um espectro de luz que pode variar seu comprimento de onda entre 385 a 515nm²⁵. Sendo assim, essa característica lhes permite a fotopolimerização de materiais resinosos, mesmo quando outros fotoiniciadores diferentes da canforoquinona, são utilizados em suas composições²⁶. Os aparelhos de LED de segunda geração (diodo azul, único comprimento de onda/ *singlewave*) atingem geralmente irradiâncias que vão de 1200 a 1500 mW/ cm² e estreitos espectros de absorção; enquanto os LED's de terceira geração (diodos azuis e violetas, vários comprimentos de onda/ *polywave*) atingem maiores níveis de irradiância, podendo chegar à densidades de potências de 3500 mW/cm², dependendo do modo de polimerização selecionado²⁷. A importância na comparação desses dois tipos de LED's está associada à sua eficiência de polimerização, ou seja, ao grau de conversão dos monômeros do

material resinoso. Teoricamente, um maior grau de conversão confere ao material, maiores valores de dureza e módulo de elasticidade, conseqüentemente, deixaria o material menos suscetível ao desgaste, mantendo um bom selamento marginal; além de ser menos passível à descoloração²⁸.

Diante do exposto, faz-se necessário complementar os estudos acerca das propriedades químico-mecânicas dos cimentos resinosos e os possíveis efeitos que podem ocorrer quando utilizados diferentes fotoiniciadores e fotoativadores, tendo em vista os variados tratamentos que podem ser executados.

Objetivo

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes fotoativadores na dureza de Martens, módulo de elasticidade e estabilidade de cor dos cimentos resinosos. As hipóteses nulas estabelecidas são: (1) não existe diferença estatística em relação à alteração de cor quando utilizados duas gerações de aparelhos fotopolimerizadores para polimerização de dois cimentos resinosos antes e após o envelhecimento artificial acelerado; (2) não existe diferença estatística em relação à dureza Martens e módulo de elasticidade quando utilizados duas gerações de aparelhos fotopolimerizadores para polimerização de dois cimentos resinosos antes e após o envelhecimento artificial acelerado.

Materiais e Método

Preparo das amostras

Dois cimentos resinosos foram utilizados para a confecção das amostras neste estudo: RelyxVeneer, fotoativável, cor translúcida (3M ESPE) e Variolink II, dual, pasta base, cor transparente (IvoclarVivadent). Sendo confeccionadas 40 amostras de cada cimento, através da inserção do material em uma matriz de teflon, com cavidade que permitiu a padronização das pastilhas com as seguintes dimensões: 5mm de diâmetro e 1,5mm de espessura, totalizando 80 corpos de prova. No fundo da matriz foi utilizada uma tira de poliéster, o cimento foi então inserido com um pouco de excesso e sobre este, uma placa de vidro foi posicionada para aplainar a superfície do corpo de prova e para remoção dos excessos do material. Em seguida a placa de vidro foi removida e sobre o cimento foi colocada uma faceta de cerâmica (IPS E-Max- LT, cor A2, IvoclarVivadent, Schaan, Liechtenstein) com 0,6mm de espessura, a fim de simular a interposição de uma restauração estética.

Dois aparelhos LED's foram utilizados para polimerização. A fotopolimerização foi realizada por 40 segundos com o fotopolimerizador Radium-cal (*Singlewave*) com uma potência de 1200w/cm²; e 15 segundos utilizando Valo (*Polywave*) com uma potência de 3200w/cm², para equivalência das energias de ambos, atingindo um valor de 48 J/cm². Para equivaler as energias dos fotopolimerizadores as potências utilizadas em cada LED foram multiplicadas pelo tempo utilizado de polimerização para cada um. A potência foi aferida com o uso de um radiômetro (L.E.D. Radiometer -Demetron/Kerr, Danbury, CT, EUA).

Após 24 horas, as amostras foram planificadas e polidas, fixando as mesmas com cera pegajosa Kota (Kota Ind. E Com. Ltda., São Paulo), no centro de uma base de acrílica (30mm de diâmetro por 8mm de espessura), tomando-se o cuidado de demarcar nas laterais dos corpos-de-prova da face que seria submetida ao polimento. A planificação e o polimento foram realizados em politriz automática (APL-4; Arotec Ind. Com., Cotia, SP, Brasil), com lixas de carboneto de silício (Extex Corp., Enfield, CT. USA) em ordem decrescente de granulação

(#600, #800 e #1200) sob irrigação com água. Para o polimento final foi utilizada uma suspensão de diamante aplicada com disco de feltro por 2 minutos. As amostras foram lavadas com água destilada por 10 minutos em uma cuba de ultra-som (Cristófoli, Campo Mourão, PR, Brasil), para a remoção de resíduos presentes na superfície do corpo-de-prova. Tal procedimento foi realizado a cada troca de lixa ou disco de feltro.

Após o polimento das amostras, estas foram submetidas a uma análise inicial de dureza Martens, módulo de elasticidade e cor. Durante os procedimentos de análise, as amostras foram mantidas em 100% de umidade relativa a 37°C, e foram removidas dessas condições somente no ato das mensurações descritas.

