

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Odontologia
Programa de Pós-Graduação em Odontologia



Tese

Fatores associados à cor em facetas diretas e indiretas

Ana Paula Perroni

Pelotas, 2020

Ana Paula Perroni

Fatores associados à cor em facetas diretas e indiretas

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Odontologia, área de concentração Prótese Dentária.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Noéli Boscato
Coorientador: Prof. Dr. Rafael Ratto de Moraes

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P459f Perroni, Ana Paula

Fatores associados à cor em facetas diretas e indiretas /
Ana Paula Perroni ; Noéli Boscato, orientadora ; Rafael Ratto
de Moraes, coorientador. — Pelotas, 2020.

119 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em
Clínica Odontológica - ênfase em Prótese dentária,
Odontologia, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Facetas de cerâmica. 2. Agente de cimentação. 3.
Translucidez. 4. Espectrofotometria. 5. Resina composta. I.
Boscato, Noéli, orient. II. Moraes, Rafael Ratto de, coorient.
III. Título.

Black : D3

Ana Paula Perroni

Fatores associados à cor em facetas diretas e indiretas

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutora em Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia de Pelotas, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 25/03/2020

Banca examinadora:

Prof. Dr. Rafael Ratto de Moraes

Doutor em Materias Dentários pela Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Wellington Luiz de Oliveira da Rosa

Doutor em Odontologia (área de Materiais Odontológicos) pela Universidade Federal de Pelotas

Prof^a. Dr^a. Ana Paula Rodrigues Gonçalves

Doutora em Clínica Odontológica com Ênfase em Dentística e Cariologia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Josué Martos

Doutor em Investigación Avanzada en Odontología pela Universidad de Granada/Espanha

Prof^a. Dr^a. Analice da Cunha Rocha (suplente)

Doutora em em Odontologia (área de concentração em Dentística) pela Universidade Federal de Pelotas

Prof^a. Dr^a. Cristina Pereira Isolan (suplente)

Doutora em em Odontologia (área de Materiais Odontológicos) pela Universidade Federal de Pelotas

Agradecimentos

À Universidade Federal de Pelotas e à Faculdade de odontologia por todo o aprendizado e crescimento que me foi proporcionado ao longo destes 10 anos. Ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFPel e seus professores, pelos conhecimentos transmitidos, fundamentais à minha formação.

À minha orientadora Profa. Dra. Noéli Boscato, obrigada por todo apoio e por ser um exemplo de dedicação. Estes anos de convivência me possibilitaram um grande crescimento pessoal e profissional. Agradeço por todos ensinamentos e pela amizade dentro e fora do ambiente acadêmico.

Ao meu coorientador professor Rafael Moraes que esteve presente em diversos momentos da minha formação e aceitou assumir minha orientação na reta final deste trabalho. Agradeço os ensinamentos, as conversas e a parceria ao longo destes anos de pós graduação.

Aos professores Alexandre Masotti, Patrícia Jardim, Josué Martos, Luiz Fernando Silveira e Noéli Boscato (novamente pois ela merece agradecimento duplo) pela capacidade de ensinar a prática da odontologia com maestria.

À todos os pacientes, participantes do estudo clínico, e colegas do CEOM que possibilitaram que este trabalho pudesse ser realizado. Agradeço à amiga e colega Fabiola Barbon que colaborou realizando as coltetas em Passo Fundo.

Aos alunos que tive possibilidade de orientar e co-orientar ao longo destes anos na Pós-Graduação: Thais Gioda Noronha, Paula Balestrin, Laura Morel e Guilherme Holanda, espero ter contribuído com a formação de cada um de vocês.

Ao colega e funcionário da Secretaria de Pós-Graduação Celaniro Junior pela disponibilidade e amizade durante estes anos.

Aos meus amigos Amália Bielemann, Ana Paula Gonçalves, Cinthia Studzinski, Karine Duarte, Lucas Brondani e Wellington Luiz de Oliveira da Rosa pela amizade, apoio e companheirismo em todos os momentos ao longo desta jornada.

Ao meu noivo Giovanni, que mesmo distante foi presente e me apoiou em todos os momentos. Obrigado por todo amor e compreensão. Agradeço também à sua família, por todo o carinho e acolhimento.

Aos meus pais e a minha avó por toda paciência e pelo amor incondicional. Obrigada por acreditarem mim e me incentivarem à seguir meus sonhos.

