

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA – DOUTORADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: DENTÍSTICA RESTAURADORA

MAYRA ALEJANDRA NUÑEZ ALDAZ

**FOTOPOLIMERIZAR OU NÃO O ADESIVO NA CIMENTAÇÃO DE
RESTAURAÇÕES INDIRETAS**

PONTA GROSSA
2024

MAYRA ALEJANDRA NUÑEZ ALDAZ

**FOTOPOLIMERIZAR OU NÃO O ADESIVO NA CIMENTAÇÃO DE
RESTAURAÇÕES INDIRETAS**

Tese apresentada para obtenção do título Doutor em Odontologia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, no Curso de Doutorado em Odontologia - Área de Concentração: Dentística Restauradora. Linha de pesquisa: Propriedades Físico- Químicas e Biológicas dos Materiais Odontológicos.

Orientador: Prof. Alessandro Loguercio.

Coorientador: Prof. Felipe Gutiérrez.

PONTA GROSSA

2024

N972 Nuñez Aldaz, Mayra Alejandra

Fotopolimerizar ou não o adesivo na cimentação de restaurações indiretas / Mayra Alejandra Nuñez Aldaz. Ponta Grossa, 2024.

61 f.

Tese (Doutorado em Odontologia - Área de Concentração: Dentística Restauradora), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Dourado Loguercio. Coorientador: Prof. Dr. Felipe Gutierrez.

1. Adesivos dentinários. 2. Facetas dentárias. 3. Fotopolimerização. I. Loguercio, Alessandro Dourado. II. Gutierrez, Felipe. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Dentística Restauradora. IV.T.

CDD: 617.6

MAYRA ALEJANDRA NUÑEZ ALDAZ

Fotopolimerizar ou Não o Adesivo na Cimentação de Restaurações Indiretas.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós graduação Stricto Sensu em Odontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, como requisitos parcial à obtenção do título de Doutor em Odontologia, área de concentração em Dentística Restauradora, linha de pesquisa de Propriedades Físico Químicas e Biológicas dos Materiais.

Ponta Grossa, 26 de março de 2024

Documento assinado digitalmente
 **ALESSANDRO DOURADO LOGUERCIO**
Data: 16/12/2024 11:39:40-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Alessandro Loguercio
UEPG

Documento assinado digitalmente
 **PAULO HENRIQUE DOS SANTOS**
Data: 11/12/2024 20:18:45-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Paulo Henrique do Santos
Dental Research Institute,
Restorative Dentistry University of Toronto

Documento assinado digitalmente
 **CARLOS JOSE SOARES**
Data: 16/12/2024 09:55:57-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Carlos Jose Soares
Universidade Federal de Uberlândia



Profa. Dra. Viviane Hass
School of Dentistry
University of Missouri-Kansas City



Prof. Dr. Andrés Millan
UFMA

Dedico aos meus pais Luis e Otilia, e aos meus irmãos Bryan e José.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me mostrar o caminho, por colocar gente tão maravilhosa na minha vida. Ao meu orientador Prof. Alessandro Loguercio, por me aceitar como sua orientada durante o doutorado, pela compressão e o carinho ao longo desta etapa, pela confiança depositada em mim e por acreditar em mim durante cada projeto, agradeço pela sua presença na minha vida, aprendi de você a cada oportunidade, não só da vida acadêmica, se não também da vida mesma, muito obrigada. Obrigada professora Alessandra Reis, pelos seus ensinamentos e por ser exemplo para a vida de muitas mulheres.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, e ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Odontologia,- PPGO, na persona do seu coordenador Prof., Cesar Arrais, muito obrigada pelo seu ótimo trabalho e por cada ajuda no caos do laboratório. A todos os professores do Programa de pós-graduação em Odontologia da UEPG que transmitiram seus conhecimentos durante o curso. Os colegas da turma do mestrado 2018, e doutorado da pandemia 2020, especialmente Elisama e Karine; vou levar vocês no meu coração, não vou esquecer nunca as reuniões na sala dos armários para falar de tudo que está dando errado nas pesquisas, bebendo um café, e pensando: amanhã sai, por que no final das contas, tudo dá certo.

Aos funcionários do Programa de pós-graduação em Odontologia da UEPG, muito obrigado de verdade.

Ao grupo de pesquisa Bleaching&Bond, muito obrigada pela colaboração nos laboratórios, nas clínicas, agradeço pela sua excelente organização, especialmente na divisão do Bonding, meus amigos Romina, Michel, Gabriel, pelas horas compartilhadas dentro e fora do laboratório, vocês são a luz nos dias escuros, as danças nos dias tristes, a cerveja nos dias de alegria e nas tristezas também, muito obrigada por se tornarem minha família e estar sempre dispostos em ajudar. A Taynara e Murilo, o casal mais fofo de PG, amo vocês, muito obrigada por tudo, sei que na Espanha vocês vão brilhar. Um muito obrigado para a Anna M. você é uma pessoa singular, o Gabriel tem muita sorte de compartilhar a vida com você. Com vocês aprendi sobre a cultura Brasileira, mesmo que não entenda coisas como o copo americano, o pão francês e a pizza de estrogonofe.

Aos meus conterrâneos mais especificamente o Byron, que chegaram com

dúvidas que exigiam estar preparada para qualquer pergunta, sei o difícil que é estar longe de casa, mais saibam que tudo é possível, o importante é ter disciplina e dedicação, coragem e determinação, acreditem no seu potencial, celebrem cada conquista o sucesso só depende de vocês.

Minha amiga desde o mestrado e durante o doutorado, minha dupla na especialização, minha colega de caminhadas para desabafar, muito obrigada por tudo Lourdes, você vai ser uma grande professora, sem dúvida alguma.

Um pouco mais longe, porém não menos importante, meus amigos de fora, Luján, Luisa, Felipe, Andrés, sempre vão ser minha inspiração, saibam que desde que eu conheci vocês, fui me tornando em uma mini versão de vocês, peguei todas as suas características e incorporei isso na minha vida, e só por isso eu já ganhei muito.

Aos meus amigos do C-labmu Silvio, Virginia e Vanessa, muito obrigada pelas conversas e pelo seu excelente trabalho, foram horas e horas no Raman, mas vocês fizeram esse tempo muito mais agradável, com vocês aprendi muito e não só de pesquisa mas também da vida, da cultura e da história dos brasileiros, muito obrigada. A Professora Anita Armas, obrigada por confiar em mim para realizar um projeto de fito-química, isso fez me apaixonar pela pesquisa, e com isso colocar objetivos na minha vida que achava impossíveis, agora sei que são difíceis, que tem um custo enorme, mas que não são impossíveis e que têm grandes recompensas.

À Universidade San Francisco de Quito, Faculdade de Odontologia, na pessoa da Decana Professora Paulina Aliaga, e ao Professor Andrés Dávila, pela sua confiança depositada em mim para realizar os testes na parceria das Universidades UEPG- USFQ.

E nem falar de quanto estou agradecida com a minha família, talvez eu tenha sido um pouco egoísta ao sair de casa a milhares de quilômetros de distância, ao perder cada momento de alegria, de tristeza, de doença, cada aniversário durante esses seis anos, mas acredite em mim quando digo que isso também foi por vocês, amo vocês com toda a minha vida e isto é apenas o começo.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de fotopolimerizar ou não fotopolimerizar o adesivo, o efeito dos fotopolimerizadores Monowave e Poliwave, e avaliar o efeito do comprimento de onda de um fotopolimerizador Poliwave na cimentação de laminados cerâmicos. Foram utilizados trezentos e vinte e dois dentes bovinos hígidos, distribuídos em três projetos de cimentação de laminados cerâmicos com cimentos resinosos fotoativados. Os espécimes foram distribuídos aleatoriamente de acordo com os Projetos, 1) adesivo fotopolimerizado: Ambar universal, ABU (FGM); Tetric N Bond universal, TBU (Ivoclar, Vivadent); Scotchbond universal Plus, SBUP (3M ESPE) e adesivos não fotopolimerizados. 2) aparelhos de fotopolimerização: a) Bluephase N, (Ivoclar Vivadent) b) Raddi Cal (SDI). 3) Comprimento de onda de um aparelho de fotopolimerização Poliwave. Os cimentos utilizados foram os correspondentes a cada casa comercial, fotopolimerizáveis e para cimentação de laminados cerâmicos, a cerâmica foi a Vita Mark II (VITA Zahnfabrik). Após a cimentação dos laminados cerâmicos segundo as instruções dos fabricantes os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C, por 24h os espécimes foram seccionados longitudinalmente para obter espécimes (palitos) de cerâmica - esmalte (0,8 mm²). Para resistência de união (RU), os espécimes foram testados em tensão a 0,5 mm/min no tempo imediato (IM) e após termociclagem de 10.000 ciclos (TC), n=8; para a determinação do Grau de conversão *in situ* (GC) os espécimes foram analisados por meio de espectroscopia de micro-Raman utilizando o laser vermelho (638,8 nm) para o mapeamento (M) o laser 785 nm. Para o análise da microscopia confocal (CF) (n=3) foi adicionado rodamina no adesivo e imersos em fluoresceína, os dentes foram preparados com os mesmos procedimentos que foram usados para a RU. Para avaliar o passo de luz através de laminados cerâmicos foi utilizada a espectroscopia de esfera integradora. Os dados foram analisados por cada projeto. Os resultados foram submetidos à análise estatística com nível de significância de 5%. O projeto 1 mostrou diferenças estatísticas na resistência de união (RU) entre os adesivos ABU, TBU e SBUP, mas não entre as estratégias de fotopolimerização. Houve variações no grau de conversão dos adesivos e mudanças nos grupos funcionais observados no mapeamento. No projeto 2, na RU entre os fotopolimerizadores Poliwave e Monowave, observou-se diferenças estatísticas imediatamente no adesivo ABU. No grupo GC, para o ABU, houve diferença estatística ($p < 0,05$). Não houve diferenças

para o SBUP na RU nem no GC.

No espectrofotômetro, diferenças foram observadas na porcentagem de cada comprimento de onda para cada aparelho utilizado. Em relação à irradiância transmitida, valores médios foram calculados para faixas de comprimento de onda violeta, azul e total. No Bluephase, a irradiância variou de 54,34 a 1180,01 mW/cm², enquanto no Raddi, variou de 7 a 918,66 mW/cm². O projeto 3 não encontrou diferenças na RU entre os comprimentos de onda do fotopolimerizador Poliwave. Concluímos que fotopolimerizar ou não o adesivo na cimentação de laminados cerâmicos não demonstrou impacto nas propriedades adesivas dessas restaurações. A escolha entre os fotopolimerizadores Poliwave e Monowave pode influenciar na eficácia da cimentação de laminados cerâmicos, dependendo dos materiais utilizados. Os comprimentos de onda (460nm - 410nm) do aparelho Poliwave não influenciaram na cimentação de laminados cerâmicos no esmalte.

Palavras Chave: Adesivos Dentinários, Facetas Dentárias, Fotopolimerização de Adesivos Dentários.

ABSTRACT

Objectives: This study aimed to evaluate the effect of adhesive photopolymerization, the impact of Monowave and Poliwave photopolymerization devices, and assess the effect of Poliwave photopolymerization device's wavelength on ceramic laminate cementation. **Materials and Methods:** Three hundred and twenty-two sound bovine teeth were used, distributed across three ceramic laminate cementation protocols with photoactivated resin cements. Specimens were randomly allocated according to the protocols: 1) photopolymerized adhesive: Ambar universal (FGM); Tetric N Bond universal (Ivoclar Vivadent); Scotchbond universal Plus (3M ESPE), and non-photopolymerized adhesives. 2) photopolymerization devices: a) Bluephase N (Ivoclar Vivadent), b) Raddi Cal (SDI). 3) Wavelength of a Poliwave photopolymerization device. Corresponding commercial cements were used, photopolymerizable and for ceramic laminate cementation, with Vita Mark II ceramic (VITA Zahnfabrik). After cementation according to manufacturer instructions, specimens were stored in distilled water at 37°C for 24 hours, then longitudinally sectioned to obtain ceramic-enamel specimens (0.8 mm²). For bond strength (μ TBS), specimens were tested under tension at 0.5 mm/min immediately (IM) and after 10,000 thermal cycles (TC), n=8; for in-situ degree of conversion (DC), specimens were analyzed using micro-Raman spectroscopy with a red laser (638.8 nm) for mapping (M) and a 785 nm laser. Confocal microscopy analysis (CM) (n=3) involved adding rhodamine to the adhesive and immersion in fluorescein, following the same procedures used for BS. Integrating sphere spectroscopy was used to evaluate light passage through ceramic laminates. Data were analyzed per protocol, with statistical significance set at 5%. **Results:** Protocol 1 showed statistical differences in bond strength (μ TBS) among adhesives ABU, TBU, and SBUP, but not among photopolymerization strategies. Variations were observed in adhesive degree of conversion and changes in functional groups observed in mapping. In Protocol 2, BS between Poliwave and Monowave photopolymerizers showed immediate statistical differences in ABU adhesive. For GC group, ABU showed statistical difference ($p < 0.05$). No differences were observed for SBUP in BS or GC. Spectrophotometer analysis revealed differences in the percentage of each wavelength for each device used. Regarding transmitted irradiance, mean values were calculated for violet, blue, and total wavelength ranges. In Bluephase, irradiance ranged from 54.34 to 1180.01 mW/cm², while in Raddi, it ranged from 7 to 918.66

mW/cm². Protocol 3 found no differences in μ TBS among Poliwave photopolymerizer wavelengths. Conclusion: Photopolymerizing or not the adhesive during ceramic laminate cementation did not demonstrate an impact on the adhesive properties of these restorations. The choice between Poliwave and Monowave photopolymerizers may influence the efficacy of ceramic laminate cementation, depending on the materials used. The Poliwave device's wavelengths (460nm - 410nm) did not influence ceramic laminate cementation on enamel.