As amostras destinadas às análises de dureza Martens e módulo de elasticidade foram incluídas em bases de resina acrílica (6 mm de espessura e 30 mm de diâmetro) na Embutidora metalográfica (PRE 30mi; Arotec Ind. Com., Cotia, SP, Brasil) para possibilitar as fixações das amostras no ultramicrodurômetro e posteriormente a realização das leituras.

Análise inicial de cor

A análise da cor foi realizada em metade das amostras (n=40). Foram confeccionadas 10 amostras utilizando o cimento RelyxVeneer, outras 10 amostras utilizando o cimento Variolink II, fotopolimerizados com o aparelho Ralii-cal (*singlewave*). Ainda, foram utilizadas outras 10 amostras de RelyxVeneer, e mais 10 amostras do cimento Variolink II, utilizando o aparelho Valo (*polywave*). As mensurações iniciais de cor foram feitas através de um Espectrofotômetro de Reflexão Ultravioleta Visível, Modelo UV-2450 (Shimadzu, Kyoto, Japão), com as alterações de cor calculadas por meio do Sistema CIE L*a*b*, estabelecido pela Comissão Internacionale de l'Eclairaga – CIE. O CIE L*a*b* permitiu a especificação de percepções de cores em termos de um espaço tridimensional, através do comprimento de onda versus reflexão.

A axial “L” é conhecida como luminosidade e se estende de 0 (preto) a 100 (branco perfeito). A coordenada “a” representa a quantidade de vermelho (valores positivos) e de verde (valores negativos), enquanto a coordenada “b” representa a quantidade de amarelo (valores positivos) e de azul (valores negativos). As coordenadas “a” e “b” coexistem no mesmo plano dentro deste espaço tridimensional. O sistema CIE L*a*b* calcula a distância de cor entre dois pontos por meio da fórmula: $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$.

Para padronizar a área de leitura, evitando possíveis variações, os corpos de prova foram posicionados sempre na mesma posição no espectrofotômetro. Foi realizada a marcação da face não polida da amostra com uma ponta esférica diamantada para se ter controle da face que seria lida pelo Espectrofotômetro.

Análise inicial de dureza Martens e módulo de elasticidade

De acordo com o (Fluxograma 1), a análise de dureza Martens e módulo de elasticidade foi realizada em metade das amostras (n=40), sendo vinte amostras referentes ao cimento RelyXVeneer e outras vinte utilizando o cimento Variolink II, ambos os cimentos fotopolimerizados com o aparelho Rádi-cal (*singlewave*) ou Valo (*polywave*). Para tanto, foi utilizado o ultramicrodurômetro dinâmico digital modelo DUH-211 (Shimadzu, Kyoto, Japão) com ponta indentadora do tipo Vickers, sob ação de carga de 100mN, a uma velocidade de 0,2926mN/s, com tempo de manutenção de carga de 5 segundos; sobre as quais foram realizadas cinco endentações na região central de cada amostra com distância de 100µm entre cada indentação.

Essas grandezas foram obtidas a partir de um ciclo completo de carregamento e descarregamento de cargas. A dureza Martens (H_{MV}) é definida como a carga máxima (F_{max}) dividida pela área de superfície do indentador x penetração de profundidade (h):

$$HMV = \frac{Fmax}{26.43 h^2}$$

O módulo de elasticidade (E_{it}^*) é calculado segundo a equação:

$$\frac{1}{E_r} = \frac{(1 - \nu^2)}{E_{it}^*} + \frac{(1 - \nu_i^2)}{E_i},$$

Onde ν e ν_i são respectivamente, os coeficientes de Poisson (definida como a razão entre as deformações específicas transversal e longitudinal) da amostra e do indentador; e E_i é o módulo de elasticidade do indentador.

Os valores do módulo de elasticidade (E_{it}^*) e dureza Martens (HMV) foram calculados automaticamente através do programa de software do equipamento.

Envelhecimento artificial acelerado

Após a realização das análises iniciais de leitura de cor, dureza Martens e módulo de elasticidade todas as amostras foram submetidas ao processo de envelhecimento artificial acelerado, o qual foi realizado em uma câmara de envelhecimento UVB/condensação (Equilam, Diadema, SP, Brasil), de acordo com ASTM G 53. (American Society for Testing Materials Norma 53). Tal processo consiste de períodos de alternância de luz ultravioleta (8 horas) e de condensação (4 horas), sob calor ($65 \pm 3^\circ\text{C}$ ou $45 \pm 3^\circ\text{C}$) e 100% de umidade. Todas as 80 amostras foram submetidas a um total de 252 horas do envelhecimento e 168 horas de irradiação UVB com um pico de emissão 313 nm^5 . Para se realizar o envelhecimento artificial nas 40

amostras destinadas às análises de dureza Martens e módulo de elasticidade, estas precisaram ser desincluídas das bases acrílicas e posteriormente incluídas novamente para a realização das análises finais das propriedades mecânicas.