Resumo

PERRONI, Ana Paula. **Fatores associados à cor em facetas diretas e indiretas.** 2020. 119f. Tese de Doutorado em Odontologia – Programa de Pós Graduação em Odontologia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

O resultado estético de restaurações, diretas ou indiretas, é influenciado por diversos fatores, tais como a cor e a espessura do material restaurador, o agente de cimentação utilizado e tipo e cor do substrato dental, os quais atuam sinérgicamente no resultado final. A busca pela excelência nos tratamentos torna necessária a ampliação do conhecimento acerca dos materiais e suas características, assim como o efeito da estrutura dental subjacente no resultado final de restaurações. Assim, a presente tese foi dividida em três artigos. O primeiro artigo foi uma revisão sistemática de estudos *in vitro* que investigou a influência de agentes de cimentação e fatores associados à cor em facetas cerâmicas. Nos 21 artigos incluídos na revisão foram coletados dados referentes ao efeito do agente de cimentação, sistemas cerâmicos, efeito do substrato, envelhecimento e tratamentos de superfície na alteração de cor. Considerando os aspectos de cor dos agentes de cimentação, a translucidez e o valor apresentaram as maiores diferenças de cor visíveis. O efeito da cor do agente de cimentação nas facetas foi afetado pela espessura e opacidade da cerâmica. O segundo artigo foi um estudo *in vitro* para avaliar a capacidade de mascaramento de diferentes camadas e opacidades em facetas de resina composta direta sobre diferentes cores de substratos. Doze facetas de resina composta foram alocadas de acordo com a cor da resina composta (A1 e A2) e opacidade das camadas (monocamadas - esmalte, corpo ou dentina; bicamadas - esmalte + corpo ou esmalte + dentina; tricamada - esmalte + corpo + dentina) sobre as diferentes cores de substratos (A1, A3, C4 e C4 +). A capacidade de mascaramento e a translucidez foram calculadas com base nas coordenadas de cores CIE L * a * b * avaliadas com um espectrofotômetro. As diferentes camadas de resina composta proporcionaram capacidade de mascaramento para os diferentes substratos testados. Destacou-se a importância do conhecimento das diferenças de cor e opacidade dos materiais, principalmente para substratos dentais mais escuros. E para o terceiro artigo foi realizado um estudo clínico para avaliar a influência da cor do agente de cimentação, cor e espessura da cerâmica e do substrato dental nas propriedades ópticas de facetas cerâmicas. Foram avaliados 16 pacientes que receberam 95 restaurações de dissilicato de lítio. As coordenadas de cor CIE L * a * b * foram medidas com um espectrofotômetro antes e após o preparo dental, cerâmica sobre substrato e cerâmica cimentada. Foi calculada a diferença de cor (ΔE_{00}) para cada variável (cor inicial, cor do substrato, espessura da cerâmica e valor do agente de cimentação). Todas as cores do agente de cimentação influenciaram as propriedades ópticas finais das facetas cerâmicas, as cerâmicas mais espessas apresentaram maior capacidade de mascaramento e o agente de cimentação de alto valor mostrou diferença de cor abaixo do limite de aceitabilidade sobre o substrato mais escuro. Com base nos estudos apresentados, foi possível concluir que a reprodução de dentes naturais é um processo complexo e torna-se importante o correto planejamento e adequada escolha do material restaurador, principalmente em casos de substratos escurecidos.

Palavras-chave: Facetas de cerâmica. Translucidez. Agente de cimentação. Espectrofotometria. Resina composta.

Abstract

Perroni, Ana Paula. **Associated factors on the color of direct and indirect veneers**. 2020. 119p. Thesis PhD in Dentistry. Graduate Program in Dentistry. Federal University of Pelotas, Pelotas, 2020.