Keywords: Dentin-Bonding Agents, Dental Veneers, Light-Curing of Dental Adhesives.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama explicativo dos grupos experimentais, projeto 1.	19
Figura 2 Diagrama explicativo dos grupos experimentais, projeto 1.	25
Figura 3 Tipos de fratura: Coesiva 1. de esmalte 2. de cerâmica 3. Mista/adesiva	29
Figura 4 Análise das diferenças entre os picos do adesivo ABU e o cimento em cada estratégia.	30
Figura 5 Análise das diferenças entre os picos do adesivo TBU e o cimento em cada estratégia.	31
Figura 6 Análise das diferenças entre os picos do adesivo SBUP e o cimento em cada estratégia.	32
Figura 7 Imagens da microscopia confocal.	33
Figura 8 Diagrama explicativo dos grupos experimentais, projeto 2	36
Figura 9 Material e esquema da metodologia	37
Figura 10 Diagrama explicativo dos grupos experimentais, projeto 3.	43
Figura 11 Material e esquema da metodologia	46
Quadro 1 Material	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Médias e desvios-padrão dos dados de resistência de união à esmalte (RU, Mpa)	27
Tabela 2 Grau de conversão (GC, %) obtidos em cada condição experimental nos sistemas adesivos.....	28
Tabela 3 Número (%) de espécimes de acordo com o tipo de fratura.	28
Tabela 4 Fotopolimerizadores.....	35
Tabela 5 Médias e desvios-padrão dos dados de resistência de união à esmalte (RU, Mpa) no tempo imediato, e após termociclagem	39
Tabela 6 Padrão de fratura	40
Tabela 7 Médias e desvios-padrão dos dados do Grau de conversão (CG, %) obtidos em cada condição experimental nos sistemas adesivos.	40
Tabela 8 Porcentagem de passo de luz	41
Tabela 9 Irradiância transmitida	41
Tabela 10 Médias e desvios-padrão dos dados de resistência de união à esmalte (RU, Mpa) no tempo imediato	48
Tabela 11 Médias e desvios-padrão dos dados de resistência de união à esmalte (RU, Mpa) após termociclagem	49
Tabela 12 Número (%) de espécimes de acordo com o tipo de fratura.	50
Tabela 13 Médias e desvios-padrão dos dados do Grau de conversão. (CG, %) obtidos em cada condição experimental nos sistemas adesivos.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ER	Etch and rise
SE	Self etch
AP	Adesivo Fotopolimerizado
ANP	Adesivo não Fotopolimerizado
ABU	Ambar Universal
TBU	Tetric N bond Universal
SBUP	Scotchbond Universal Plus
F	Aparelho de fotopolimerização
RU	Resistência de união
GC	Grau de conversão
CF	Microscopia confocal
TI	Tempo imediato
TC	Termociclagem
PW	Poliwave
MW	Monowave
AV	Allcem veneer
VE	Variolink Esthetic
RV	RelyX veneer
N	Newton
MPa	MegaPascal
C	Fratura coesiva
A/M	Fratura adesiva/mista
mW	Megawatio
μ	Micrometro
h	Hora
s	Segundo
nm	Nanômetro
GS	Padrão ouro
μTBS	Microtensil Bom Strength
IM	Immediately

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 PROJETO.....	18
2.1 OBJETIVOS	18
2.1.1 Objetivo Geral	18
2.1.2 Objetivos específicos	18
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	18
2.2.1 Procedimento adesivo do dente.....	19
2.2.2 Procedimento adesivo na cerâmica.....	22
2.2.3 Teste de Resistencia de União	22
2.2.4 Análise do grau de conversão (GC) e mapeamento químico por espectroscopia em Micro-Raman.....	23
2.2.5 Análise da interface de união e microinfiltração por meio de Microscopia Eletrônica Confocal Laser (MI)	24
2.3 RESULTADOS	26
3 PROJETO 2.....	34
3.1 OBJETIVOS	34
3.1.1 Objetivo Geral	34
3.1.2 Objetivos Específicos	34
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	34
3.2.1 Análise na espectroscopia de esfera integradora.....	35
3.2.2 Medições de irradiância	35

3.3RESULTADOS	37
4 PROJETO 3.....	42
4.1 OBJETIVOS.....	42
4.1.1 Objetivo Geral	42
4.1.2 Objetivos específicos.....	42
4.2 MATERIAL E METODOS.....	42
4.2.1 Procedimento adesivo do dente	43
4.2.2 Procedimento adesivo na cerâmica.....	44
4.2.3 Teste de Resistencia de União.....	44
4.2.4 Análise do grau de conversão (GC) por espectroscopia em Micro-Raman	45
4.3 RESULTADOS.....	47
5 DISCUSSÃO	52
6 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

A demanda por um sorriso bonito e harmonioso aumentou o uso de laminados cerâmicos como alternativa às restaurações estéticas com mínimo preparo dos dentes (Schneider et al. 1 2020; Hernandez et al. 2 2016). O uso de restaurações cerâmicas livres de metal mantém as demandas clínicas atuais, incluindo características óticas favoráveis, estabilidade química, biocompatibilidade e resistência adequada, com opções de tratamento estético e funcionais (Schneider et al. 1 2020; Tian et al. 3 2014; van Dijken et al. 4 2010). Os laminados cerâmicos são um dos procedimentos estéticos mais utilizados a há mais de 30 anos, e falando na longevidade vários estudos têm mostrado seu desempenho favorável, (Layton; Clarke 5 2013; Petridis et al. 6 2012; Sailer et al. 7 2015; Burke 8 2023) com uma taxa de sobrevivência dos laminados de 5 anos de 95,6% (Layton et al. 9 2012). Outros estudos mostram taxas de sobrevivência de laminados cerâmicos entre 82- 96% após 10-21 anos (Layton et al. 10 2012; Beier et al. 11 2012; Peumans et al. 12 2004; Gurel et al. 13 2013; Gresnigt et al. 14 2019; Arif et al. 15 2019).

Quando os laminados cerâmicos falham, essas falhas estão relacionadas com várias razões, podem depender dos diferentes preparos, dos procedimentos adesivos, ou fatores relacionados com o paciente, devido a fraturas, problemas endodônticos, caries secundarias e descolamento (Gurel et al. 13 2013; Albanesi et al. 16 2016; da Costa et al. 17 2013; Granell-Ruiz et al. 18 2014; Morimoto et al. 19 2016; Naik et al. 20 2022).

Mas se a gente fala das falhas que podem ter os laminados cerâmicos é importante falar também que existem vantagens ao utilizar protocolos e materiais indicados para a cimentação por exemplo as estratégias de aplicação dos adesivos de modo Self-etch (SE) ou etch-and-rise (ER) que dependendo do adesivo utilizado e de cada fabricante os procedimentos adesivos podem ser mais rápidos, menos sensíveis às técnicas e mais fáceis de usar (Van Meerbeek et al. 21 2020).

Além dos adesivos os cimentos também foram modificados por causa da demanda para realizar laminados cerâmicos, pelas características químicas e estruturais para produzir uma adesão ideal e confiável às interfaces do dente e da restauração (Pegoraro et al. 22 2007; Manso et al. 23 2011). As propriedades adesivas, e sua compatibilidade de baixa solubilidade justificam seu uso, pois promovem a retenção e a redução da concentração de estresse na interface dente/cimento/restauração (Manso et al. 23 2011; Trajtenberg et al. 24 2008). Outra

característica é que podem ser adequadamente polimerizados através de materiais de CAD-CAM de diferentes espessuras, dependendo do tipo de material cimentação e da irradiância dos fotopolimerizadores, os cimentos fotopolimerizáveis precisam de aparelhos de fotopolimerização com luz suficiente para ativar os fotoiniciadores, por exemplo, canforoquinona, e iniciar a reação de polimerização em cadeia (De Souza et al. ²⁵ 2015).

É por isso que outro fator importante nos procedimentos adesivos é a fotopolimerização, o sucesso das restaurações cerâmicas é determinado pela força e durabilidade da adesão através dos agentes de cimentação, materiais cerâmicos e o tecido do dente (Price et al. ²⁶ 2015). A ativação correta dos materiais adesivos é uma etapa essencial na cimentação de facetas laminadas de cerâmica porque pode afetar diretamente a qualidade a longevidade da restauração e para alcançar o sucesso clínico quando os materiais à base de resina são utilizados (Price et al. ²⁶ 2015; Strazzi Sahyon et al. ²⁷ 2018; Marchionatti et al. ²⁸ 2017) e com isso o sucesso da adesão depende do grau de polimerização e, consequentemente, da intensidade da luz de polimerização que chega ao material de cimentação após a passagem pela cerâmica (Barghi et al. ²⁹ 1999).

Para conseguir uma correta fotopolimerização dos materiais utilizados na cimentação de laminados cerâmicos foram desenvolvidos aparelhos de polimerização com diodos emissores de luz (LEDs), isso também por causa do desenvolvimento de outro tipo de foto iniciadores (Sun et al. ³⁰ 2000). Os aparelhos Monowave que emitem uma emissão de comprimento de onda, que vai permitir a fotopolimerização dos materiais que contem canforoquinona (CQ) e os aparelhos Poliwave que são equipados com multiplex diodos de luz azul e violeta que permitem a ativação dos fotoiniciadores alternativos além da CQ, incluindo Ivocerin e Fenilpropanodione assim os chips azuis emitem uma luz perto dos 460-445nm e os violetas de 400nm (Sun et al. ³⁰ 2000; Rueggeberg et al. ³¹ 2017).

No entanto nos aparelhos Poliwave a emissão azul é reduzida em comparação com a de uma luz de emissão totalmente azul o que significa menos potencial de ativação de Canforoquinona (CQ) em profundidades maiores. Entretanto, em materiais que usam Lucerin TPO ou Ivocerin, além da CQ, é possível melhorar a fotopolimerização, mesmo com a presença de menos luz azul (Rueggeberg et al. ³¹ 2017).

Embora todos esses avanços, tanto nos materiais para cimentação de

laminados cerâmicos quanto com os novos agentes fotopolimerizadores, durante o protocolo de cimentação as exigências de aplicação e fotoativação prévia dos adesivos nos laminados cerâmicos foram questionadas (Strazzi Sahyon et al. ²⁷ 2018). Não está claro se o adesivo deve ser fotopolimerizado antes da aplicação do agente de cimentação (Ghavam et al. ³² 2010), ou concomitantemente com a ativação do cimento resinoso, isso permanece pouco claro (Lührs et al. ³³ 2014).

Sendo assim, é necessária uma profunda investigação sobre o efeito de fotopolimerizar ou não fotopolimerizar o adesivo na cimentação de laminados cerâmicos quando avaliadas as propriedades adesivas, o efeito dos aparelhos Mono/Poliwave na cimentação e se o comprimento de onda influencia na cimentação de laminados cerâmicos.

2 PROJETO 1

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo in vitro foi avaliar o efeito de fotopolimerizar ou não o adesivo na cimentação de laminados cerâmicos , no tempo imediato e após termociclagem.

2.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a resistência de união ao fotopolimerizar ou não o adesivo na cimentação de laminados cerâmicos .
- Avaliar o grau de conversão ao fotopolimerizar ou não adesivo na cimentação de laminados cerâmicos .
- Analisar a interação do adesivo com o cimento no mapeamento na cimentação de laminados cerâmicos .
- Avaliar a interação do adesivo com o cimento na interface usando marcadores fluorescentes ao fotopolimerizar ou não o adesivo na cimentação de laminados cerâmicos.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

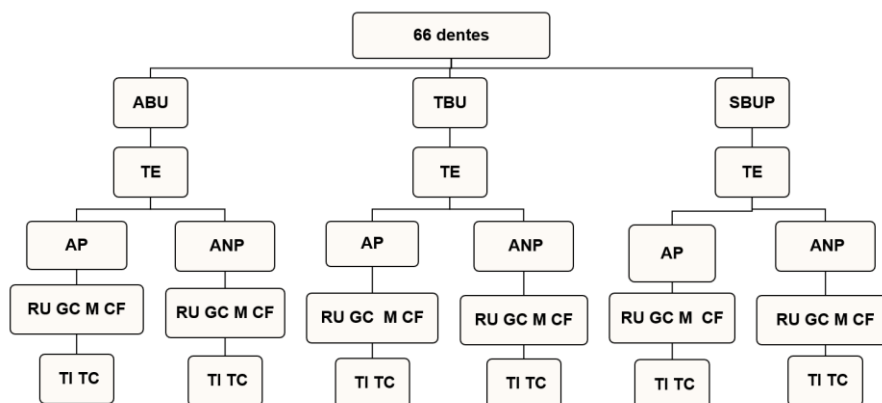
Sessenta e seis dentes bovinos foram utilizados. Os dentes foram desinfetados em cloramina 0,5% e armazenados em água destilada trocada semanalmente até sua utilização, em um prazo máximo de até 3 meses após extração. Com o auxílio de uma politriz (Arotec E, Cotia, São Paulo, Brasil) e usando lixa de carbetto de silício de granulação #180, # 600, 800, 1000, e 1200 - 3M, St.Paul, USA sob irrigação constante, foi lixado o esmalte até deixá-lo plano sem exposição da dentina.

Após isso, os dentes foram aleatoriamente alocados nos seguintes grupos: (n = 8) segundo a fotopolimerização: adesivo fotopolimerizado (AP): Ambar universal, ABU (FGM); Tetric N Bond Universal, TBU (Ivoclar, Vivadent); Scotchbond universal

Plus, SBU (3M ESPE) adesivos não fotopolimerizado (ANP).

O aparelho de fotopolimerização Bluephase (Ivoclar, Vivadent), foi utilizado para fotopolimerizar os materiais. Os sistemas adesivos, composições químicas e técnicas de aplicação segundo o fabricante encontram-se na tabela abaixo (Quadro 1).

Figura 1 Diagrama explicativo dos grupos experimentais, projeto 1.



ABU: Ambar Universal, TBU Tetric N Bond universal, SBUP: Scotchbond Universal Plus. TE: total etch, AP adesivo fotopolimerizado, ANP: Adesivo não fotopolimerizado. RU Resistencia de união, GC: grau de conversão, M: Mapeamento, CF: Confocal. TI: Tempo imediato e TC: Termociclagem.

Fonte. O Autor

2.2.1 Procedimento adesivo do dente

No dente o protocolo adesivo, foi realizado de acordo com instruções do fabricante, aplicando o ácido ortofosfórico (Condac, FGM, Joinville, SC, Brasil) no esmalte, durante 30 s, aplicação do adesivo, no caso do Ambar universal, ABU (FGM, Joinville, SC, Brasil); foi aplicado ativamente duas camadas com um micro-brush durante 20 s (10 s cada camada), sendo a primeira aplicada ativamente. Evaporamos o solvente usando ar suave durante 10 s e fotopolimerizados por 20 s. Para o Tetric N Bond, TBU (Ivoclar, Vivadent) e para o Scotchbond universal Plus, SBU (3M ESPE) foi aplicado adesivo ativamente por 20 s, o solvente foi evaporado do adesivo usando ar suave durante 5 s, e fotopolimerizados durante 20 s. O outro grupo do adesivo sem fotopolimerizar o procedimento foi o mesmo. O aparelho de fotopolimerização foi o Bluephase (Ivoclar, Vivadent), no modo High de 1200 mW/cm².

Quadro 1. Material

Materiais	Composição	Modo de aplicação
Ambar Universal (FGM, Joinville, SC, Brasi) (FGM, Joinville, SC, Brasi) ABU *30321	10-MDP, monômeros metacrílicos, foto-iniciador, nanopartículas de sílica, etanol, co-iniciadores e estabilizadores	SE 1. Aplicar duas camadas com um micro-brush durante 20 s (10 s cada camada). 2.Evaporar o solvente adesivo usando ar suave durante 10 s.3.Fotopolimerizar 20s. ER 1. Aplicação ácido fosfórico 37% durante 15 s. 2.Lavar por 15 s; 3. Jato de ar 5 s; 4. Aplicar o adesivo como no SE.
Tetric N-Bond Universal (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) TBU *Y46002	Etanol, ácido fosfônico acrilato, Bis-GMA, HEMA, UDMA, óxido de fosfina difenil (2,4,6-trimethylbenzoyl) Dioxido de silício altamente disperso e CQ.	SE 1. Aplicar adesivo ativamente por 20 s. 2.Evaporar o solvente adesivo usando ar suave durante 5 s. 3.Fotopolimerizar 20s. ER 1. Aplicação 37% ácido fosfórico por 15 s. 2. Lavar por 10 s; 3. Jato de ar 5 s; 4. Aplicar adesivo igual que no modo SE
otchbond Universal Plus (3M) SBUP *41294	Ácido 2-propenóico, 2-metil-, diésteres com 4,6-dibromo-1,3- benzenodiol 2-(2-hidroxietoxi) etil 3-hidroxipropil diéteres. Metacrilato de 2-hidroxietila. Ácido 2- Propenóico, 2-metil-, produtos de reação de 1,10-decanodiol com óxido de fósforo (P2O5). Ácido 2-propenoico, 2-metil, 3-(trietoxisilil) propil éster, produtos de reação com sílica e 3-(trietoxisilil)-1-propanamina. Etanol. Água. Silica amorfa sintetica, cristalina-livre. ÁCIDO METACRÍLICO, 3-(TRIETOXISILIL) PROPIL ÉSTER.	SE 1. Aplicar adesivo ativamente por 20 s. 2.Evaporar o solvente adesivo usando ar suave durante 5 s. 3.Fotopolimerizar 20s. ER 1. Aplicação 37% ácido fosfórico por 15 s. 2. Lavar por 10 s; 3. Jato de ar 5 s; 4. Aplicar adesivo igual que no modo SE.