Análises finais de cor, dureza Martens e módulo de elasticidade

Após o envelhecimento artificial, as amostras foram submetidas às análises finais de cor e das propriedades mecânicas (HMV e Eit*), da mesma maneira como descrito anteriormente.

Forma de análise dos resultados

Os dados de estabilidade de cor (ΔE), dureza Martens (MPa) e módulo de elasticidade (GPa) foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância. Como para todas as variáveis respostas os dados apresentaram distribuição normal, testes paramétricos foram utilizados no software StatView 5.0.1. Os dados de estabilidade de cor (ΔE) foram submetidos à ANOVA dois fatores, considerando como fatores de estudo o cimento resinoso (2 níveis) e o fotopolimerizador utilizado (2 níveis). Os dados de dureza Martens (MPa) e módulo de elasticidade (GPa) foram submetidos à ANOVA três fatores para medidas repetidas, considerando como fatores de estudo o cimento resinoso (2 níveis), o fotopolimerizador utilizado (2 níveis) e o tempo de análise (2 níveis). Pós teste de Tukey foi utilizado para comparação entre as médias ($\alpha=0.05$).

Resultados

Estabilidade de cor

A Tabela 1 mostra os resultados da ANOVA dois fatores para a estabilidade de cor (ΔE). Ressalta-se que, para nenhum dos fatores estudados, nem para a interação entre eles, a diferença entre as médias apresentou diferença estatisticamente significativa. A Tabela 2 demonstra as médias e desvio padrão dos grupos.

Dureza Martens

A Tabela 3 mostra os resultados da ANOVA três fatores para medidas repetidas da dureza Martens (MPa). Os valores médios e desvio padrão da dureza Martens inicial se encontram na Tabela 4, enquanto que os valores finais se encontram na Tabela 5.

Pelos dados encontrados, pode-se observar que na análise da dureza Martens inicial (Tabela 4), para ambos os fotopolimerizadores utilizados, o cimento Variolink II apresentou maiores médias, com diferença estatisticamente significativa para o cimento RelyxVeneer ($p < 0,05$). Para o cimento resinoso Variolink II, a fotopolimerização utilizando o Valo apresentou maiores valores de dureza Martens em comparação à fotopolimerização com o Rádi-cal ($p = 0,016$). Não houve diferença estatisticamente significativa na comparação entre os fotopolimerizadores para o cimento RelyxVeneer ($p = 0,699$).

Na análise da dureza Martens final (Tabela 5), o cimento Variolink apresentou maiores médias em comparação ao cimento RelyxVenner apenas quando fotopolimerizado com o aparelho Rádi-cal ($p = 0,006$). Para ambos os cimentos resinosos, o fotopolimerizador Valo promoveu maiores valores de dureza Martens em comparação ao fotopolimerizador Rádi-cal ($p < 0,001$).

Na comparação entre os valores de dureza Martens inicial e final, pode-se observar que quando os materiais foram fotopolimerizados com Rádi-Cal, houve diminuição estatisticamente significativa nos valores finais, em comparação aos valores iniciais de leitura

($p < 0,001$). Já quando os materiais foram fotopolimerizados com o aparelho Valo, os valores de dureza Martens finais foram estatisticamente superiores aos valores iniciais ($p < 0,003$).

Módulo de elasticidade

A Tabela 6 ilustra os resultados da ANOVA três fatores para medidas repetidas do módulo de elasticidade (GPa). Os valores médios e desvio padrão do módulo de elasticidade inicial se encontram na Tabela 7, enquanto que os valores finais encontram-se na Tabela 8.

Pelos dados encontrados, pode-se observar que na análise do módulo de elasticidade inicial (Tabela 7), para ambos os fotopolimerizadores utilizados, o cimento Variolink II apresentou maiores médias, com diferença estatisticamente significativa para o cimento RelyxVeneer ($p < 0,0001$). Para o cimento resinoso Variolink II, a fotopolimerização utilizando o Valo apresentou maiores valores de módulo de elasticidade em comparação à fotopolimerização com o Rádi-cal ($p = 0,013$). Não houve diferença estatisticamente significativa na comparação entre os fotopolimerizadores para o cimento RelyxVeneer ($p = 0,075$).

Na análise do módulo de elasticidade final (Tabela 8), não houve diferença estatisticamente significativa entre os materiais, independente do fotopolimerizador utilizado ($p > 0,05$). Para o cimento resinoso RelyxVeneer, a fotopolimerização com o aparelho Valo promoveu maiores valores de módulo de elasticidade em comparação ao fotopolimerizador Rádi-cal ($p < 0,001$). Para o cimento Variolink II, não houve diferença estatisticamente significativa entre os fotopolimerizadores avaliados ($p = 0,075$).

Na comparação entre os valores de módulo de elasticidade inicial e final, pode-se observar que quando os materiais foram fotopolimerizados com Rádi-cal, houve diminuição estatisticamente significativa nos valores finais, em comparação aos valores iniciais de leitura

($p < 0,001$). Quando o material Variolink II foi fotopolimerizado com o aparelho Valo, o valor de módulo de elasticidade final foi estatisticamente inferior aos valores iniciais ($p = 0,008$). Para o material RelyxVeneer fotopolimerizado com o aparelho Valo, não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores iniciais e finais ($p = 0,1338$).