The aesthetic result of restorations, direct or indirect, is influenced by several factors, such as the color and thickness of the restorative material, the luting agent used and the type and shade of the dental substrate, which are performed synergistically in the final result. The search for excellence in dental procedures is necessary to expand knowledge about materials and their characteristics, such as the effect of the underlying dental structure on the final result of restorations. Thus, the present thesis was divided into three articles. The first article was a systematic review of in vitro studies to investigate the influence of luting agents and factors associated with color of ceramic veneers. Data regarding the effect of light-cured luting agent, ceramic systems, effect of background, accelerated aging and surface treatments on color change were collected from 21 articles included in the review. Considering the shade aspects of luting agents, translucency and value showed the greatest visible color differences for CLVs. The effect of luting agent shade on the color of veneers is greatly affected by ceramic thickness and opacity. The second article was an in vitro study to evaluate the masking ability of different layers and opacities in direct composite resin veneers over different substrate shades. Twelve resin composite veneers were allocated according to composite layering shades (A1 and A2) and opacity (Monolayers – enamel, body, or dentin; Bilayers – enamel + body, or enamel + dentin; Trilayer – enamel + body + dentin) on simulated tooth-colored substrates in four different shades (A1, A3, C4 and C4+). The masking ability and translucency were calculated based on CIE L*a*b* color coordinates measured with a spectrophotometer. The resin composite layering technique yielded masking ability to the different tooth-colored substrates tested. The importance of knowing the differences in color and opacity of the materials was highlighted, especially for darker dental substrates. And for the third article, was a clinical study to evaluate the influence of the color of the luting agent, color and thickness of the ceramic and the dental substrate on the optical properties of ceramic veneers. Sixteen patients who received 95 lithium disilicate restorations were evaluated. The color coordinates CIE L * a * b * were measured with a spectrophotometer before and after dental preparation, ceramic over substrate and luted ceramic. The color difference (ΔE_{00}) for each variable (baseline shade, substrate shade, ceramic thickness and luting agent shade value) was used to calculate. All the shades of the luting agent influenced the optical properties of the ceramic veneers, the thicker ceramics showed greater masking ability and the high value luting agent showed a color difference below the acceptability limit on the darker substrate. Based on the studies presented, it was possible to conclude that the reproduction of natural teeth is a complex process and the correct planning and adequate choice of restorative material is important, especially in cases of darkened substrates.

Keywords: Ceramic veneers. Translucency. Luting agent. Spectrophotometry. Resin composite.

Sumário

1 Introdução	8
2 Projeto de pesquisa	13
3 Relatório do trabalho de campo	39
4 Artigo 1.....	41
5 Artigo 2	72
6 Artigo 3	86
7 Considerações finais.....	104
Referências	105
Apêndices	111
Anexos	117

1 Introdução

A determinação de cor em odontologia é um tópico em constante discussão na prática clínica (LIBERATO et al., 2019). A cor de restaurações, diretas ou indiretas, sempre foi um desafio para aqueles que atuam na área estética e o interesse na pesquisa relacionada à cor em odontologia aumentou significativamente nas últimas décadas (BRANDT et al., 2017, CLARY et al., 2016, LIBERATO et al., 2019, PARAVINA; PEREZ; GHINEA, 2019). A busca pela excelência nos tratamentos torna necessária a ampliação do conhecimento acerca dos materiais e suas características, assim como o efeito da estrutura dental subjacente no resultado final de restaurações.

A avaliação de cor pode ser realizada de maneira subjetiva, por meio de escala de cores e aferição visual, ou de maneira objetiva, principalmente pelo uso de instrumentos como espectrofotômetro, colorímetro ou *scanner* intraoral (BRANDT, et al., 2017, DELLA BONA et al., 2009, IGIEL et al., 2017, LIBERATO et al., 2019). A cor é geralmente descrita utilizando os termos matiz, valor e croma (SIKRI, 2010). Matiz (tonalidade) é o atributo que permite distinguir entre diferentes famílias de cores, como amarelo, azul, vermelho. O valor indica a luminosidade da cor, intensidade em que é mais clara ou mais escura. Já croma é o grau de saturação da cor, ou seja, quão fraca ou forte é a cor. O método visual de análise é dependente de fatores externos que podem influenciar a seleção de cor de acordo com o indivíduo e o ambiente, fazendo com que o método seja dependente de fatores subjetivos e mais suscetível a erros (BLUM; HORN; OLMS, 2018).

Para evitar possíveis fontes de erro que podem ocorrer durante a determinação visual, métodos objetivos foram desenvolvidos por meio do uso de instrumentos digitais para determinação de cor. Esses dispositivos permitem determinação de cor de forma mais rápida e com maior reprodutibilidade. Considerando os padrões estabelecidos pela *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE, 2004), o espectrofotômetro descreve numericamente os parâmetros de cor com base nas coordenadas do sistema CIEL*a*b*. Em função de sua acurácia e padronização de avaliações, este aparelho é bastante usado em

pesquisas porque permite confiabilidade das medições (IGIEL et al., 2017). Os parâmetros de cor são avaliados e convertidos em três coordenadas: L* (luminosidade), em que 0 representa o preto e 100 representa o branco, a* (eixo vermelho-verde) e b* (eixo azul-amarelo) (CIE, 2004).