	Caforquinona. Copolímero de acrílico e ácido itacônico. N,N- Dimetilbenzocaína. Ácido acético, sal de cobre (2+) monohidratado.	
Condac 37% (FGM, Joinville, SC, Brasi) *220119	Ácido Fosfórico 35 – 40%	1. Aplicação 37% ácido fosfórico por 15 s. 2.Lavar por 10 s; 3. Jato de ar 5 s.
Silano Monobond N (Ivoclar Vivadent) *Y40634	Ethanol, 3-trimethoxysilylpropyl methacrylate, 10-MDP(MDP), sulphide methacrylate	Aplicação 60 s com micro brush. Ar leve 10 s.
Ácido fluorídrico 10% (Condac Porcelana, FGM, Joinville, SC, Brasil) *110718	10% hidrófluorídrico, água, espessante, surfactante e corante	Aplicar por 60 s, lavados com água corrente durante 20 s e secos com jatos de ar.
Allcem veneer (FGM) *A125896	Monômeros de metacrilato, canforquinona, co-iniciadores, estabilizadores, pigmentos, partículas de vidro de bário-aluminossilicato silanizado e dióxido de silício. Cor: E-Bleach M	Colocar uma camada de cimento na superfície da cerâmica, colocar com ligadura pressão sobre o dente. Retirar os excessos e fotopolimerizar 40 s.
Variolink Esthetic (LC) (Ivoclar-Vivadent) *X08164	Ivocerin e hidroperóxido de tiocarbamida, iniciador de autopolimerização UDMA Monômeros de dimetilmetacrilato de uretano, carga, iniciadores e estabilizadores, pigmentos. Cor: Neutro	Aplicar uma camada fina sobre a cerâmica. Assentar no dente, remover os excessos. Fotopolimerizar 40 s.
RelyX veneer (3m) *R567093	Monômeros Bis-GMA e TEGDMA. Partículas de zircônia/sílica e sílica coloidal. Tamanho médio de partícula de 0,6 mm. Carga de enchimento de 66% em peso. Cor: Transparente	Dispensar o cimento diretamente no interior da faceta, assentar a faceta, remover excessos com um aplicador descartável. Fotoativar por 30 s.
CAD/CAM (Mark II, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) +J017EC42M3C1850/S	Cerâmica feldespática Al ₂ O ₃ (20- 23%) - SiO ₂ (56- 64%) - Na ₂ O (6- 9%) - K ₂ O (6-8%) Cor: 2M3C112	CAD/CAM (Mark II, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemanha) +J017EC42M3C1850/S

2.2.2 Procedimento adesivo na cerâmica

As cerâmicas Vita Mark II Vita Zahnfabrik, Säckingen, Germany foram cortadas na máquina de corte (Isomet 1000, Buehler Ltd., Lake Bluff, Illinois, EUA) até obter amostras de 0,8mm, depois de polidas com lixas (# 600, 800, 1000, e 1200 - 3M, St.Paul, USA) os corpos de prova foram condicionados com ácido fluorídrico 10% (Condac Porcelana, FGM, Joinville, SC, Brasil) por 60 s, lavados com água corrente durante 20 s e secos com jatos de ar. Em seguida, foi aplicada uma camada de silano Monobond N (Ivoclar Vivadent) por um minuto, e após, foram aplicadas as camadas dos adesivos ABU, TBU e SBUP (com as mesmas indicações que foram feitas para o dente sem fotopolimerizar o adesivo) para depois colocar os cimentos dependendo de cada casa comercial do adesivo, Allcem venner, AV (FGM); Variolink Esthetic, VE (Ivoclar Vivadent) e o cimento RelyX venner, RV (3 M), as laminados cerâmicos foram cimentadas sobre a porção central do dente, com pressão digital, de acordo com os grupos de estudo até o completo assentamento da restauração indireta, simulando uma cimentação clínica. Cada restauração indireta foi fotoativado de acordo com as recomendações do fabricante do agente cimentante, utilizando o aparelho de fotopolimerização (F) de amplo espectro Bluephase (Ivoclar, Vivadent), modo high - 1200 mW/cm². Os espécimes cimentados foram armazenados em água destilada por 24 horas a 37°C.

2.2.3 Teste de Resistencia de União

Os dentes com as peças cerâmicas cimentadas foram adaptados ao dispositivo para máquina de corte Isomet, a qual foi equipada com um disco de diamante de 0.020" Buehler (Lake Bluff, IL, USA), e foram realizadas duas sequências de cortes longitudinais (eixo x) perpendiculares (eixo y), com a máquina calibrada a 200 rpm ajustada para realizar cortes de 1,1mm, resultando em palitos de 0,70-0,80 mm. Os palitos que formavam parte da área de fotopolimerização foram divididos para serem testados em diferentes testes: resistência de união (n=8) tempo imediato e após termociclagem, os que estavam fora da área da ponta do aparelho de fotopolimerização foram descartados.

Para o teste de resistência de união ao esmalte, a área de secção transversal (mm²) da interface adesiva dos palitos foram mensuradas com um paquímetro, onde

esses dados foram inseridos no programa de automatização da máquina. Em seguida os palitos foram acoplados individualmente em um dispositivo de microtração (garras de Geraldeli) com cianocrilato em gel de presa lenta pelas extremidades, associado a um acelerador de cianocrilato, visando assim, posicionar a interface adesiva perpendicular ao longo eixo de tração. A garra foi acoplada na máquina de ensaio universal e tracionados até a falha sob velocidade de 1mm/min com uma célula de carga de 1000N. Os dados foram obtidos com o auxílio do programa de automatização da máquina Instron, que expressam os mesmos em Newton (N) e MegaPascal (MPa). Após o teste de microtração, os palitos tiveram uma inspeção visual e confirmada no microscópio ótico para determinar o tipo de fratura, que foi classificada em: Coesiva em dentina ou cerâmica (C) ou adesiva mista (A/M).

O teste de RU foi realizado no tempo imediato, e após 10,000 ciclos na termocicladora, onde os corpos de prova estavam submersos na água durante ciclos de 15s na água com uma temperatura de 5 e 55 graus centígrados por 15s.

2.2.4 Análise do grau de conversão (GC) e mapeamento químico por espectroscopia em Micro-Raman

Nove palitos por grupo foram selecionados para análise do grau de conversão, foram submetidos a um polimento com lixas de granulação de 1500 e 2000 por um período de 30 segundos sob irrigação. Logo após foram lavados em cuba ultrassônica por 5 minutos e secos com ar. Para análise do GC, os palitos foram levados ao espectrômetro de Raman (XploRA ONE, HORIBA Scientific, Piscataway, NJ, USA), que foi calibrado a zero e uma amostra de silício foi usada para os valores de calibração. Os espécimes foram avaliados sob os seguintes parâmetros: laser de Neônio com 632 nm de comprimento de onda a 20 mW de potência, resolução espacial de $\approx 3 \mu\text{m}$, resolução espectral de $\approx 5 \text{cm}^{-1}$ com 30 segundos de tempo de acumulação e 3 co-adições em magnificação de 100x (Olympus UK, London, UK) para um laser de $\approx 1 \mu\text{m}$ de diâmetro. Os espectros foram obtidos da interface adesiva de sítios na região da camada híbrida.

Para comparação do GC, espectros de adesivos não polimerizados foram utilizados como referência. Com os espectros obtidos, os dados foram processados com uso do software Spectragryph (Software for optical spectroscopy 1.2.16.1) para determinação dos valores da área integrada dos picos registrados. O grau de conversão foi calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$GC \% = 1 - \left\{ \frac{I_{reat(p)} / I_{ref(p)}}{I_{reat(np)} / I_{ref(np)}} \right\} \times 100\%$$

Sendo que “I reat” refere-se aos valores integrados do pico reativo e “I ref” aos valores integrados do pico de referência, p e np são, respectivamente, polimerizados e não polimerizados. Os picos alifáticos e aromáticos a serem empregados foram 1639 cm⁻¹ e 1609 cm⁻¹. (Miletic et al. ³⁴ 2009)

Para o Mapeamento por espectroscopia de micro Raman os palitos foram preparados conforme descrito para o teste de GC. Em seguida, um mapeamento químico foi feito nos seguintes momentos: com o adesivo não fotopolimerizados na cimentação e com o adesivo fotopolimerizado. O tamanho da área do mapeamento foi de 50 μ, cada ponto analisado foi de 1 μ, a fim de detectar em qualquer ponto com alterações na composição dos materiais utilizados. Todos os espectros foram registrados na região de 200-4000 cm⁻¹, que cobre toda a região das impressões digitais associadas ao mineral dentário e picos aromáticos (1609) e alifáticos (1639). Os dados foram analisados no software Spectragryph.

2.2.5 Análise da interface de união e microinfiltração por meio de Microscopia Eletrônica Confocal Laser (MI)

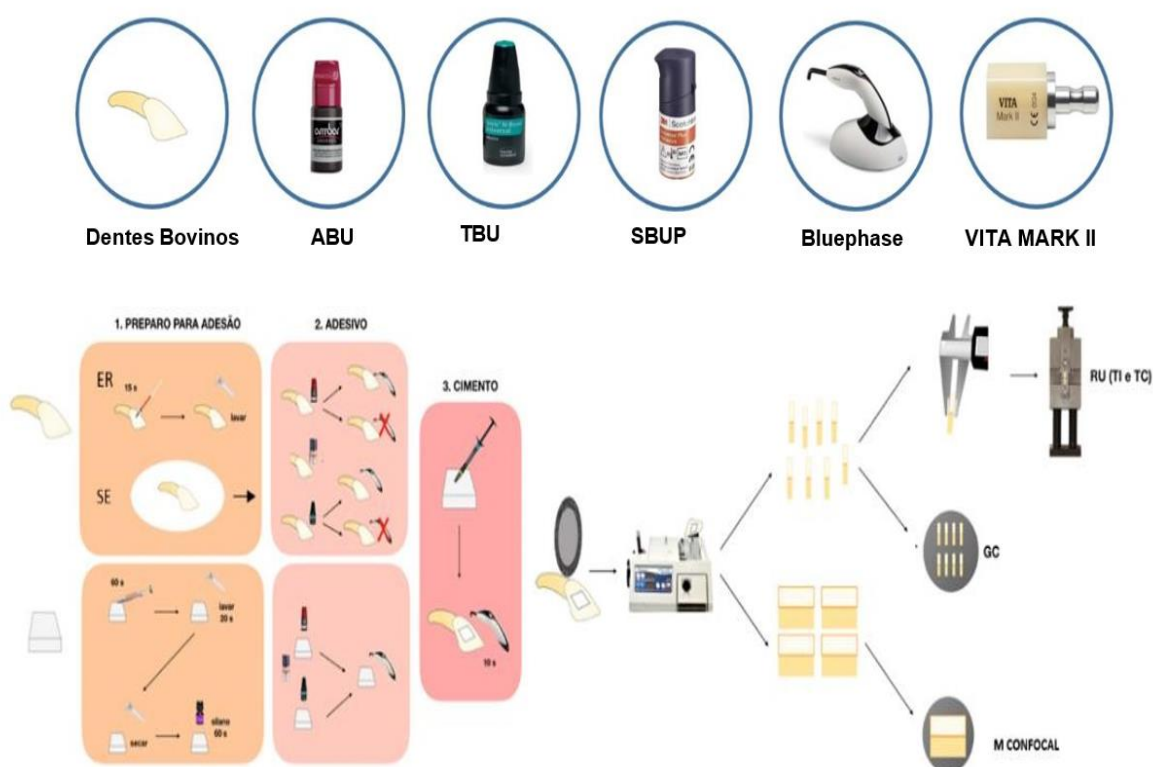
Para este teste, previamente à restauração dos dentes, o adesivo foi misturado com 0.2 % (peso) de Rhodamina B (Sigma Aldrich, EUA) com o intuito de serem detectados na análise em Microscopia Eletrônica Confocal Laser (CF). Uma vez obtida uma mistura homogênea destes materiais, os procedimentos restauradores foram realizados como antes descrito.

Três dentes foram aleatoriamente alocados em cada um dos grupos experimentais. Após 24 h da restauração dos dentes, todos os espécimes foram cortados longitudinalmente até obter 3 fatias de 1 mm de espessura. Uma das fatias foi imersa numa solução de fluoresceína (Sigma Aldrich, EUA) ao 0,1 % (peso) por 4 h. Após este tempo, todos os espécimes foram limpos em cuba ultrassônica com água destilada por 8 min e finalmente polidos utilizando lixas de carbetto de silício de granulação #1200 (Extec, Enfield, Connecticut, EUA) 0 por 30 s. (Toledano et al. 104 2014; Sauro et al. 105 2012).

Um microscópio eletrônico confocal à laser MECL (Leica TCLS, Leica,

Heidelberg, Alemanha) equipado com uma lente de imersão em óleo de 63x/.4 NA, um laser de Ar/Kr em modo de excitação de 488-nm (excitação da Fluoresceína), e um laser de He/Ne em modo de excitação de 568-nm (excitação da Rhodamina B) foi empregado para análise das interfaces adesivas. A emissão fluorescente foi coletada a 512-538 e 585-650 nm, respectivamente. Três regiões diferentes de cada fatia foram selecionadas após feita uma análise geral da amostra com visão de 0,75 x de zoom ao longo do espécime. Imagens ópticas da reflexão da fluorescência e da Rhodamina B foram capturadas a partir da sub-superfície do espécime, com 10 µm de profundidade, abaixo da superfície externa da amostra e convertidas em imagens únicas usando o programa de processamento de imagem Leica LAS X (Leica, Heidelberg, Alemanha) (Sauro et al. 106 2012). A configuração do sistema foi padronizada e usada ao mesmo nível durante todo o estudo. Em seguida, as imagens foram avaliadas qualitativamente por dois avaliadores.

Figura 2 Diagrama explicativo dos grupos experimentais, projeto 1.



Fonte. O Autor

Análise Estatística

Para a resistência de união o teste de Shapiro-Will foi empregado para avaliar se os dados desses testes seguiam uma distribuição normal. Após a confirmação da distribuição normal e da homogeneidade, a média da resistência de união à microtração (MPa) para cada grupo de teste resultaram da média dos oito dentes usados por grupo. Os dados de resistência de união à microtração (MPa) foram analisados por ANOVA de medidas repetidas (adesivos / estratégia de fotopolimerização / tempos de armazenamento). Para todos os testes, foi aplicado um teste post-hoc de Tukey com significância ($\alpha = 0,05$). (Jamovi, Statistical software, versão 2.3).