Discussão

Clinicamente, uma polimerização inadequada pode promover a degradação precoce de agentes cimentantes, comprometendo assim o sucesso do tratamento restaurador. Quando um cimento resinoso não é polimerizado efetivamente suas propriedades mecânicas e, conseqüentemente a durabilidade da restauração pode ser comprometida²⁸.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de unidades fotoativadoras *singlewave* e *polywave*, assim como a estabilidade de cor de dois tipos de cimentos resinosos submetidos ao envelhecimento de luz UV, bem como a avaliação das propriedades mecânicas de ultramicrodureza e módulo de elasticidade destes cimentos²⁹. O trabalho visou simular condições clínicas das quais diversas variáveis podem influenciar sobre o comportamento dos cimentos resinosos, como tipo de material indireto, unidade fotoativadora, cor e espessura de restaurações indiretas^{29,30,31}.

Baseado nos resultados encontrados na análise de estabilidade cromática ressalta-se que, para nenhum dos fatores estudados, nem para a interação entre eles, houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos (Tabela 2), aceitando-se assim a primeira hipótese nula do estudo. Apesar das unidades fotoativadoras apresentarem distintos intervalos de emissões de espectro (*singlewave* 430-480 nm, *polywave* 385-515 nm) todos os grupos estudados apresentaram semelhança nos valores de estabilidade de cor, independente do fotopolimerizador utilizado, podendo especular assim, que os fotoiniciadores contidos nos materiais cimentantes utilizados encontravam-se dentro dos intervalos de comprimento de onda das unidades ativadoras empregadas neste estudo, justificando, portanto, o efeito não significativo da utilização de diferentes unidades fotoativadoras (Tabelas 1 e 2). A variação de cor observada a olho humano foi mínima, podendo-se considerar que todos os cimentos estudados são aceitáveis quando empregados para cimentação de cerâmicas de até 0,6 mm, uma vez que a metodologia do envelhecimento artificial por total de 252 horas do envelhecimento e

168 horas de irradiação UVB consecutivas foi testada e demonstrou poder para efetivo envelhecimento, equivalente a um ano em boca³².

De uma maneira geral, na comparação entre os valores de dureza Martens inicial e final, os resultados obtidos mostraram que os cimentos fotopolimerizados com Rádi-Cal tiveram um desempenho inferior àqueles obtidos com a utilização do Valo, rejeitando-se assim, a segunda hipótese nula do estudo. Sugere-se que o fotopolimerizador *polywave*, comparado ao *singlewave*, possa ter contribuído por uma maior conversão dos monômeros em polímeros, presentes na composição dos cimentos resinosos³³. É importante ressaltar que o teste de ultramicrodureza permite avaliar indiretamente a qualidade da conversão de monômeros em polímeros, assim quanto maior o valor de dureza mais satisfatório é o comportamento mecânico do material restaurador³⁴.

Em relação ao cimento resinoso dual Variolink II apresentou maiores valores de dureza se comparado ao cimento resinoso fotoativável RelyX Veneer, tanto em análises iniciais, quanto finais (Tabelas 4 e 5), rejeitando-se, assim, a segunda hipótese nula do estudo. Este fato poderia ser explicado pelo efeito da fotoativação, a qual, combinada com a polimerização química dos cimentos duais, poderia reduzir a quantidade de ligações duplas remanescentes, melhorando o grau de polimerização do material e conseqüentemente, aumentando a dureza do cimento resinoso³⁵. Um cimento resinoso dual, tal como o Variolink II, deveria ser capaz de alcançar valores similares de dureza tanto pelo modo dual como por meio da autopolimerização em áreas em que a luz não alcança, enquanto demais formas de polimerização podem ser menos efetivas, não sendo suficientes para promover a máxima dureza e resistência ao material cimentante³⁶. Cimentos de dupla ativação são indicados para a cimentação adesiva de *inlays*, *onlays* e coroas de cerâmica e devem compensar o efeito atenuador da luz da fonte fotoativadora pelo material restaurador, sendo essa compensação possibilitada pela ativação química que do material, que ocorre mesmo em regiões mais profundas, em que a luz não alcança³⁷.

A presença e incorporação de água na composição do material restaurador estão diretamente relacionadas com o grau de solubilidade do mesmo, apresentando um significativo impacto sobre o comportamento clínico dos materiais cimentantes, uma vez que o envelhecimento artificial acelerado sob exposição à água poderia resultar em alterações de estrutura e dureza, promovendo rachaduras, fissuras e degradação hidrolítica dos componentes químicos da matriz resinosa³⁸. O cimento resinoso RelyxVeneer apresenta TEGDMA em sua composição, o que pode ter contribuído para a sua dissolução e conseqüentemente, seus menores resultados de dureza se comparado ao cimento Variolink II, uma vez que materiais a base deste componente liberam maiores quantidades de monômero em meio aquoso³⁹. O fato do cimento RelyxVeneer, que possui em sua formulação o fotoiniciador Hexafluorofosfatodifeniliodonio (DPIH), exibir menores valores de dureza, poderia também ser atribuído a diferenças na cinética e taxa de polimerização, no grau de conversão e na temperatura de transição vítrea⁴⁰.