A seleção de cor de um material restaurador deve levar em consideração diversos fatores, entre eles cor, translucidez e espessura do material de escolha para restauração, cor e o tipo de agente de cimentação, e a cor do substrato dental. A evolução dos materiais usados nos procedimentos odontológicos permitiu a utilização de técnicas restauradoras mais conservadoras. Dessa forma, torna-se possível a realização de tratamentos minimamente invasivos, com maior preservação de estrutura dentária o que propicia melhor adesão e maior longevidade clínica (EDELHOFF et al., 2016, FARIAS-NETO et al., 2019). O tratamento restaurador com facetas é indicado em casos de malformações, hipoplasia de esmalte e/ou dentina, diastemas ou fraturas, onde há necessidade de correção de forma, posicionamento ou cor dentária (GRESNIGT; KALK; OZCAN, 2012, YANIKIAN et al., 2019). Facetas podem ser confeccionadas em resina composta ou cerâmica, ambos materiais apresentam vantagens e desvantagens podendo ser utilizados para restaurar estética e função com êxito (SHIBATA et al., 2016).

Poucos estudos realizaram a comparação clínica entre diferentes opções de materiais usados na confecção de facetas (GRESNIGT; KALK; OZCAN, 2013, GRESNIGT et al., 2019, MEIJERING et al., 1998). Meijering et al. (1998) relataram taxa de sobrevivência de 74% para facetas em resina e 94% para facetas de porcelana. Gresnigt et al. (2013) realizaram avaliação clínica randomizada, de boca dividida, comparando facetas em resina e cerâmica, com acompanhamento de aproximadamente 3 anos, e observaram taxas de sobrevivência similares entre as técnicas restauradoras. Em nova publicação, após período clínico médio de observação de 10 anos, os autores observaram que facetas cerâmicas tiveram desempenho significativamente melhor, com taxa de sobrevivência de 75% para resina e 100% para cerâmica (GRESNIGT et al., 2019). Somado à menor longevidade os autores observaram que as alterações superficiais foram mais frequentes nas facetas confeccionadas em resina em comparação às cerâmicas, assim as resinas apresentam maior rugosidade superficial, pigmentação marginal e desgaste (ALOTHMAN; BAMASOUD, 2018; GRESNIGT et al., 2013; GRESNIGT et al., 2019).

Apesar dos estudos demonstrarem menor longevidade para facetas diretas em resina composta, esta modalidade de tratamento ainda é muito utilizada devido ao menor custo e tempo clínico, além do método não necessitar impressão/moldagem dentária (PRIETO et al., 2014, ROSENTRITT et al., 2015, SEKUNDO; FRESE, 2020, SHIBATA et al., 2016). Na técnica direta, as facetas em resina podem ser confeccionadas com pouco ou nenhum preparo, em sessão única em que se realiza estratificação anatômica com adequada combinação de camadas do material, o que resulta em período mais curto de tratamento e oferece maior possibilidade de reversibilidade (AN et al., 2013, PRIETO et al., 2014, SHIBATA et al., 2016, YANIKIAN et al., 2019).

Embora a remoção da estrutura dentária para restaurações diretas possa ser mínima, preferencialmente restrita a esmalte, em casos de dentes escurecidos há necessidade de preparo dental com maior desgaste para promover espaço para as diferentes camadas e opacidades de material restaurador (YANIKIAN et al., 2019). Desta forma, o conhecimento sobre o efeito da translucidez e espessura da resina composta é essencial para mascarar adequadamente os substratos mais escuros (DIETSCHI; FAHL, 2016, IKEDA; MURATA; SANO, 2004, IKEDA et al., 2005). A cor final de uma restauração direta de resina composta é determinada pelas propriedades ópticas dos materiais utilizados em cada camada, incluindo resinas compostas para "dentina", "corpo" e "esmalte", com suas características próprias de opacidade e translucidez (ELGENDY et al., 2019, RYAN; TAM; MCCOMB, 2010). Essas opções permitem várias combinações de camadas na técnica de estratificação. Este conceito explora as propriedades distintas do compósito translúcido e opaco, com o objetivo de criar profundidade dentro da restauração (MIOTTI et al., 2017, PEREZ et al., 2019). Nos casos em que se busca mascarar o substrato escurecido, a técnica de estratificação é aplicada usando inicialmente uma resina opaca na tentativa de tornar a cor de fundo clinicamente imperceptível. (DIETSCHI; FAHL, 2016, IKEDA; MURATA; SANO, 2004, IKEDA et al., 2005, KIM et al., 2009, MIOTTI et al., 2017).