Para o grau de conversão o teste de Shapiro-Will foi empregado para avaliar se os dados desses testes seguiam uma distribuição normal. Após a confirmação da distribuição normal e da homogeneidade, a média do grau de conversão para cada grupo de teste resultou da média de três palitos selecionados de três dentes usados por grupo. Os dados do grau de conversão foram analisados por TWO WAY ANOVA (adesivos / estratégia de fotopolimerização). Para todos os testes, foi aplicado um teste post-hoc de Tukey com significância ($\alpha = 0,05$). (Jamovi, Statistical software, versão 2.3)

2.3 RESULTADOS

Para a resistência de união quando comparadas entre os adesivos ABU, TBU e SBUP apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$), quando comparadas as estratégias de fotopolimerização, do adesivo fotopolimerizado e não fotopolimerizado não teve diferenças ($p > 0,05$) e após as comparações nos tempos de armazenamento, no tempo imediato e após termociclagem, teve diferenças estatísticas, após termociclagem apresentou maiores valores comparado com o tempo imediato. ($p < 0,05$). (Ver tabela 1)

Para o grau de conversão quando comparados entre adesivos e quando comparadas as estratégias de fotopolimerização teve diferenças estatísticas. (Ver tabela 2)

Quando avaliado o padrão de fratura, observamos que a maior porcentagem

do padrão de fratura foi do tipo adesiva/mista. (Ver tabela 3)

No mapeamento depois de avaliado o ABU e no SBUP, tanto no grupo do AF quanto nos ANF não teve diferenças no grupo funcional (Ver figura 4-6)

Quando analisados os picos do adesivo TBU é possível observar uma mudança nos picos 1609-1639, dos grupos aromáticos e alifáticos. A intensidade é diferente quando muda para o cimento no grupo do AF. Não teve diferenças no grupo do ANF. (Figura 5)

No confocal observa-se uma camada bem definida quando o adesivo foi fotopolimerizado, e quando o adesivo não foi fotopolimerizado podemos observar que a rodamina adicionada no adesivo aparenta uma mistura com o cimento, criando uma camada maior de adesivo+cimento. (Ver figura 7)

Tabela 1 Médias e desvios-padrão dos dados de resistência de união à esmalte (RU, Mpa)

		ER	
		TI	TC
ABU	AF	19.15 ± 2.96 C a ^B	20.15 ± 3.01 C a ^A
	ANF	19.43 ± 3.44 C a ^B	18.87 ± 2.81 C a ^A
TBU	AF	20.13 ± 3.66 B a ^B	21.82 ± 2.92 B a ^A
	ANF	20.37 ± 3.32 B a ^B	22.43 ± 2.52 B a ^A
SBUP	AF	22.11 ± 3.46 A a ^B	24.43 ± 2.81 A a ^A
	ANF	24.07 ± 3.26 A a ^B	23.62 ± 3.86 A a ^A

ER: total etch, TI: Tempo imediato, TC: Termociclagem, ABU: Ambar Universal, TBU: Tetric N Bond, SBUP: Scotchbond Universal Plus, AP adesivo fotopolimerizado, ANP: Adesivo não fotopolimerizado.

Letras maiúsculas: comparação entre adesivos, letras minúsculas comparação entre estratégias de fotopolimerização e letras sobrescritas, comparação entre tempos de armazenamento. As médias identificadas com as mesmas letras são estatisticamente semelhantes. (Teste de Tukey, $p \geq 0,05$). Fonte. O Autor

Tabela 2 Grau de conversão (GC, %) obtidos em cada condição experimental nos sistemas adesivos.

	AF	ANF
ABU	77.29 ± 1.98 A a	76.74 ± 1.71 A b
TBU	84.51 ± 2.32 A a	71.09 ± 2.55 A b
SBUP	55.03 ± 2.28 B a	56.51 ± 2.66 B b

ER: total etch, ABU: Ambar Universal, TBU: Tetric N Bond, SBUP: Scotchbond Universal Plus, AP adesivo fotopolimerizado, ANP: Adesivo não fotopolimerizado.

Letras maiúsculas: comparação entre adesivos, letras minúsculas comparação entre estratégias de fotopolimerização. As médias identificadas com as mesmas letras são estatisticamente semelhantes. (Teste de Tukey, $p \geq 0,05$).

Fonte. O Autor

Tabela 3 Número (%) de espécimes de acordo com o tipo de fratura.

		TI			TC		
		C	AM	FP	C	AM	FP
ABU	AP	14 (21)	59 (87)	0 (0)	16 (34)	29 (62)	2 (4)
	ANP	9 (15)	50 (85)	0 (0)	3 (8)	33 (85)	3 (8)
TBU	AP	27 (51)	26 (49)	0 (0)	12 (21)	41 (73)	0 (0)
	ANP	16 (27)	43 (73)	0 (0)	13 (23)	44 (77)	0 (0)
SBUP	AP	22 (33)	45 (67)	0 (0)	10 (20)	40 (80)	0 (0)
	ANP	23 (35)	41 (66)	1 (2)	17 (36)	30 (64)	0 (0)

Abreviações: A/M: tipo de fratura adesivo/misto; C: coesivo. FP Falha prematura. Fonte. O Autor

Figura 3 Tipos de fratura: Coesiva 1. de esmalte 2. de cerâmica 3. Mista/adesiva

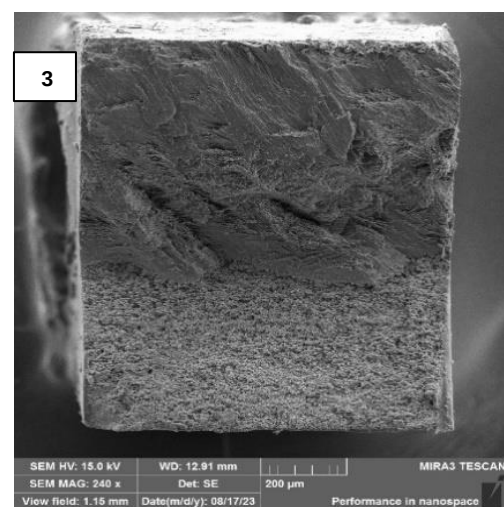
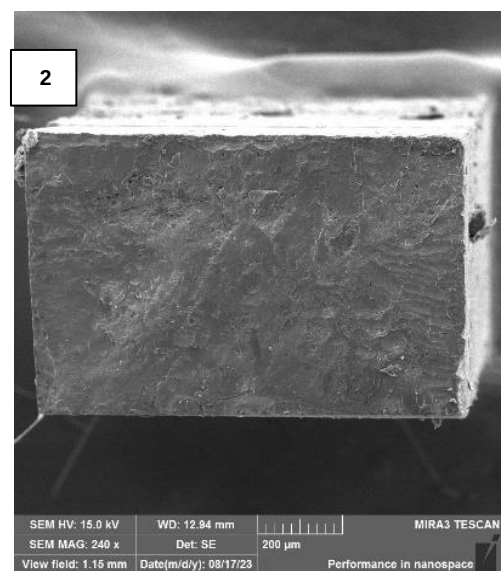
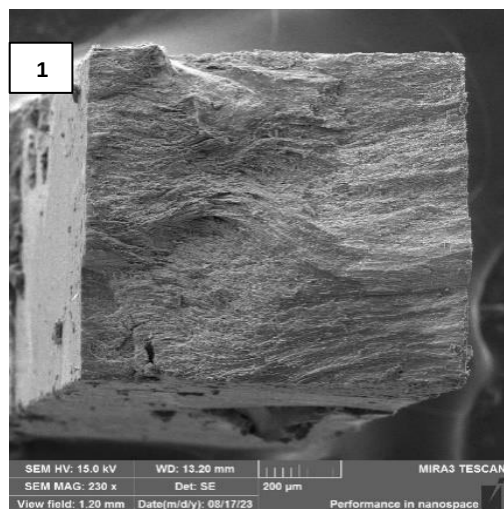
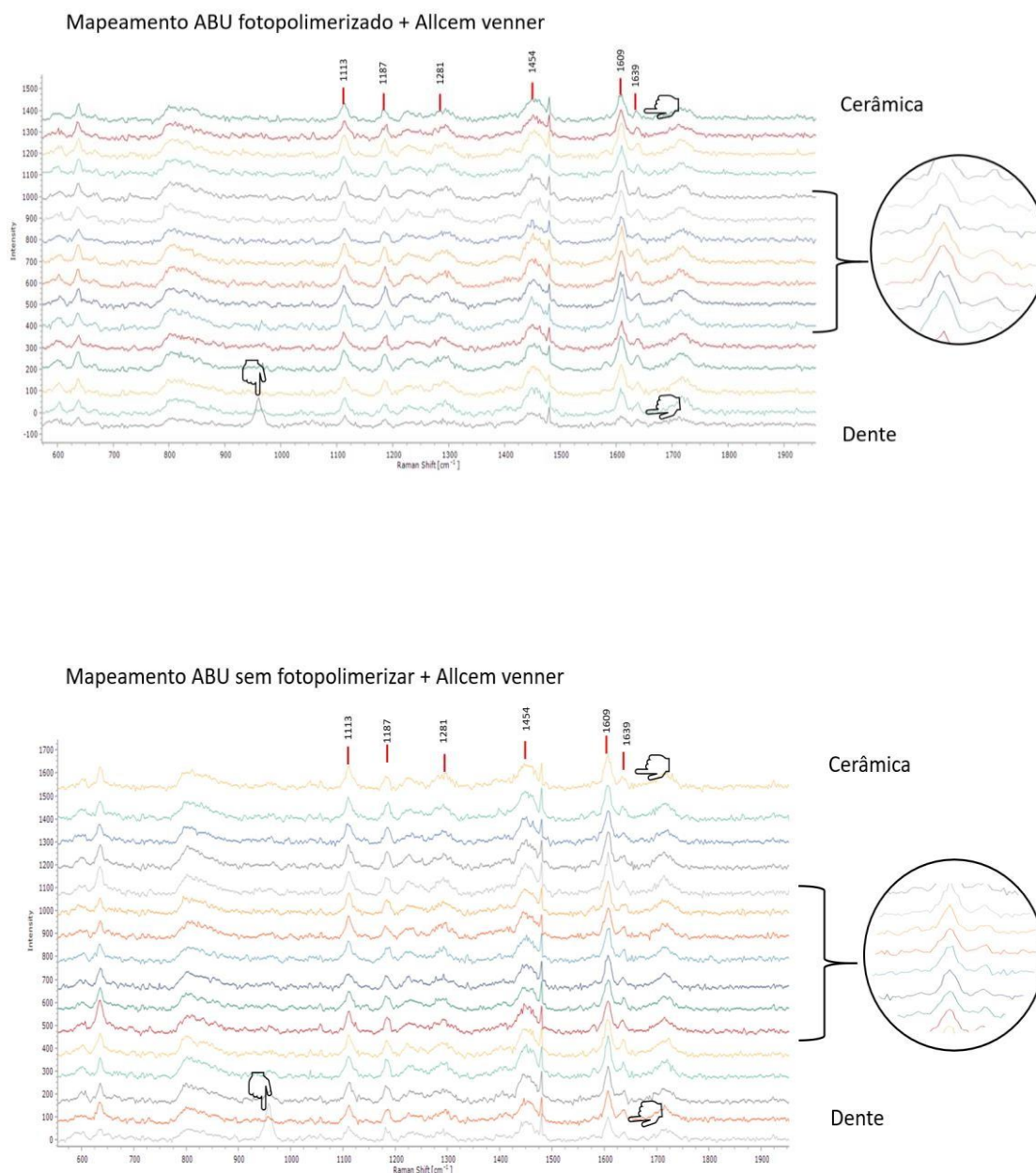


Figura 4 Análise das diferenças entre os picos do adesivo ABU e o cimento em cada estratégia.

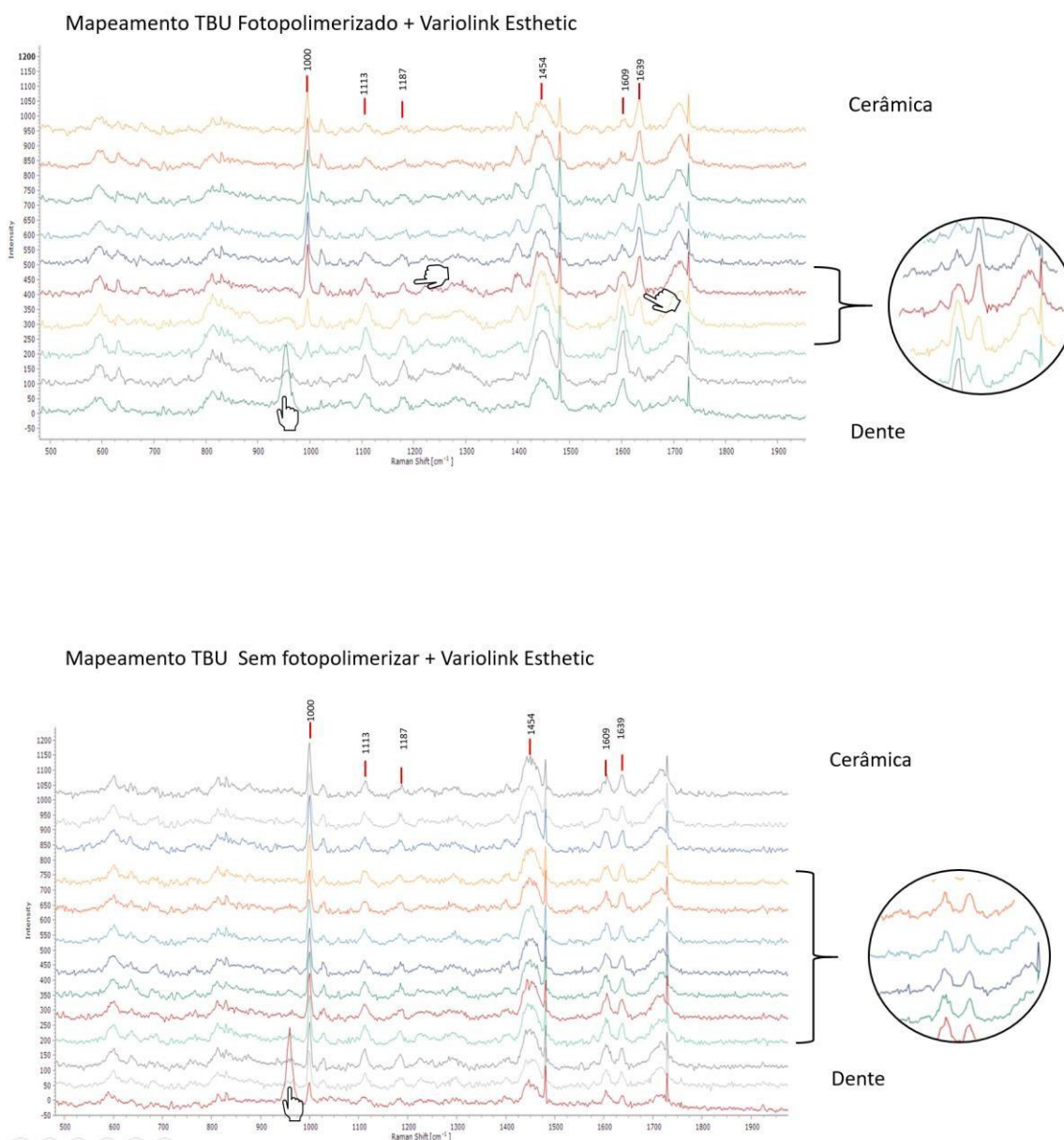


ABU: Ambar Universal, nas duas estratégias com o adesivo fotopolimerizado e não fotopolimerizado é possível observar os picos correspondentes do adesivo e do cimento, (1113, 1187, 1281, 1454 cm^{-1}) e nos picos 1609-1639 cm^{-1} ; aromático e alifático, não apresentam mudanças.

A mão no pico 960 indica o grupo fosfato de dente, se observa como os picos aromático e alifático se apresentam conforme avançam na interface.

Fonte. O Autor

Figura 5 Análise das diferenças entre os picos do adesivo TBU e o cimento em cada estratégia.