O módulo de elasticidade representa a rigidez do material, é um padrão que corresponde à capacidade que o material tem de resistir à aplicação de uma força constante enquanto essa deformação é elástica e que correlaciona tensão-deformação. Como o módulo de elasticidade representa a relação de tensões elásticas em função das deformações plásticas, ele segue o princípio de quanto maior for o módulo de elasticidade, menor será a deformação para um determinado valor de tensão⁴¹. O módulo de elasticidade também pode estar relacionado à efetividade da resistência adesiva dos cimentos resinosos⁴². Sendo assim, especula-se o cimento RelyxVeneer tenha apresentado menores valores iniciais se comparado ao Variolink II devido à uma maior proporção na concentração de solvente/ monômero que pode conter em sua composição, impedindo que os monômeros entrassem em contato para formar polímeros de alta ligação, uma vez que o material contendo mais solvente, apresenta menor viscosidade e conseqüente menor valor de módulo de elasticidade⁴³.

A técnica de ultra-microindentação traz algumas vantagens em relação aos testes convencionais de microdureza, sendo uma delas a possibilidade de se analisar áreas delgadas devido à maior precisão da indentação, conseguindo mensurar mais profundamente os materiais⁴⁴. Para este teste as profundidades das indentações são monitoradas durante o carregamento e descarregamento da força, sendo assim a dureza calculada automaticamente, não sendo necessária a visualização das áreas de impressões das indentações como ocorre nas técnicas convencionais^{45,46}. Dessa forma, erros devido à mensuração imprecisa podem ser evitados, justificando, portanto, a utilização deste equipamento para estudo. O processo de envelhecimento artificial acelerado, por sua vez, permite por meio da imersão das amostras a irradiações UV, ensaiar a estabilidade cromática de materiais dentários, tais como agentes cimentantes, uma vez que permite simular condições normais do meio bucal como o efeito atmosférico, luz solar, temperatura e umidade⁴⁷. Esse método é muito utilizado em pesquisas devido às mudanças físicas, tais como alteração de cor e de dureza, dos materiais odontológicos em condições orais⁴⁸.

Algumas limitações do estudo estão no fato de que a ultra-microindentação de cimentos resinosos utilizando cargas muito baixas está sujeita a variabilidade adicional devido às diferenças de tamanho das partículas de carga, e à localização do penetrador dentro da matriz do cimento. Outros estudos são necessários para comprovar o efeito destas diferentes gerações de fotopolimerizadores sobre materiais contendo novos fotoiniciadores e sua interferência em processos adesivos restauradores.

Conclusão

É possível concluir que a utilização do LED *polywave* promoveu maiores valores na dureza de ambos os cimentos resinosos, antes e após o envelhecimento artificial acelerado. Entretanto, para análise de alteração de cor, o tipo de fotopolimerizador não apresentou influência sobre os resultados. De acordo com os testes realizados, o cimento Variolink II apresentou melhores propriedades mecânicas se comparado ao Relyx Veneer.

REFERÊNCIAS

- 1- Calgaro PA, Furuse AY, Correr GM, Organhi BP, Gonzaga CC. Influence of the interposition of ceramic spacers on the degree of conversion and the hardness of resin cements. *Braz Oral Res.* 2013; 27:403-409.
- 2- Queiroz JR, Botelho MA, Sousa SA, Martinelli AE, Özcan M. Evaluation of spatial and functional roughness parameters on air-abraded zirconia as a function of particle type and deposition pressure. *J AdhesDent* 2015;17:77-80.
- 3- Kumari RV, Poluri RK, Nagaraj H, Siddaraju K. Comparative evaluation of bond strength of dual- cured resin cements: an in-vitro study. *J Int Oral Health* 2015; 7:43-47.
- 4- Bacchi A, Consani RL, Martim GC, Pfeifer CS. Thio-urethane oligomers improve the properties of light-cured resin cements. *Dent Mater* 2015; 31: 565-574.
- 5- Pavan S, dos Santos PH, Berger S, Bedran-Russo AK. The effect of dentin pretreatment on the microtensile bond strength of self-adhesive resin cements. *J Prosthet Dent* 2010; 104:258-264.
- 6- Elsaka SE. Bond strength of novel CAD/CAM restorative materials to self-adhesive resin cement: the effect of surface treatments. *J Adhes Dent* 2014;16:531-40.
- 7- D'Arcangelo C, Zarow M, Angelis F, Vadini M, Paolantonio M, Giannini M, et al. Five-year retrospective clinical study of indirect composite restorations luted with a light-cured composite in posterior teeth. *Clin Oral Investig* 2014; 18 : 615-624.
- 8- De Carvalho RF, Martins ME, de Queiroz JRC, Leite FP, Ozcan M. Influence of silane heat treatment on bond strength of resin cement to a feldspathic ceramic. *DentMater* 2011;30:392-7.