Com relação as facetas cerâmicas, é necessário preparo dental mínimo para mascarar adequadamente áreas não estéticas e/ou alterar sua cor, assim como fornecer resistência mínima à porcelana (RADZ, 2011). Estas restaurações satisfazem com grande êxito os atributos e exigências estéticas e têm alcançado resultados bastante satisfatórios quanto à cor, propriedades ópticas e

restabelecimento dos padrões anatômicos dentais (DOZIC et al., 2003, TURGUT; BAGIS, 2011).

A literatura apresenta diversos desfechos oriundos de estudos clínicos e laboratoriais acerca de alterações de cor em restaurações cerâmicas. Entre estes, destacam-se fatores inerentes à cerâmica, como composição e espessura (BEGUM et al., 2014, DELLA BONA; NOGUEIRA; PECHO, 2014, SILAMI et al., 2016, TURGUT; BAGIS; AYAZ, 2014), e fatores inerentes ao agente de cimentação observando o tipo e cor (ALMEIDA et al., 2015, CHEN et al., 2015, PERRONI et al., 2016, PERRONI et al., 2018). Outros estudos laboratoriais reportam também a importância da cor do substrato dental no resultado final de restaurações indiretas (AZER et al., 2011, BEGUM et al., 2014, BOSCATO et al., 2015; SHADMAN et al., 2015), estes apontam que as restaurações constituídas de menores espessuras de cerâmica sofrem maior influência da cor do substrato dental subjacente, com implicação clinicamente relevante na cor final de restaurações delgadas como as facetas. Assim, a cor do agente de cimentação e o substrato dental devem ser cuidadosamente avaliados uma vez que, em restaurações com reduzida espessura e alta translucidez, qualquer alteração de cor proporcionada pelos fatores acima mencionados pode ser refletida através de sua delgada estrutura, o que influenciaria o aspecto óptico final da restauração (AZER et al., 2011, BEGUM et al., 2014, CHAIYABUTR et al., 2011, DOZIC et al., 2010, PERRONI et al., 2018, SHADMAN et al., 2015, TURGUT; BAGIS, 2013).

Com relação a estudos clínicos, a literatura apresenta dados sobre a longevidade e taxas de sucesso de facetas cerâmicas (BEIER; KAPFERER; DUMFAHRT 2012, GRESNIGT; KALK; OZCAN, 2013, GRESNIGT et al., 2019, GRESNIGT et al., 2019, NEJATIDANESH et al., 2018). Alguns estudos clínicos apresentam dados relacionados a avaliação visual do sucesso e satisfação do paciente, e concluem que os hábito de fumar e tratamento endodôntico afetam negativamente a taxa de sucesso devido a mudanças de cor (BEIER; KAPFERER; DUMFAHRT, 2012, BOSENBECKER et al., 2020; GRESNIGT et al., 2019). No entanto, os fatores que influenciam a variação dos parâmetros de cor foram avaliados em sua maior parte através estudos *in vitro* (BEGUM et al., 2014, SHADMAN et al., 2015, TURGUT; BAGIS, 2013), o que demonstra a real necessidade de realização de ensaios clínicos para avaliação da influência da cor agente de cimentação, espessura e composição da cerâmica, e cor do substrato

dental nas propriedades ópticas finais de facetas já cimentadas à estrutura dental (TURGUT; BAGIS, 2013).

Apenas um estudo piloto avaliou clinicamente a influência de fatores relacionados à cor de restaurações cerâmicas com base na análise espectrofotométrica. Os autores observaram que a maior variação de cor ocorreu na condição que avaliava o dente preparado e após a cimentação da restauração. Reportaram também que a cerâmica de dissilicato de lítio apresentou menor capacidade de mascaramento sobre o substrato escurecido e que as coordenadas e cor foram dependentes da cimentação (PERRONI et al., 2017).

Em vista do crescente mercado que envolve reabilitações estéticas, a indústria odontológica faz anualmente grande investimento financeiro e científico para que sejam desenvolvidos materiais para reproduzir com fidelidade as propriedades da estrutura dental. Neste contexto, as facetas em resina ou cerâmica equilibram a reconstrução funcional e estética com reconhecido sucesso e longevidade no tratamento restaurador. Assim, fica clara a importância do amplo conhecimento dos fatores que podem influenciar no biomimetismo de restaurações estéticas. Dessa forma, é importante conhecer a influência dos materiais restauradores no resultado final de cor, uma vez que ainda há diversos aspectos a serem completamente entendidos.