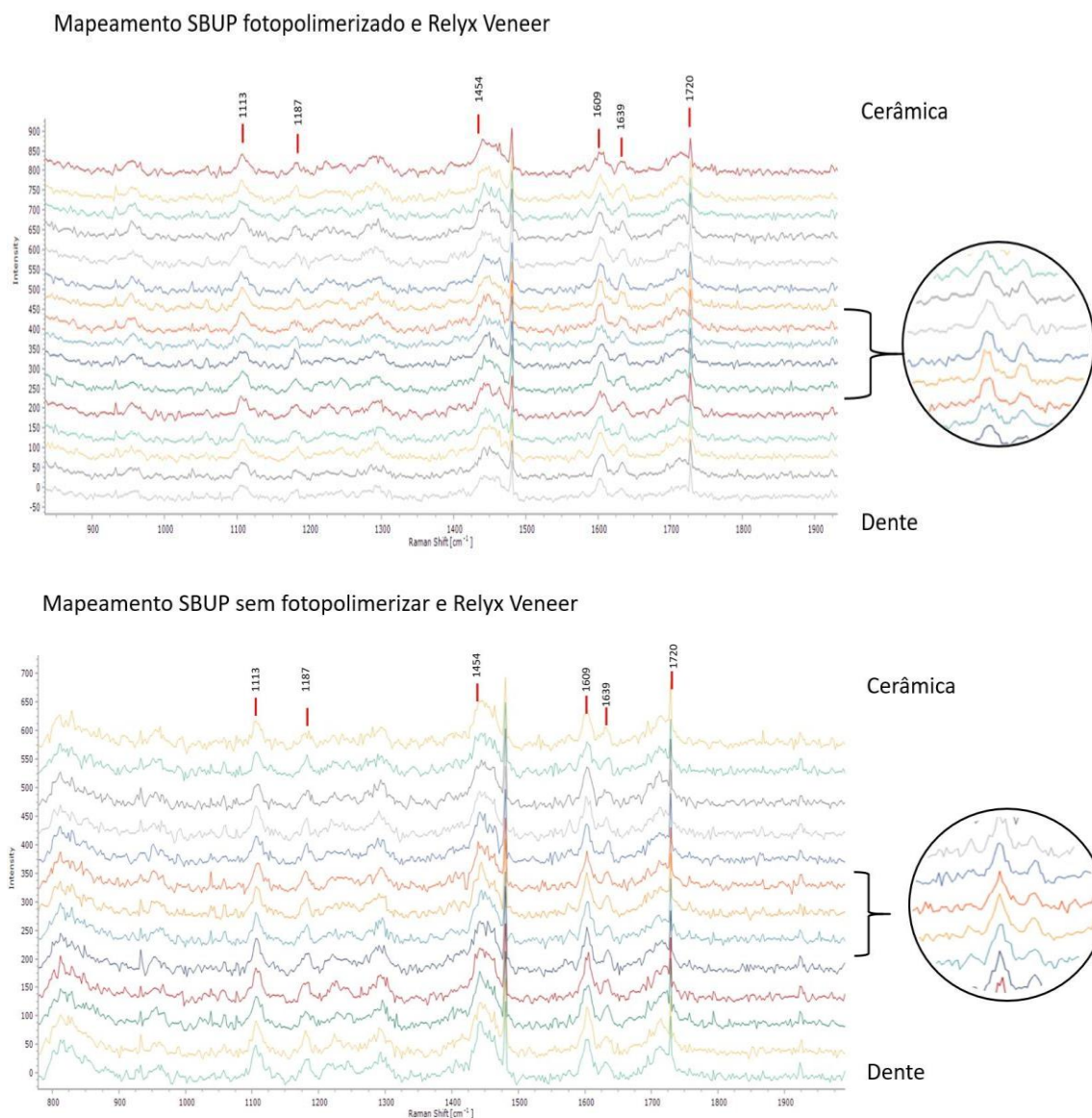


TBU: Tetric Bond Universal. nas duas estratégias com o adesivo fotopolimerizado e não fotopolimerizado é possível observar os picos correspondentes do adesivo e do cimento, (1113, 1187, 1281, 1454 cm^{-1}) e nos picos 1609-1639 cm^{-1} ; aromático e alifático é possível observar uma mudança quando o adesivo foi fotopolimerizado, indicando o espectro de onde termina o adesivo e começa o cimento.

A mão no pico 960 indica o grupo fosfato de dente, se observa como os picos aromático e alifático se apresentam conforme avançam na interface.

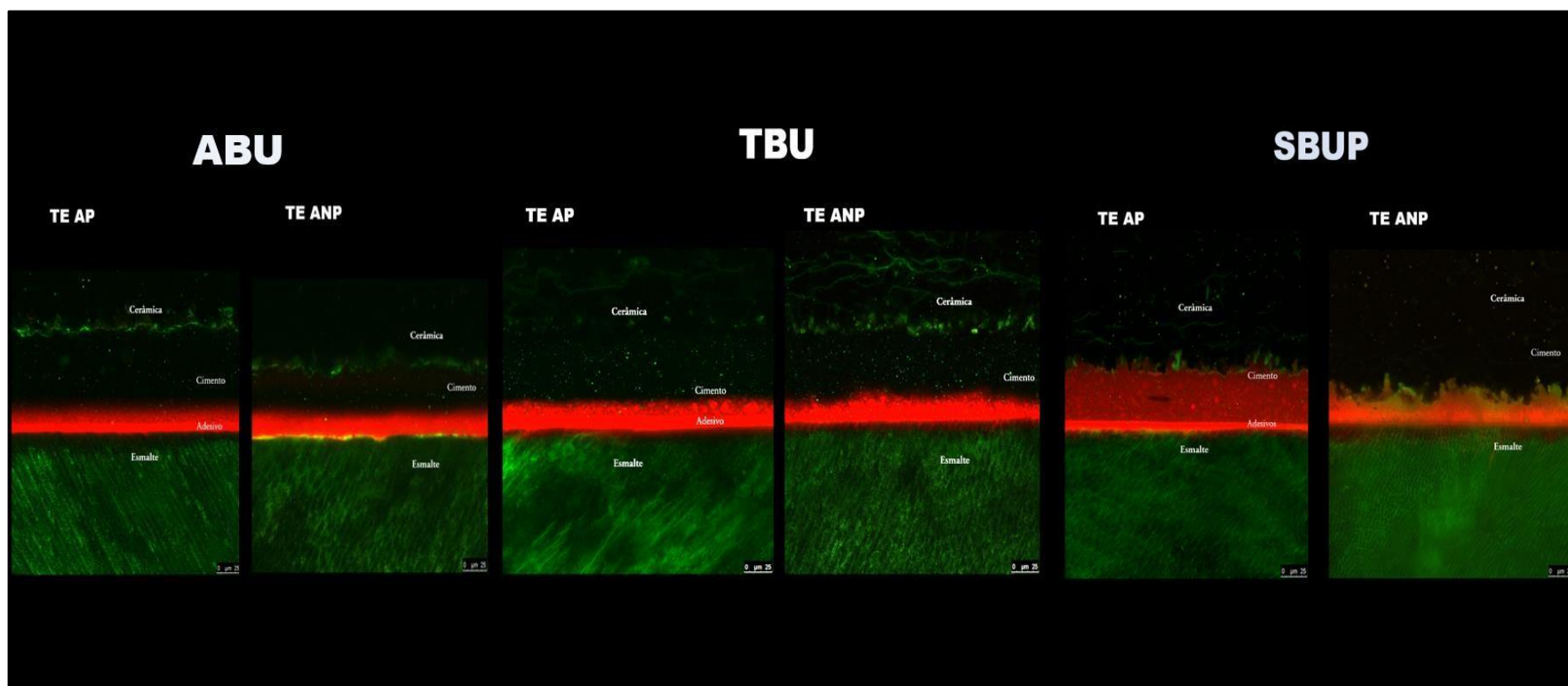
Fonte. O Autor

Figura 6 Análise das diferenças entre os picos do adesivo SBUP e o cimento em cada estratégia



SBUP: Scotchbond Plus, nas duas estratégias com o adesivo fotopolimerizado e não fotopolimerizado é possível observar os picos correspondentes do adesivo e do cimento, (1113, 1187, 1281, 1454 cm^{-1}) e nos picos 1609-1639 cm^{-1} ; aromático e alifático, não apresentam mudanças.
Fonte. O Autor

Figura 7 Imagens da microscopia confocal.



ABU: Ambar Universal, TBU: Tetric N Bond, SBUP: Scotchbond Universal Plus, TE: total etch; AP adesivo fotopolimerizado, ANP: Adesivo não fotopolimerizado.

Fonte. O Autor

3 PROJETO 2

3.1 OBJETIVOS

3.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo in vitro foi comparar o efeito da cimentação de laminados cerâmicos com o uso de fotopolimerizadores Poliwave e Onewave, no tempo imediato e após termociclagem.

3.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a resistência de união na cimentação de laminados cerâmicos com o uso de fotopolimerizadores Poliwave e Onewave.
- Avaliar o grau de conversão na cimentação de laminados cerâmicos com o uso de fotopolimerizadores Poliwave e Onewave.
- Comparar o passo de luz através de laminados cerâmicos com fotopolimerizadores Poliwave e Onewave.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Sessenta e quatro dentes bovinos, foram utilizados. Os dentes e às cerâmicas foram preparados como descritos no item 2.2. Os dentes foram aleatoriamente distribuídos nos seguintes grupos: (n = 8) segundo as 1) estratégias adesivas, a) Total etch (ER), Self etch (SE) 2) adesivos Ambar universal, ABU (FGM); Scotchbond universal Plus, SBUP (3M ESPE) 3) fotopolimerizador: a) Bluephase N, (Ivoclar Vivadent) b) Raddi Cal (SDI)

Os materiais foram descritos no quadro 1. O procedimento de Resistência de União e Grau de conversão são os mesmos descritos no item 2.2 com a diferença que foi realizado outro grupo para a cimentação de laminados cerâmicos com um aparelho fotopolimerizador Monowave: Raddi-Cal (SDI). Tabela 4.

Tabela 4 Fotopolimerizadores

Fotopolimerizador	Fabricante	Número de série	Diâmetro da ponta	Cumprimento de onda	Irradiância mW/cm ²	Single peak/ multi peak
SDI Raddi Cal	SDI, Bayswater Victoria, Australia	58106	8 mm	440-480 nm	1200	Single peak
Bluephase N	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	102000075	10 mm	380-515 nm	1200	Multi-peak

Fonte: Autor

3.2.1 Análise na espectroscopia de esfera integradora

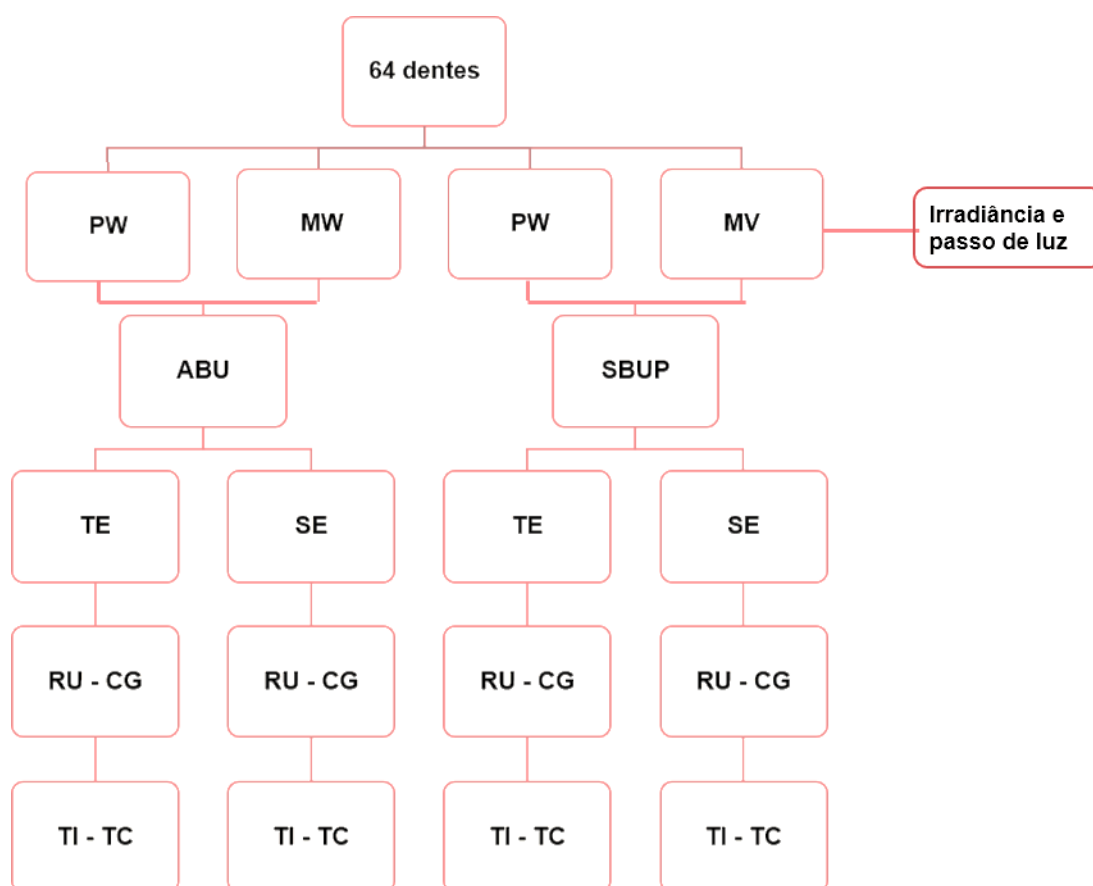
Um corpo de prova da cerâmica foi cortado com uma espessura de 0,8 mm, uma vez lixada e polida, foi adaptada em um molde de silicone do tamanho da amostra da cerâmica para ser adaptado no espectrofotômetro para ser analisado com os fotopolimerizadores Poliwave e Monowave.

3.2.2 Medições de irradiância

Os diâmetros das pontas internas (mm) de cada fotopolimerizador foram medidos com um paquímetro digital (Mitutoyo, Aurora, IL, EUA) para calcular a área da ponta (mm²), que foi então usada para produzir os valores de irradiância (mW/cm²) de cada aparelho ao usar o MiniGig. Como o diâmetro da ponta só pode ser inserido em números inteiros no Bluephase Meter II, o diâmetro da ponta foi arredondado para - *o número inteiro mais próximo. Para medir a irradiância usando a esfera integradora (Labsphere, North Sutton, NH, EUA) acoplada a um espectrômetro de fibra óptica flame T (Ocean Insight, Orlando, FL, EUA) que foi previamente calibrado usando uma lâmpada de calibração interna com referência NIST (ICS-600, Labsphere) a ponta da luz foi colocada plana e paralela à área de coleta a uma distância óptico-sensor de distância de 0 mm. Os aparelhos avaliados foram usados na configuração de saída de potência padrão, e os dados foram coletados quando a saída de luz se estabilizou.

A saída de luz de cada aparelho foi medida cinco vezes em ordem aleatória. Um valor de referência, conhecido como "padrão ouro" (GS), foi obtido do radiômetro MiniGig.(Maucoski et al. ³⁵ 2022) Foram feitas mensurações no primeiro momento sem a cerâmica com cada fotopolimerizador e depois com a cerâmica adaptado no molde de silicone e colocado na esfera integradora.

Figura 8 Diagrama explicativo dos grupos experimentais, projeto 2



ABU: Ambar Universal, SBUP: Scotchbond Universal Plus. TE: total etch, SE: self etch, Aparelho fotopolimerizador Poliwave: PW, Monowave: MW. RU: Resistencia de união, GC: grau de conversão. TI: Tempo imediato e TC: Termociclagem.

Fonte. O Autor

Figura 9 Material e esquema da metodologia



Fonte. O Autor

Análises estatística

Os valores obtidos na resistência de união e grau de conversão foram submetidos a um teste de variância TWO WAY ANOVA (estratégia x aparelho fotopolimerizador). Para determinar a diferença par a par entre os grupos, de todos os testes; foram submetidos ao teste de Tukey ($p < 0,05$).

3.3 RESULTADOS

Quando avaliados os valores de RU comparando os fotopolimerizadores Poliwave e Monowave, no tempo imediato, no adesivo ABU houve diferenças estatísticas entre os fotopolimerizadores ($p < 0,05$). Após termociclagem, no ABU, também foram observadas diferenças estatísticas entre o TE do PW e o SE do MW. No SBUP, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os grupos, nem no tempo imediato nem após termociclagem ($p > 0,05$). (Ver Tabela 5).