- 9- Aguiar TR, Di Francescantonio M, Arrais CA, Ambrosano GM, Davanzo C, Giannini M. Influence of curing mode and time on degree of conversion of one conventional and two self-adhesive resin cements. *Oper Dent*.2010; 35: 295-299.
- 10- Good ML, Mitchell CA, Pintado MR, Douglas WH. Qualification of all-ceramic crown margin surface profile from try-in to 1-week post-cementation. *J Dent* 2009; 37:65-75.
- 11- Acquaviva PA, Cerutti F, Adami G, Gagliani M, Ferrari M, Gherlone E, et al. Degree of conversion of three composite materials employed in the adhesive cementation of indirect restorations: a micro-Raman analysis. *J Dent*. 2009; 37 : 610-615.
- 12- De Souza G, Braga RR, Cesar PF, Lopes GC. Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: a literature review. *J Appl Oral Sci* 2015; 23:358-368.
- 13- Rasetto FH, Driscoll CF, Prestipino V, Masri R, von Fraunhofer JA. Light transmission through all-ceramic dental materials: a pilot study. *J Prosthet Dent* 2004; 91:441-446.
- 14- Tango RN, Sinhoreti MA, Correr AB, Correr-Sobrinho L, Henriques GE. Effect of light-curing method and cement activation mode on resin cement Knoop hardness. *J Prosthodont* 2007; 16:480-484.
- 15- Ikemura K, Endo T. A review of the development of radical photopolymerization initiators used for designing light curing dental adhesives and resin composites. *Den Mater J* 2010; 29:481–501.
- 16- Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent*, 2005; 33: 389–398.

- 17- Porto IC, Soares LE, Martin AA, Cavalli V, Liporoni PC. Influence of the photoinitiator system and light photoactivation units on the degree of conversion of dental composites. *Braz Oral Res* 2010; 24:475-481.
- 18- Ilie N, Hickel R. Can CQ be completely replaced by alternative initiators in dental adhesives. *Dent Mater J* 2008; 27:221-228.
- 19- Behnaz E, Hengameh S, Assila V. Hardness evaluation of composite resins cured with QTH and LED. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2014; 8(1): 40–44.
- 20- Yazici AR, Kugel G, Gul G. The Knoop hardness of a composite resin polymerized with different curing lights and different modes. *J Contemp Dent Pract* 2007; 8:52-59.
- 21- AuyaYazici A, Celik C, Dayangac B, Ozgunalty G. Effects of different light curing units/modes on the microleakage of flowable composite resins. *Eur J Dent* 2008; 2:240-246.
- 22- Lucey SM, Santini A, Roebuck EM. Degree of conversion of resin-based materials cured with dual-peak or single-peak LED light-curing units. *Int J Paediatr Dent*. 2014; 24:77-83.
- 23- Santini, Ario, Miletic V, Swift MD. Degree of conversion and microhardness of TPO-containing resin-based composites cured by polywave and monowave LED units. *J Dent*. 2012; 40: 577-584.
- 24- Flury S, Lussi A, Hickel R, Ilie N. Light curing through glass ceramics: effect of curing mode on micromechanical properties of dual-curing resin cements. *Clin Oral Investig* 2014; 18:809-18.
- 25- Behnaz E, Hengameh S, Assila V. Hardness evaluation of composite resins cured with QTH and LED. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2014; 8(1): 40–44.

- 26- Arrais CA, Kasaz Ade C, Albino LG, Rodrigues JA, Reis AF. Effect of curing mode on the hardness os dual-curing composite resin core build-up materials. *BrazOral Res.* 2010 Apr-Jun;24(2):245-9.
- 27- Asmussen E. Restorative resins: hardness and strength vs. quantity of remaining double bonds. *Scand J Dent Res.* 1982 Dec;90(6):484-9.
- 28- Caughman WF, Chan DC, Rueggeberg FA. Curing potential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical situations. *J Prosthet Dent.* 2001 Jul;86(1):101-6.
- 29- Hilgert LA, Graff VA, Garbin CA, Da Silva SBA. Influência da fonte de luz e do material restaurador sobre a dureza de um cimento resinoso dual cure. *Rev. Fac. Odontol. Porto Alegre.* 2004 Dez;45(2):31-34.
- 30- Sun GJ, Chae KH. Properties of 2,3-butanedione and 1-phenyl-1,2ropanedione as new photosensitizers for visible light cured dental resin composites. *Polymer* 41: 6205-6212, 2000.
- 33- Brandt, W. C.; Scheneider, L. F. J.; Frollini, E.; Correr-Sobrinho, L.; Sinhoreti, M. A. C. Effect of different photo-initiators and light curing units on degree of conversion of composites. *Brazilian Oral Research.* v. 24, n.3, p. 263- 270, jul/set. 2010.
- 34- Nobrega AS, Andreotti AM, Moreno A, Sinhoreti MAC, Dos Santos DM, Goiato MC. Influence of adding nanoparticles on the hardness, tear strength, and permanent deformation of facial silicone subjected to accelerated aging. *J ProsthetDent* 116:626-629, 2016.
- 35- Koishi Y, Tanoue N, Atsuta M, Matsumura H. Influência da exposição à luz visível na estabilidade de cor dos compósitos de cimentação curáveis atuais. *J Reabilitação oral.* 2002; 29: 387-93.

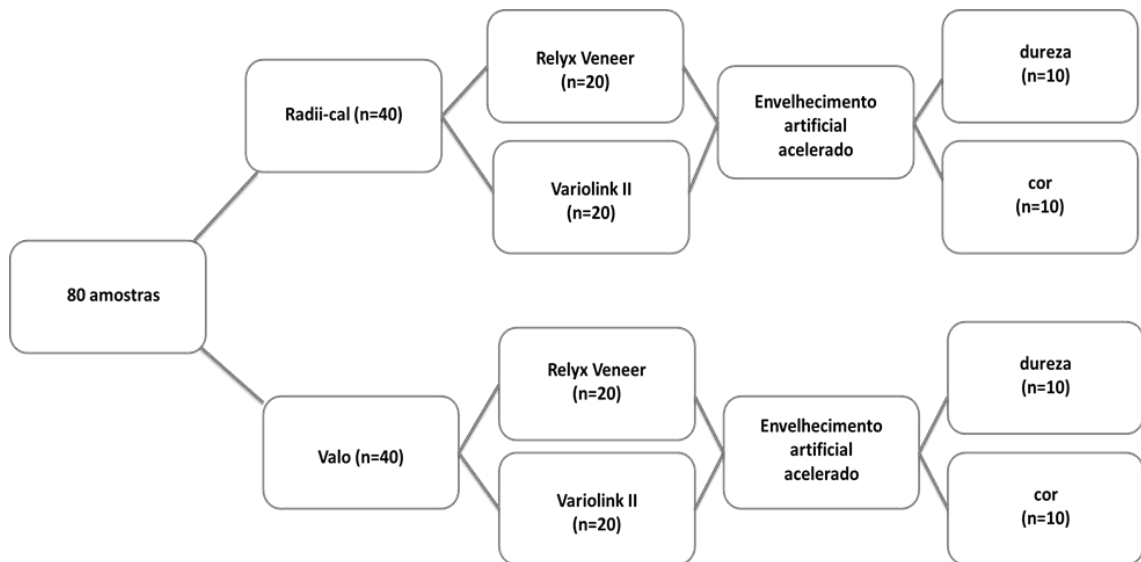
- 36- Moosavi H, Hariri I, Sadr A, Thitthaweerat S, Tagami J. Effects of curing mode and moisture on nanoindentation mechanical properties and bonding of a self-adhesive resin cement to pulp chamber floor. *Dent Mater.* 2013 Jun;29(6):708-17.
- 37- Dos Santos PH, Karol S, Bedran-Russo AKB. Long-term nano-mechanical properties of biomodified dentin-resin interface components. *J Biomech* 44: 1691-1694, 2011.
- 38-Grégoire G, Joniot S, Guignes P, Millas A. Dentin permeability: self etching and one-bottle dentin bonding systems. *J ProsthetDent* 90: 42- 49, 2003.
- 39- Salameh Z, Tehini G, Ziadeh N, Ragab HA, Berberi A, Aboushelib MN. Influência da cor cerâmica e translucidez na combinação de tons de folheados de porcelana CAD / CAM. *Int J Esthet Dent.* 2014; 9: 90-7.
- 40-Turgut S, Bagis B, Turkaslan SS, Bagis YH. Efeito do envelhecimento ultravioleta na translucidez de folheados de cerâmica cimentados com resina: estudo in vitro. *J Prosthodont.* 2014; 23: 39-44.
- 41-Koishi Y, Tanoue N, Atsuta M, Matsumura H. Influência da exposição à luz visível na estabilidade de cor dos compósitos de cimentação curáveis atuais. *J Reabilitação oral.* 2002; 29: 387-93.
- 42-Berber A, Cakir FY, Baseren M, Gurgan S. Efeito de diferentes sistemas de polimento e bebidas na estabilidade de cor de resina composta. *J Contemp Dent Pract.* 2013; 14: 662-7.
- 43-Furuse AY, Gordon K, Rodrigues FP, Silikas N, Watts DC. Estabilidade de cor e retenção de brilho de compósitos de silorano e dimetacrilato com envelhecimento acelerado. *J Dent.* 2008; 36: 945-52.
- 44- Reddy PS, Tejaswi KL, Shetty S, Annapoorna BM, Pujari SC, Thippeswamy HM. Efeitos das bebidas comumente consumidas na rugosidade da superfície e na estabilidade da cor das resinas compostas nano, microbéricas e híbridas: um estudo in vitro. *J ContempDentPract.* 2013; 14: 718-23.
- 45- Turgut S. Bagis B. Estabilidade da cor dos folheados laminados: um estudo in vitro. *J Dent.* 2011; 39 Suppl. 3: e57-64.