Ao avaliarmos o padrão de fratura, observamos que a maior porcentagem do

padrão de fratura foi do tipo adesiva/mista (Ver Tabela 6).

No GC para o ABU, foi observada diferença estatística com porcentagens menores no grupo do PW na estratégia ER ($p < 0,05$). Para o SBUP, não foram encontradas diferenças estatísticas para nenhum grupo ($p > 0,05$). (Ver Tabela 7).

Ao analisarmos o passo de luz utilizando o espectrofotômetro, conseguimos identificar a porcentagem de cada comprimento de onda para cada aparelho utilizado, sendo observadas diferenças ($p > 0,05$). (Ver Tabela 8).

A irradiância transmitida (valor médio) nas faixas de comprimento de onda violeta, azul e no total das faixas de comprimento de onda analisadas foi de 220,83, 958,06 e 1180,01 mW/cm², respectivamente, no Bluephase controle, e de 54,34, 259,55 e 315,18 mW/cm², respectivamente, no Bluephase com a cerâmica. No Raddi controle, as irradiâncias incidentes foram de 17,80, 900,86 e 918,66 mW/cm², enquanto no Raddi com a cerâmica foram de 7, 247,00 e 256,00 mW/cm², respectivamente (Ver Tabela 9).

Tabela 5 Médias e desvios-padrão dos dados de resistência de união à esmalte (RU, Mpa) no tempo imediato, e após termociclagem

RESISTENCIA DE UNIÃO				
TI				
POLIWAVE		MONOWAVE		
	ER	SE	ER	SE
ABU	19.06 ± 2.9 C	20.13 ± 3.00 BC	23.37 ± 3.31 A	21.45 ± 2.48 AB
SBU	23.15 ± 3.56 ^A	23.3 ± 3.76 ^A	24.2 ± 3.81 ^A	21.88 ± 3.05 ^A

TI Tempo imediato, . ABU: Ambar Universal, SBUP: Scotchbond Universal Plus. ER: total etch, SE: self etch, AP adesivo fotopolimerizado, ANP: Adesivo não fotopolimerizado.

(*) As comparações são validas só dentro de cada adesivo. Letras maiúsculas ou sobrescritas iguais indica, resultados estatisticamente similares (Tukey test, $p \geq 0,05$).

Fonte. O Autor

RESISTENCIA DE UNIÃO				
TC				
POLIWAVE		MONOWAVE		
	ER	SE	ER	SE
ABU	19.95 ± 2.26 a	18.74 ± 2.2 ab	19.16 ± 2.48 ab	18.22 ± 2.4 b
SBU	23.86 ± 2.58 _A	23.7 ± 3.85 _A	22.04 ± 3.72 _A	22.33 ± 3.55 _A

TC Termociclagem. ABU: Ambar Universal, SBUP: Scotchbond Universal Plus. ER: total etch, SE: self etch, AP adesivo fotopolimerizado, ANP: Adesivo não fotopolimerizado.

(*) As comparações são validas só dentro de cada adesivo. Letras minúsculas ou sobrescritas iguais indica, resultados estatisticamente similares (Tukey test, $p \geq 0,05$).

Fonte. O Autor

Tabela 6 Padrão de fratura

		TI						TC					
		PW			MW			PW			MW		
		C	AM	FP	C	AM	FP	C	AM	FP	C	AM	FP
ABU	ER	14 (19)	58 (81)	0 (0)	7 (19)	29 (81)	0 (0)	16 (33)	24 (50)	8 (17)	5 (10)	40 (83)	3 (6)
	SE	13 (20)	50 (76)	0 (0)	11 (32)	23 (68)	0 (0)	5 (16)	35 (83)	2 (5)	16 (30)	35 (66)	2 (4)
SBUP	ER	22 (34)	42 (66)	0 (0)	2 (7)	30 (93)	0 (0)	10 (20)	40 (80)	0 (0)	5 (20)	19 (76)	1 (4)
	SE	12 (24)	39 (76)	0 (0)	8 (27)	22 (73)	0 (0)	9 (23)	28 (72)	2 (5)	11 (44)	14 (56)	0 (0)

Abreviações: A/M: tipo de fratura adesivo/misto; C: coesivo. FP Falha prematura. Fonte. O Autor

Tabela 7 Médias e desvios-padrão dos dados do Grau de conversão (CG, %) obtidos em cada condição experimental nos sistemas adesivos.

GRAU DE CONVERSÃO					
		POLIWAVE		MONOWAVE	
		ER	SE	ER	SE
ABU	AF	75.48 ± 1.35 B	79.32 ± 2.26 A	78.00 ± 2.11 A	77.63 ± 1.69 AB
SBU	AF	56.15 ± 3.69 ^A	57.03 ± 2.74 ^A	57.65 ± 3.85 ^A	59.53 ± 1.19 ^A

ABU: Ambar Universal, TBU Tetric N Bond Universal, SBUP: Scotchbond Universal Plus. ER: total etch, SE: self etch, AP adesivo fotopolimerizado, ANP: Adesivo não fotopolimerizado. (*) as comparações são válidas só dentro de cada adesivo. Letras maiúsculas ou minúsculas ou sobrescritas iguais indicam resultados estatisticamente similares (Tukey test, $p \geq 0,05$). Fonte. O Autor

Tabela 8 Porcentagem de passo de luz

	Wavelength Range	POLIWAVE (%)	MONOWAVE (%)
POWER DENSITY (mW/cm²)	350 - 550 nm	73.29 A	72.13 B
	350 - 425 nm	75.39 a	60.68 b
	425 - 490 nm	73.37 ^A	72.58 ^B

Letras maiúsculas ou minúsculas ou sobrescritas iguais indicam resultados estatisticamente similares (Tukey test, $p \geq 0,05$).Fonte. O Autor

Tabela 9 Irradiância transmitida

	Wavelength Range	Bluephase Controle	Bluephase com cerâmica
POWER DENSITY (mW/cm²)	Total 350 - 550 nm	1180.01	315.18
	350 - 425 nm	220.83 A	54.34 B
	425 - 490 nm	958.06 A	259.55 B
	Wavelength Range	Raddi Controle	Radii com cerâmica
	Total 350 - 550 nm	918.66	256.00
	350 - 425 nm	17.80 a	7.00 b
	425 - 490 nm	900.86 a	247.00 b

Letras maiúsculas ou minúsculas iguais indicam resultados estatisticamente similares (Tukey test, $p \geq 0,05$).Fonte. O Autor

4 PROJETO 3

4.1 OBJETIVOS

4.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo in vitro foi avaliar o efeito do comprimento de onda de um fotopolimerizador Poliwave, durante a cimentação de laminados cerâmicos no esmalte, no tempo imediato e após termociclagem.

4.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a resistência de união na cimentação de laminados cerâmicos diferenciando o comprimento de onda de um fotopolimerizador Poliwave.
- Avaliar o grau de conversão na cimentação de laminados cerâmicos, diferenciando o comprimento de onda de um fotopolimerizador Poliwave.

4.2 MATERIAL E METODOS

Cento e noventa e dois dentes bovinos, foram utilizados. Os dentes foram preparados como descritos no item 2.2.

No tratamento adesivo do dente e durante a cimentação da cerâmica, os dentes foram colocados em moldes de silicone, marcando as zonas onde seria a incidência de cada comprimento de onda do fotopolimerizador, o aparelho também foi colocado na base dele e identificando cada área para coincidir na mesma zona do dente durante a fotopolimerização do adesivo e do cimento.

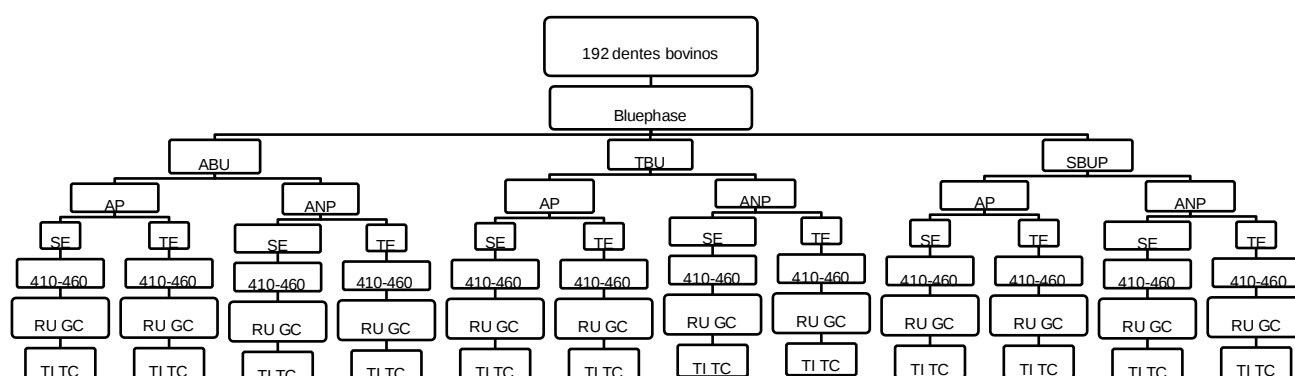
Os dentes foram aleatoriamente distribuídos nos seguintes grupos: (n = 8) 1) estratégias adesivas, a) Etch and rise (ER), Self etch (SE) 2) fotopolimerização: a) adesivo fotopolimerizado (AP): Ambar universal, ABU (FGM); Tetric N Bond Universal, TBU (Ivoclar, Vivadent); Scotchbond universal Plus, SBUP (3M ESPE) e b) adesivos não fotopolimerizados (ANP). 3) Comprimento de onda: a) 460 nm, b) 410 nm.

4.2.1 Procedimento adesivo do dente

Os Prodecimentos adesivos do dente e da cerâmicas foram as mesmas realizadas no projeto 1, com as marcações das zonas de cada comprimento de onda.

No dente o protocolo adesivo, foi realizado de acordo com instruções do fabricante, aplicando o ácido ortofosfórico (Condac, FGM, Joinville, SC, Brasil) no esmalte, durante 30 s, aplicação do adesivo, no caso do Ambar universal, ABU (FGM, Joinville, SC, Brasil); foi aplicado ativamente duas camadas com um micro-brush durante 20 s (10 s cada camada), sendo a primeira aplicada ativamente. Evaporamos o solvente usando ar suave durante 10 s e fotopolimerizados por 20 s. Para o Tetric N Bond, TBU (Ivoclar, Vivadent) e para o Scotchbond universal Plus, SBU (3M ESPE) foi aplicado adesivo ativamente por 20 s, o solvente foi evaporado do adesivo usando ar suave durante 5 s, e fotopolimerizados durante 20 s. O outro grupo do adesivo sem fotopolimerizar o procedimento foi o mesmo. O aparelho de fotopolimerização foi o Bluephase (Ivoclar, Vivadent), no modo High de 1200 mW/cm².

Figura 10 Diagrama explicativo dos grupos experimentais, projeto 3.



ABU: Ambar Universal, TBU Tetric N Bond universal, SBUP: Scotchbond Universal Plus. TE: total etch, SE: self etch. Comprimento de onda 410 e 460. AP adesivo fotopolimerizado, ANP: Adesivo não fotopolimerizado. RU Resistencia de união. GC: grau de conversão. TI: Tempo imediato e TC: Termociclagem.

Fonte. O Autor

4.2.2 Procedimento adesivo na cerâmica

Uma vez que as cerâmicas foram marcadas segundo as zonas de cada comprimento, foram realizados os procedimentos adesivos.

As cerâmicas Vita Mark II Vita Zahnfabrik, Säckingen, Germany foram cortadas na máquina de corte (Isomet 1000, Buehler Ltd., Lake Bluff, Illinois, EUA) até obter amostras de 0,8mm, depois de polidas com lixas (# 600, 800, 1000, e 1200 - 3M, St.Paul, USA) os corpos de prova foram condicionados com ácido fluorídrico 10% (Condac Porcelana, FGM, Joinville, SC, Brasil) por 60 s, lavados com água corrente durante 20 s e secos com jatos de ar. Em seguida, foi aplicada uma camada de silano Monobond N (Ivoclar Vivadent) por um minuto, e após, foram aplicadas as camadas dos adesivos ABU, TBU e SBUP (com as mesmas indicações que foram feitas para o dente sem fotopolimerizar o adesivo) para depois colocar os cimentos dependendo de cada casa comercial do adesivo, Allcem venner, AV (FGM); Variolink Esthetic, VE (Ivoclar Vivadent) e o cimento RelyX venner, RV (3 M), as laminados cerâmicos foram cimentadas sobre a porção central do dente, com pressão digital, de acordo com os grupos de estudo até o completo assentamento da restauração indireta, simulando uma cimentação clínica. Cada restauração indireta foi fotoativado de acordo com as recomendações do fabricante do agente cimentante, utilizando o aparelho de fotopolimerização (F) de amplo espectro Bluephase (Ivoclar, Vivadent), modo high - 1200 mW/cm², e mantendo sempre o controle das zonas de cada comprimento de onda. Os espécimes cimentados foram armazenados em água destilada por 24 horas a 37°C.

4.2.3 Teste de Resistencia de União

Antes de realizar o testes, a superfície da cerâmica foi marcada com cores, dependendo da zona de cada comprimento de onda.

Os dentes com as peças cerâmicas cimentadas foram adaptados ao dispositivo para máquina de corte Isomet, a qual foi equipada com um disco de diamante de 0.020" Buehler (Lake Bluff, IL, USA), e foram realizadas duas sequências de cortes longitudinais (eixo x) perpendiculares (eixo y), com a máquina calibrada a 200 rpm ajustada para realizar cortes de 1,1mm, resultando em palitos de 0,70-0,80 mm. Os palitos que formavam parte da área de fotopolimerização foram divididos segundo a zona de cada comprimento de onda e para serem testados em diferentes testes:

resistência de união (n=8) tempo imediato e após termociclagem, os que estavam fora da área da ponta do aparelho de fotopolimerização foram descartados.

Para o teste de resistência de união ao esmalte, a área de secção transversal (mm²) da interface adesiva dos palitos foram mensuradas com um paquímetro, onde esses dados foram inseridos no programa de automatização da máquina. Em seguida os palitos foram acoplados individualmente em um dispositivo de microtração (garras de Geraldeli) com cianocrilato em gel de presa lenta pelas extremidades, associado a um acelerador de cianocrilato, visando assim, posicionar a interface adesiva perpendicular ao longo eixo de tração. A garra foi acoplada na máquina de ensaio universal e tracionados até a falha sob velocidade de 1mm/min com uma célula de carga de 1000N. Os dados foram obtidos com o auxílio do programa de automatização da máquina Instron, que expressam os mesmos em Newton (N) e MegaPascal (MPa). Após o teste de microtração, os palitos tiveram uma inspeção visual e confirmada no microscópio ótico para determinar o tipo de fratura, que foi classificada em: Coesiva em dentina ou cerâmica (C) ou adesiva mista (A/M).

O teste de RU foi realizado no tempo imediato, e após 10,000 ciclos na termocicladora, onde os corpos de prova estavam submersos na água durante ciclos de 15s na água com uma temperatura de 5 e 55 graus centígrados por 15s.

4.2.4 Análise do grau de conversão (GC) por espectroscopia em Micro-Raman

Nove palitos por grupo foram selecionados para análise do grau de conversão, foram submetidos a um polimento com lixas de granulação de 1500 e 2000 por um período de 30 segundos sob irrigação. Logo após foram lavados em cuba ultrassônica por 5 minutos e secos com ar. Para análise do GC, os palitos foram levados ao espectrômetro de Raman (XploRA ONE, HORIBA Scientific, Piscataway, NJ, USA), que foi calibrado a zero e uma amostra de silício foi usada para os valores de calibração. Os espécimes foram avaliados sob os seguintes parâmetros: laser de Neônio com 632 nm de comprimento de onda a 20 mW de potência, resolução espacial de $\approx 3 \mu\text{m}$, resolução espectral de $\approx 5 \text{cm}^{-1}$ com 30 segundos de tempo de acumulação e 3 co-adições em magnificação de 100x (Olympus UK, London, UK) para um laser de $\approx 1 \mu\text{m}$ de diâmetro. Os espectros foram obtidos da interface adesiva de sítios na região da camada híbrida.