46-Lima AF, Formaggio SEF, Zambelli LFA, et al. Effects of radiant exposure and wavelength spectrum of light-curing units on chemical and physical properties of resin cements. *Restorative Dentistry & Endodontics*. 2016;41(4):271-277.

47- Bengston C. Estudo in vitro da influência da dureza do módulo de elasticidade de sistemas adesivos na resistência de união à dentina humana. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2011.

48-El- Safty S, Akhtar R, Silikas N, Watts DC. Nanomechanical properties of dental resin-composites. *Dent Mater*. 2012 Dec; 28(12):1292-300.

Fluxograma 1. Divisão dos grupos



TABELAS

Tabela 1. Análise de variância para estabilidade de cor (ΔE)

ANOVA Table for Delta E

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Cimento resinoso	1	5.127	5.127	1.567	.2187	1.567	.217
Fotopolimerizador	1	.306	.306	.094	.7614	.094	.060
Cimento resinoso * Fotopolimerizador	1	.172	.172	.052	.8201	.052	.056
Residual	36	117.775	3.272				

Tabela 2. Médias \pm desvio padrão da estabilidade de cor (ΔE) para todos os grupos experimentais.

Grupos	RelyXVeneer	Variolink II
Radii-cal	10,02 \pm 1,66 A a	10,61 \pm 2,32 A a
Valo	9,72 \pm 1,68 A a	10,56 \pm 1,45 A a

Letras maiúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significante entre as colunas, e letras minúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significante entre as linhas ($p < 0,05$).

Tabela 3. Análise de variância para dureza Martens (MPa)

ANOVA Table for Dureza

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Cimento resinoso	1	739.024	739.024	27.079	<.0001	27.079	1.000
Fotopolimerizador	1	9345.245	9345.245	342.424	<.0001	342.424	1.000
Cimento resinoso * Fotopolimerizador	1	5.015	5.015	.184	.6707	.184	.070
Subject(Group)	36	982.492	27.291				
Category for Dureza	1	4.690	4.690	.170	.6823	.170	.068
Category for Dureza * Cimento resinoso	1	13.260	13.260	.481	.4922	.481	.101
Category for Dureza * Fotopolimerizador	1	7883.031	7883.031	286.225	<.0001	286.225	1.000
Category for Dureza * Cimento resinoso ...	1	3.668	3.668	.133	.7173	.133	.064
Category for Dureza * Subject(Group)	36	991.488	27.541				

-- - - - -

Tabela 4. Médias e desvio padrão de dureza Martens inicial (HMV) em MPa.

Grupos	RelyXVeneer	Variolink II
Radii-cal	34,56 ± 5,88 B a	40,53 ± 2,45 A b
Valo	35,40 ± 3,27 B a	43,22 ± 2,07 A a

Letras maiúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significante entre as colunas, e letras minúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significante entre as linhas ($p < 0,05$).

Tabela 5. Médias e desvio padrão de dureza Martens final (HMV) em MPa.

Grupos	RelyXVeneer	Variolink II
Radii-cal	15,58 ± 3,16 B b	20,77 ± 4,35 A b
Valo	56,98 ± 7,67 A a	62,32 ± 8,72 A a

Letras maiúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significante entre as colunas, e letras minúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significante entre as linhas ($p < 0,05$).

Tabela 6. Análise de variância para módulo de elasticidade (GPa)

ANOVA Table for Módulo

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Cimento resinoso	1	6.050	6.050	4.608	.0386	4.608	.542
Fotopolimerizador	1	56.314	56.314	42.887	<.0001	42.887	1.000
Cimento resinoso * Fotopolimerizador	1	5.629	5.629	4.287	.0456	4.287	.511
Subject(Group)	36	47.271	1.313				
Category for Módulo	1	108.998	108.998	74.655	<.0001	74.655	1.000
Category for Módulo * Cimento resinoso	1	24.244	24.244	16.605	.0002	16.605	.987
Category for Módulo * Fotopolimerizador	1	27.145	27.145	18.592	.0001	18.592	.994
Category for Módulo * Cimento resinoso ...	1	5.460	5.460	3.740	.0610	3.740	.455
Category for Módulo * Subject(Group)	36	52.561	1.460				

Tabela 7. Médias e desvio padrão de módulo de elasticidade inicial (GPa).

Grupos	RelyXVeneer	Variolink II
Radii-cal	6,34 ± 0,85 B a	7,99 ± 0,51 A b
Valo	6,86 ± 0,17 B a	8,50 ± 0,28 A a

Letras maiúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significante entre as colunas, e letras minúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significante entre as linhas ($p < 0,05$).

Tabela 8. Médias e desvio padrão de módulo de elasticidade final em (GPa).

Grupos	RelyXVeneer	Variolink II
Radii-cal	3,42 ± 0,57 A b	3,92 ± 1,53 A a
Valo	7,31 ± 0,84 A a	5,71 ± 2,57 A a

Letras maiúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significante entre as colunas, e letras minúsculas distintas indicam diferença estatisticamente significante entre as linhas ($p < 0,05$).