Para comparação do GC, espectros de adesivos não polimerizados foram

utilizados como referência. Com os espectros obtidos, os dados foram processados com uso do software Spectragryph (Software for optical spectroscopy 1.2.16.1) para determinação dos valores da área integrada dos picos registrados. O grau de conversão foi calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$GC \% = 1 - \left\{ \frac{I_{reat(p)} / I_{ref(p)}}{I_{reat(np)} / I_{ref(np)}} \right\} \times 100\%$$

Sendo que “I reat” refere-se aos valores integrados do pico reativo e “I ref” aos valores integrados do pico de referência, p e np são, respectivamente, polymerizados e não polymerizados. Os picos alifáticos e aromáticos a serem empregados foram 1639 cm⁻¹ e 1609 cm⁻¹. (Miletic et al. ³⁴ 2009)

Figura 11 Material e esquema da metodologia



Fonte. O Autor

Análises estatística

Os valores obtidos na resistência de união e grau de conversão foram submetidos a um teste de variância de 3 fatores (fotopolimerização do adesivo x estratégia x comprimento de onda). Para determinar a diferença par a par entre os grupos, de todos os testes; foram submetidos ao teste de Tukey (alfa<0,05).

4.3 RESULTADOS

Ao avaliar a resistência de união na cimentação de laminados cerâmicos diferenciando o comprimento de onda de um fotopolimerizador Poliwave no tempo imediato e após termociclagem não teve diferença estatística. ($p > 0,05$). (Ver tabela 10-11)

Quando avaliado o padrão de fratura, observamos que a maior porcentagem do padrão de fratura foi do tipo adesiva/mista. (Ver tabela 12)

Ao avaliar o grau de conversão na cimentação de laminados cerâmicos , diferenciando o comprimento de onda de um fotopolimerizador Poliwave, no ABU teve diferença no ER, AP, no comprimento de onda 410. ($p < 0,05$) Quando avaliado o TBU teve diferença estatística nos grupos do adesivo não fotopolimerizado. ($p < 0,05$) No SBUP teve diferença estatística no 410 do ANF na estratégia ER. ($p > 0,05$). (Ver tabela 13)

Tabela 10 Médias e desvios-padrão dos dados de resistência de união à esmalte (RU, Mpa) no tempo imediato

RESISTENCIA DE UNIÃO TEMPO IMEDIATO					
		ER		SE	
		460	410	460	410
ABU	AF	19.18 ± 2.89 A	19.27 ± 2.27 A	20.59 ± 2.02 A	18.92 ± 3.25 A
	ANF	18.68 ± 3.81 A	19.56 ± 3.82 A	19.93 ± 3.37 A	18.8 ± 3.85 A
TBU	AF	20.58 ± 3.41 a	20.28 ± 3.52 a	19.74 ± 3.26 a	18.18 ± 2.70 a
	ANF	19.66 ± 3.30 a	20.11 ± 3.03 a	19.01 ± 3.84 a	19.9 ± 3.62 a
SBU	AF	22.52 ± 3.89 ^A	22.84 ± 3.51 ^A	22.96 ± 3.76 ^A	21.77 ± 3.57 ^A
	ANF	24.28 ± 3.72 ^A	24.96 ± 3.80 ^A	23.69 ± 3.60 ^A	23.86 ± 3.89 ^A

ABU: Ambar Universal, TBU: Tetric N Bond Universal, SBUP: Scotchbond Universal Plus. ER: total etch, SE: self etch, AP adesivo fotopolimerizado, ANP: Adesivo não fotopolimerizado. Comprimento de onda: 460-410. (*) as comparações são validas só dentro de cada adesivo. Letras maiúsculas ou minúsculas ou sobrescritas iguais indica, resultados estatisticamente similares (Tukey test, $p \geq 0,05$).

Fonte. O Autor

Tabela 11 Médias e desvios-padrão dos dados de resistência de união à esmalte (RU, Mpa) após termociclagem

RESISTENCIA DE UNIÃO APÓS TERMOCICLAGEM					
		ER		SE	
		460	410	460	410
ABU	AP	19.38 ± 3.32 A	18.12 ± 3.17 A	17.54 ± 3.56 A	18.4 ± 2.81 A
	ANP	19.05 ± 2.34 A	19.54 ± 2.62 A	18.03 ± 3.33 A	17.12 ± 1.36 A
TBU	AP	20.1 ± 2.82 a	19.37 ± 2.54 a	21.14 ± 2.60 a	21.79 ± 2.28 a
	ANP	21.87 ± 2.75 a	20.87 ± 2.61 a	21.7 ± 2.69 a	21.83 ± 2.70 a
SBU	AP	25.02 ± 2.53 ^A	24.59 ± 2.97 ^A	24.06 ± 2.78 ^A	23.1 ± 3.35 ^A
	ANP	23.28 ± 2.79 ^A	23.42 ± 2.63 ^A	24.14 ± 1.83 ^A	23.44 ± 3.87 ^A

ABU: Ambar Universal, TBU: Tetric N Bond Universal, SBUP: Scotchbond Universal Plus. ER: total etch, SE: self etch, AP adesivo fotopolimerizado, ANP: Adesivo não fotopolimerizado. Comprimento de onda: 460-410. (*) as comparações são validas só dentro de cada adesivo. Letras maiúsculas ou minúsculas ou sobrescritas iguais indica, resultados estatisticamente similares (Tukey test, $p \geq 0,05$).

Fonte. O Autor

Tabela 12 Número (%) de espécimes de acordo com o tipo de fratura.

			TI						TC					
			460			410			460			410		
			C	AM	FP	C	AM	FP	C	AM	FP	C	AM	FP
ABU	AP	ER	9 (25)	27 (75)	0 (0)	5 (19)	22 (81)	0 (0)	10 (40)	13 (52)	2 (8)	6 (26)	14 (61)	3 (13)
		SE	2 (7)	27 (93)	0 (0)	9 (35)	17 (65)	0 (0)	3 (14)	17 (77)	2 (9)	2 (10)	18 (90)	0 (0)
	ANP	ER	5 (16)	26 (84)	0 (0)	4 (12)	29 (88)	0 (0)	4 (16)	18 (72)	3 (12)	3 (14)	16 (73)	3 (14)
		SE	7 (27)	19 (73)	0 (0)	6 (25)	18 (75)	0 (0)	0 (0)	22 (81)	5 (19)	1 (5)	18 (86)	2 (10)
TBU	AP	ER	12 (46)	14 (54)	0 (0)	10 (43)	12 (52)	1 (5)	7 (26)	20 (74)	0 (0)	8 (36)	12 (55)	2 (9)
		SE	5 (15)	28 (85)	0 (0)	6 (20)	23 (77)	1 (3)	5 (16)	23 (74)	3 (10)	3 (13)	20 (87)	0 (0)
	ANP	ER	9 (26)	25 (74)	0 (0)	7 (28)	18 (72)	3 (12)	23 (88)	23 (88)	0 (0)	10 (34)	19 (66)	0 (0)
		SE	14 (44)	18 (56)	0 (0)	11 (42)	15 (58)	0 (0)	3 (10)	25 (83)	2 (7)	5 (21)	19 (79)	0 (0)
SBUP	AP	ER	10 (42)	24 (71)	0 (0)	12 (40)	18 (60)	0 (0)	8 (28)	21 (72)	0 (0)	2 (8)	23 (92)	0 (0)
		SE	10 (36)	18 (64)	0 (0)	3 (13)	20 (87)	0 (0)	6 (21)	22 (76)	1 (3)	3 (14)	17 (81)	1 (5)
	ANP	ER	13 (39)	20 (61)	0 (0)	11 (35)	20 (65)	0 (0)	10 (40)	15 (60)	0 (0)	9 (36)	16 (64)	0 (0)
		SE	3 (10)	29 (91)	0 (0)	4 (14)	25 (86)	0 (0)	3 (15)	17 (85)	0 (0)	2 (10)	18 (90)	0 (0)

Abreviações: A/M: tipo de fratura adesivo/misto; C: coesivo. FP Falha prematura. ABU: Ambar Universal, TBU: Tetric N Bond Universal, SBUP: Scotchbond Universal Plus. ER: total etch, SE: self etch, AP adesivo fotopolimerizado, ANP: Adesivo não fotopolimerizado. Comprimento de onda: 460-410.

Fonte: O Autor

Tabela 13 Médias e desvios-padrão dos dados do Grau de conversão. (CG, %) obtidos em cada condição experimental nos sistemas adesivos.

GRAU DE CONVERSÃO					
		ER		SE	
		460	410	460	410
ABU	AP	76.95 ± 1.46 AB	73.05 ± 3.22 B	76.96 ± 1.57 AB	75.42 ± 2.7 AB
	ANP	77.00 ± 1.63 AB	77.22 ± 2.85 A	75.4 ± 3.61 AB	77.39 ± 3.34 A
TBU	AP	85.01 ± 2.7 a	85.56 ± 1.67 a	84.59 ± 2.89 a	87.32 ± 2.49 a
	ANP	72.47 ± 2.88 b	69.64 ± 2.8 bc	68.5 ± 2.07 c	68.07 ± 3.47 c
SBUP	AP	57.89 ± 3.05 ^A	57.46 ± 3.68 ^A	57.43 ± 3.18 ^A	58.59 ± 1.70 ^A
	ANP	55.6 ± 3.05 ^{AB}	52.06 ± 2.48 ^B	57.72 ± 3.58 ^A	56.92 ± 3.87 ^A

ABU: Ambar Universal, TBU: Tetric N Bond Universal, SBUP: Scotchbond Universal Plus. ER: total etch, SE: self etch, AP adesivo fotopolimerizado, ANP: Adesivo não fotopolimerizado. Comprimento de onda: 460-410 (*) as comparações são válidas só dentro de cada adesivo. Letras maiúsculas ou minúsculas ou sobrescritas iguais indica, resultados estatisticamente similares (Tukey test, $p \geq 0,05$).

Fonte. O Autor

5 DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos neste estudo, oferece dados importantes sobre o desempenho de diferentes fotopolimerizadores e estratégias de adesão na cimentação de laminados cerâmicos, bem como a influência de fotopolimerizar o adesivo nas propriedades de resistência de união ao esmalte.

No projeto 1 em relação á RU, com as diferenças entre os três adesivos utilizados neste projeto, sugere que cada adesivo pode ter propriedades únicas que influenciam sua eficácia na união ao esmalte. Além disso, as comparações entre as estratégias de fotopolimerização mostraram que não houve diferenças significativas entre os AF e ANF. Isso sugere que fotopolimerizar ou não o adesivo pode não ter um impacto substancial na resistência de união dos adesivos testados. Porém muitos estudos defendem a fotopolimerização prévia do adesivo, porque é um procedimento crucial na odontologia restauradora, pois desempenha um papel fundamental na garantia de uma ligação eficaz entre os substratos dentários e os materiais restauradores (de Almeida et al. ³⁶ 2018; Cardoso et al. ³⁷ 2011; Matos et al. ³⁸ 2017), os monômeros presentes no adesivo são completamente polimerizados, resultando em uma camada adesiva mais coesa e estável, contribuindo para a longevidade da restauração (de Almeida et al. ³⁶ 2018; Van Meerbeek et al. ³⁹ 1998), pode melhorar a adaptação marginal, reduzindo o risco de infiltração ao longo do tempo para obter resultados clínicos previsíveis e duradouros (Matos et al. ³⁸ 2017).

Sabendo sobre os resultados divergentes do estudo, é possível imaginar que mesmo sem fotopolimerizar o adesivo, os resultados são aceitáveis e isso pode ser atribuído a fatores como a copolimerização dos adesivos com os cimentos, a capacidade dos materiais de serem fotopolimerizados através das cerâmicas ou a compatibilidade entre o adesivo e o cimento.

Neste estudo os dados de RU após termociclagem foram maiores do que no tempo imediato é isso pode sugerir que poderiam funcionar bem na longevidade. No Grau de conversão, com as diferenças tanto entre os adesivos e nos protocolos de fotopolimerização do adesivo, nos levam a pensar que isso pode ter acontecido pelas diferentes formulações e mecanismos de ação de cada adesivo, e esses fatores podem afetar a conversão de monômeros em polímeros durante o processo de fotopolimerização e colagem (Cadenaro et al. ⁴⁰ 2005; Koshida et al. ⁴¹ 2020; Swift Jr et al. ⁴² 1998), as composições químicas dos matérias foram descritas no Quadro

1. Os resultados de GC do AMB e O TBU foram consistentes com os de Hass et al (Hass et al. ⁴³ 2013).

Os materiais usados contêm diferentes fotoiniciadores e isso foi analisado também no mapeamento, e forneceu informações valiosas sobre as alterações químicas que ocorrem na interface do adesivo. As variações no GC entre diferentes adesivos destacam as interações complexas entre a química do adesivo e as condições de fotopolimerização. Essas descobertas enfatizam a importância de otimizar as formulações de adesivos e os protocolos de fotopolimerização para obter polimerização e propriedades adesivas adequadas, também sugere que tanto o tipo de adesivo quanto o método de polimerização podem influenciar a eficácia da conversão dos monômeros em polímeros, afetando assim as propriedades finais do adesivo.

Ao falar sobre a simplificação dos protocolos adesivos, a estratégia do AFN pode ser uma opção considerando o tempo e o número de passos a seguir, assim poderíamos ter menos chances de erros e conseguir melhorar a adesão de laminados cerâmicos.

No projeto 2, mesmo que os dois adesivos utilizados, tem o mesmo fotoiniciador, a ABU teve diferenças entre os aparelhos PW e MW. A canforoquinona é um fotoiniciador mais comum utilizado em adesivos dentários para iniciar o processo de fotopolimerização quando ativado pela luz de uma fonte de polimerização, é está presente nos adesivos utilizados neste projeto (Kowalska et al. ⁴⁴ 2021). No entanto, a canforoquinona é sensível a determinados comprimentos de onda de luz, especialmente na faixa azul do espectro visível, entre 400-490nm (Temel et al. ⁴⁵ 2011; Pratap et al. ⁴⁶ 2019). Os fotopolimerizadores Polywave emitem uma luz policromática, que inclui uma ampla gama de comprimentos de onda, incluindo a luz azul. No entanto, a proporção de luz azul pode ser menor em comparação com outros fotopolimerizadores mais convencionais, é isso poderia explicar a diferença na RU no ABU comparado como MW (Maucoski et al. ³⁵ 2022). Portanto, ao utilizar um adesivo que contenha canforoquinona e fotopolimerizá-lo com um aparelho Polywave, pode ocorrer uma menor eficiência na ativação da fotopolimerização, uma vez que a quantidade de luz azul, necessária para ativar a canforoquinona, pode ser reduzida. Isso pode resultar em uma fotopolimerização menos eficaz do adesivo, levando a uma menor resistência de união em comparação com a fotopolimerização utilizando um fotopolimerizador Monowave, que emite uma quantidade maior de luz azul

(Rueggeberg et al. ³¹ 2017).

O passo de luz através de um laminado cerâmico usando aparelhos Polywave e Monowave pode ser influenciado pela composição do material cerâmico e pela capacidade dos fotopolimerizadores em penetrar e ativar os fotoiniciadores presentes no adesivo subjacente (Scotti et al. ⁴⁷ 2020). E no nosso estudo teve diferenças utilizando a mesma cerâmica, (Vita Mark II) com a mesma espessura, (0.8mm) mais sendo aceitável para fotopolimerizar o adesivo.

Os fotopolimerizadores Polywave emitem uma ampla gama de comprimentos de onda, incluindo luz visível e infravermelha próxima (Varshney et al. ⁴⁸ 2022). Essa luz policromática pode penetrar mais profundamente no material cerâmico devido à sua capacidade de interagir com uma variedade de componentes. É importante considerar que nem todos os comprimentos de onda podem ser igualmente eficazes na ativação dos fotoiniciadores presentes no adesivo (Leprince et al. ⁴⁹ 2011; Price et al. ⁵⁰ 2015). No entanto quando comparados os comprimentos de onda dos aparelhos utilizados neste estudo, não tiveram diferenças no passo de luz. Diferente dos resultados obtidos por Delgado et al (Delgado et al. ⁵¹ 2019), donde analiso um Poliwave e embora tenha uma irradiância significativa, apenas 25% da luz foi emitida no espectro violeta, enquanto os restantes 75% foram emitidos no espectro azul. Porém no mesmo estúdio analiso a irradiância e a mais baixa foi observada no espectro violeta, coincidindo com os nossos resultados. Por outro lado, os fotopolimerizadores Monowave emitem predominantemente luz azul, que é conhecida por sua capacidade de ativar eficientemente os fotoiniciadores, como a canforoquinona, frequentemente utilizada em adesivos dentários (Sun et al. ³⁰ 2000; Kwon et al. ⁵² 2012).

Portanto, ao considerar o passo de luz através de um laminado cerâmico, os fotopolimerizadores Polywave podem ter uma capacidade de penetração mais profunda, mas podem apresentar uma eficiência reduzida na fotopolimerização do adesivo devido à distribuição limitada de comprimentos de onda ideais. Por outro lado, os fotopolimerizadores Monowave, embora não penetrem tão profundamente, podem ser mais eficazes na ativação dos fotoiniciadores presentes no adesivo próximo à superfície do laminado cerâmico.

Os Poliwave e Monowave utilizados durante este projeto são duas opções populares no mercado, cada uma com características únicas e uma faixa de preços distintiva. A escolha entre um fotopolimerizador Poliwave e um Monowave dependerá

das necessidades específicas do usuário, do orçamento disponível e das preferências pessoais. Ao considerar o preço junto com outros fatores como características, durabilidade e custos de manutenção e os resultados deste projeto, podemos ver que as duas funcionam corretamente ao realizar procedimentos de cimentação de laminados cerâmicos.

No projeto 3, ao comparar os comprimentos de onda sugere que os comprimentos de onda utilizado no fotopolimerizador Poliwave (460 nm e 410nm) de luz azul e violeta, não teve impacto significativo na resistência de união das laminados cerâmicos imediatamente após a cimentação e após o processo de termociclagem. Isso pode ser por causa de uma mistura dos feixes do comprimento de onda, além das características do aparelho utilizado, que oferece uma intensidade de luz adequada para uma rápida e eficaz polimerização dos materiais, garantindo resultados de alta qualidade.

Ao avaliar o grau de conversão os resultados sugerem que o comprimento de onda específico utilizado pelo fotopolimerizador Poliwave pode influenciar o grau de conversão do adesivo e, conseqüentemente, a qualidade da cimentação de laminados cerâmicos. No entanto, mais estudos são necessários para compreender completamente os efeitos dessas diferenças no desempenho clínico das restaurações. Portanto, o passo de luz através de uma cerâmica fotopolimerizada com um fotopolimerizador Polywave envolve uma série de interações complexas que podem afetar a eficácia da fotopolimerização dos materiais dentários e suas propriedades finais. A compreensão desses efeitos é fundamental para garantir resultados clínicos previsíveis e duradouros em procedimentos restauradores indiretos.

Esses achados destacam a importância de considerar não apenas o tipo de adesivo e sistema restaurador, mas também o tipo de fotopolimerizador utilizado, assim como sua intensidade e distribuição de luz, para garantir uma adesão eficaz e duradoura em procedimentos restauradores dentários.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados desse estudo in vitro, as seguintes conclusões foram obtidas:

1. A estratégia de fotopolimerizar ou não o adesivo na cimentação de laminados cerâmicos não demonstrou impacto nas propriedades adesivas dessas restaurações.
2. A escolha entre os fotopolimerizadores Poliwave e Monowave pode influenciar na eficácia da cimentação de laminados cerâmicos, dependendo dos materiais utilizados.
3. Ao comparar os comprimentos de onda (460nm - 410nm) ao utilizar o aparelho Poliwave, não foram observadas influências significativas na cimentação de laminados cerâmicos no esmalte.

Os resultados destacam a importância de considerar cuidadosamente o tipo de fotopolimerizador e a estratégia de adesão ao realizar procedimentos restauradores. Esses achados fornecem informações valiosas para os profissionais de odontologia, auxiliando na tomada de decisões clínicas para alcançar resultados ótimos e duradouros em procedimentos restauradores. Estudos adicionais são necessários para esclarecer o que acontece com outros materiais.

REFERÊNCIAS

1. Schneider LFJ, Ribeiro RB, Liberato WF, Salgado VE, Moraes RR, Cavalcante LM. Curing potential and color stability of different resin-based luting materials. *Dental Materials*. 2020;36(10):e309-e15.
2. Hernandez DK, Arrais CA, Lima E, Cesar PF, Rodrigues JA. Influence of resin cement shade on the color and translucency of ceramic veneers. *Journal of applied oral science : revista FOB*. 2016; Jul-Aug;24(4):391-6.
3. Tian T, Tsoi JK-H, Matinlinna JP, Burrow MF. Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. *Dental materials*. 2014;30(7):e147-e62.
4. van Dijken JW, Hasselrot L. A prospective 15-year evaluation of extensive dentin–enamel-bonded pressed ceramic coverages. *Dental materials*. 2010;26(9):929-39.
5. Layton DM, Clarke M. A systematic review and meta-analysis of the survival of non-feldspathic porcelain veneers over 5 and 10 years. *The International journal of prosthodontics*. 2013; Mar-Apr;26(2):111-24.
6. Petridis HP, Zekeridou A, Malliari M, Tortopidis D, Koidis P. Survival of ceramic veneers made of different materials after a minimum follow-up period of five years: a systematic review and meta-analysis. *The European journal of esthetic dentistry : official journal of the European Academy of Esthetic Dentistry*. 2012; Summer;7(2):138-52.
7. Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs). *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2015; Jun;31(6):603-23.
8. Burke FJT. Longevity of Indirect and Direct Restorations in Anterior Teeth. *Primary dental journal*. 2023; Jun;12(2):76-84.
9. Layton DM, Clarke M, Walton TR. A systematic review and meta-analysis of the survival of feldspathic porcelain veneers over 5 and 10 years. *The International journal of prosthodontics*. 2012; Nov-Dec;25(6):590-603.
10. Layton DM, Walton TR. The up to 21-year clinical outcome and survival of feldspathic porcelain veneers: accounting for clustering. *The International journal of prosthodontics*. 2012; Nov-Dec;25(6):604-12.
11. Beier US, Kapferer I, Burtscher D, Dumfahrt H. Clinical performance of porcelain laminate veneers for up to 20 years. *The International journal of prosthodontics*. 2012; Jan- Feb;25(1):79-85.
12. Peumans M, De Munck J, Fieuws S, Lambrechts P, Vanherle G, Van Meerbeek B. A prospective ten-year clinical trial of porcelain veneers. *The journal of adhesive dentistry*. 2004; Spring;6(1):65-76.

13. Gurel G, Sesma N, Calamita MA, Coachman C, Morimoto S. Influence of enamel preservation on failure rates of porcelain laminate veneers. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. 2013; Jan-Feb;33(1):31-9.
14. Gresnigt M, Cune M, Jansen K, Van der Made S, Özcan M. Randomized clinical trial on indirect resin composite and ceramic laminate veneers: Up to 10-year findings. *Journal of dentistry*. 2019;86:102-9.
15. Arif R, Dennison JB, Garcia D, Yaman P. Retrospective evaluation of the clinical performance and longevity of porcelain laminate veneers 7 to 14 years after cementation. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2019;122(1):31-7.
16. Albanesi RB, Pigozzo MN, Sesma N, Laganá DC, Morimoto S. Incisal coverage or not in ceramic laminate veneers: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2016; Sep;52:1-7.
17. da Costa DC, Coutinho M, de Sousa AS, Ennes JP. A meta-analysis of the most indicated preparation design for porcelain laminate veneers. *The journal of adhesive dentistry*. 2013; Jun;15(3):215-20.
18. Granell-Ruiz M, Agustín-Panadero R, Fons-Font A, Román-Rodríguez JL, Solá-Ruiz MF. Influence of bruxism on survival of porcelain laminate veneers. *Medicina oral, patologia oral y cirugía bucal*. 2014; Sep 1;19(5):e426-32.
19. Morimoto S, Albanesi RB, Sesma N, Agra CM, Braga MM. Main Clinical Outcomes of Feldspathic Porcelain and Glass-Ceramic Laminate Veneers: A Systematic Review and Meta- Analysis of Survival and Complication Rates. *The International journal of prosthodontics*. 2016; Jan-Feb;29(1):38-49.
20. Naik VB, Jain AK, Rao RD, Naik BD. Comparative evaluation of clinical performance of ceramic and resin inlays, onlays, and overlays: A systematic review and meta analysis. *J Conserv Dent*. 2022; Jul-Aug;25(4):347-55.
21. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Van Landuyt K, Yoshida Y, Peumans M. From Buonocore's Pioneering Acid-Etch Technique to Self-Adhering Restoratives. A Status Perspective of Rapidly Advancing Dental Adhesive Technology. *The journal of adhesive dentistry*. 2020;22(1):7-34.
22. Pegoraro TA, da Silva NR, Carvalho RM. Cements for use in esthetic dentistry. *Dental clinics of North America*. 2007;51(2):453-71.
23. Manso AP, Silva NR, Bonfante EA, Pegoraro TA, Dias RA, Carvalho RM. Cements and adhesives for all-ceramic restorations. *Dental Clinics*. 2011;55(2):311-32.
24. Trajtenberg CP, Caram SJ, Kiat-amnuay S. Microleakage of all-ceramic crowns using self- etching resin luting agents. *Operative dentistry*. 2008;33(4):392-9.
25. De Souza G, Braga RR, Cesar PF, Lopes GC. Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: a literature review. *Journal of Applied Oral Science*. 2015;23:358-68.

26. Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-Curing Units: A Review of What We Need to Know. *J Dent Res*. 2015; Sep;94(9):1179-86.
27. Strazzi Sahyon HB, Chimanski A, Yoshimura HN, Dos Santos PH. Effect of previous photoactivation of the adhesive system on the color stability and mechanical properties of resin components in ceramic laminate veneer luting. *J Prosthet Dent*. 2018; Oct;120(4):631.e1-.e6.
28. Marchionatti AME, Wandscher VF, May MM, Bottino MA, May LG. Color stability of ceramic laminate veneers cemented with light-polymerizing and dual-polymerizing luting agent: A split-mouth randomized clinical trial. *J Prosthet Dent*. 2017; Nov;118(5):604-10.
29. Barghi N, Berry T, Hatton C. Evaluating intensity output of curing lights in private dental offices. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 1999;11(6):339.
30. Sun GJ, Chae KH. Properties of 2,3-butanedione and 1-phenyl-1,2-propanedione as new photosensitizers for visible light cured dental resin composites. *Polymer*. 2000; 2000/07/01;41(16):6205-12.
31. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Brazilian oral research*. 2017;31.
32. Ghavam M, Amani-Tehran M, Saffarpour M. Effect of accelerated aging on the color and opacity of resin cements. *Oper Dent*. 2010; Nov-Dec;35(6):605-9.
33. Lührs AK, De Munck J, Geurtsen W, Van Meerbeek B. Composite cements benefit from light-curing. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2014; Mar;30(3):292-301.
34. Miletic V, Santini A, Trkulja I. Quantification of monomer elution and carbon–carbon double bonds in dental adhesive systems using HPLC and micro-Raman spectroscopy. *Journal of Dentistry*. 2009; 2009/03/01;37(3):177-84.
35. Maucoski C, Price RB, Arrais CA, Sullivan B. Power output from 12 brands of contemporary LED light-curing units measured using 2 brands of radiometers. *PloS one*. 2022;17(7):e0267359.
36. de Almeida CENF, Sampaio-Fernandes MMF, Reis-Campos JC, de Castro Rocha JM, da Silva MHGF, Sampaio-Fernandes JCA. Image processing as a tool for evaluating denture adhesives removal techniques. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization*. 2018.
37. Cardoso M, de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J, et al. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Australian dental journal*. 2011;56:31-44.
38. Matos AB, Trevelin LT, Silva B, Francisconi-Dos-Rios LF, Siriani LK, Cardoso MV. Bonding efficiency and durability: current possibilities. *Braz Oral Res*. 2017; Aug 28;31(suppl 1):e57.

39. Van Meerbeek B, Perdigao J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *Journal of dentistry*. 1998;26(1):1-20.
40. Cadenaro M, Antonioli F, Sauro S, Tay FR, Di Lenarda R, Prati C, et al. Degree of conversion and permeability of dental adhesives. *European journal of oral sciences*. 2005;113(6):525-30.
41. Koshida S, Maeno M, Nara Y. Effect of differences in the type of restoration and adhesive resin cement system on the bonding of CAD/CAM ceramic restorations. *Dental materials journal*. 2020;39(6):1022-32.
42. Swift Jr EJ, May Jr KN, Wilder Jr AD. Effect of polymerization mode on bond strengths of resin adhesive/cement systems. *Journal of Prosthodontics*. 1998;7(4):256-60.
43. Hass V, Dobrovolski M, Zander-Grande C, Martins GC, Gordillo LAA, Accorinte MdLR, et al. Correlation between degree of conversion, resin–dentin bond strength and nanoleakage of simplified etch-and-rinse adhesives. *Dental materials*. 2013;29(9):921-8.
44. Kowalska A, Sokolowski J, Bociong K. The photoinitiators used in resin based dental composite—a review and future perspectives. *Polymers*. 2021;13(3):470.
45. Temel G, Enginol B, Aydin M, Balta DK, Arsu N. Photopolymerization and photophysical properties of amine linked benzophenone photoinitiator for free radical polymerization. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 2011; 2011/03/05/;219(1):26-31.z
46. Pratap B, Gupta RK, Bhardwaj B, Nag M. Resin based restorative dental materials: characteristics and future perspectives. *The Japanese dental science review*. 2019; Nov;55(1):126-38.
47. Scotti N, Baldi A, Vergano EA, Kubo CH, Torres CRG. Light-Curing Units. *Modern Operative Dentistry: Principles for Clinical Practice*. 2020:435-64.
48. Varshney I, Jha P, Nikhil V. Effect of monowave and polywave light curing on the degree of conversion and microhardness of composites with different photoinitiators: An: in vitro: study. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*. 2022;25(6):661-5.
49. Leprince J, Hadis M, Shortall A, Ferracane J, Devaux J, Leloup G, et al. Photoinitiator type and applicability of exposure reciprocity law in filled and unfilled photoactive resins. *Dental Materials*. 2011;27(2):157-64.
50. Price R, Ferracane J, Shortall A. Light-curing units: a review of what we need to know. *Journal of Dental Research*. 2015;94(9):1179-86.
51. Delgado A, Castellanos E, Sinhoreti MC, Oliveira D, Abdulhameed N, Geraldeli S, et al. The use of different photoinitiator systems in photopolymerizing resin cements through ceramic veneers. *Operative dentistry*. 2019;44(4):396-404.
52. Kwon TY, Bagheri R, Kim YK, Kim KH, Burrow MF. Cure mechanisms in materials for

use in esthetic dentistry. Journal of investigative and clinical dentistry. 2012; Feb;3(1):3-16.