Baseado no que acima foi exposto, para que as reabilitações com restaurações estéticas preencham adequadamente as características ópticas desejadas para cada dente e cumpram as exigências relacionadas ao resultado final de uma restauração, faz-se necessário que os parâmetros relacionados ao material de escolha, ao substrato dental e ao agente de cimentação sejam melhor compreendidos e avaliados clinicamente. Assim, os objetivos desta tese, desenvolvida em três capítulos, foram: (i) investigar, por meio de revisão sistemática de estudos *in vitro*, a influência de agentes de cimentação e fatores associados à cor em facetas cerâmicas; (ii) avaliar, por meio de estudo *in vitro*, a capacidade de mascaramento de diferentes camadas e opacidades de resina composta direta em diferentes cores de substratos; e finalmente (iii) avaliar clinicamente a influência da cor do agente de cimentação, cor e espessura das facetas cerâmicas e do substrato dental nas propriedades ópticas de facetas cerâmicas.

2 Projeto de pesquisa

2.1 Introdução

A busca pela excelência em reabilitações estéticas é um desafio diário à prática clínica. Em função disso, cada vez mais os tratamentos restauradores, principalmente aqueles realizados em dentes anteriores, devem não só almejar a conquista de uma estética satisfatória, mas também buscar a perfeita mimetização da restauração aos dentes remanescentes adjacentes. Assim, os profissionais da odontologia continuamente têm buscado a excelência em suas reabilitações, e neste contexto, diversos fatores inerentes ao material restaurador, agente de cimentação e substrato dental devem ser considerados.

Para resolução de casos clínicos que requerem visíveis atributos estéticos, o tratamento com restaurações cerâmicas tem sido bastante indicado, pois se trata de uma abordagem que alcança altas taxas de sucesso. Uma revisão sistemática concluiu que coroas unitárias totalmente cerâmicas confeccionadas em dissilicato de lítio apresentam taxas de sobrevivência semelhantes às metalocerâmicas (96,6% versus 94,7%), quando avaliadas após um período estimado de 5 anos, onde o desempenho clínico foi semelhante tanto na região anterior como na posterior (SAILER et al., 2015). O estudo também demonstrou que cerâmicas estruturalmente mais frágeis, como a cerâmica feldspática, só deveriam ser recomendadas para uso em regiões anteriores.

Os laminados cerâmicos (LCs) representam uma modalidade restauradora que permite a utilização de menores espessuras de cerâmica e preparos dentais bastante conservadores. No entanto, estas restaurações satisfazem com grande êxito os atributos e exigências estéticas e têm alcançado resultados bastante satisfatórios no que diz respeito à cor, propriedades ópticas e restabelecimento dos padrões anatômicos dentais (DOZIĆ et al., 2003, HAMMAD; STEIN, 1991, TURGUT; BAGIS, 2011). Adicionalmente, embora seja utilizada uma delgada estrutura cerâmica, resultando em diminuição das propriedades mecânicas, ainda é reportado taxas de sucesso em torno de 93,5% para LCs em acompanhamentos de 10 anos BEIER (BEIER et al., 2012).

Sobre restaurações totalmente cerâmicas a literatura apresenta diversos desfechos acerca de alterações de cor obtidas através de pesquisas *in vitro*, entre eles, destacam-se os fatores inerentes à cerâmica, como composição e espessura (BEGUM et al., 2014) (DELLA BONA; NOGUEIRA; PECHO, 2014, SILAMI et al., 2016, TURGUT; BAGIS; AYAZ, 2014) e os fatores inerentes ao agente de cimentação utilizado, com tipo e cor (ALMEIDA et al., 2015, CHEN et al., 2015, PERRONI et al., 2016). Outros estudos laboratoriais reportam também a importância da cor do substrato dental no resultado final de restaurações indiretas (AZER et al., 2011, BEGUM et al., 2014, SHADMAN et al., 2015). Tais estudos apontam que as restaurações constituídas de menores espessuras de cerâmica, sofrem maior influência da cor do substrato dental subjacente, com implicação clinicamente relevante na cor final de restaurações delgadas assim como os LCs. Assim, a cor do agente de cimentação e o substrato dental devem ser cuidadosamente avaliados, uma vez que em restaurações com reduzida espessura e alta translucidez qualquer alteração de cor proporcionada pelos fatores acima mencionados pode ser refletida através de sua delgada estrutura, o que influenciaria o aspecto óptico final da restauração (AZER, et al., 2011, BEGUM, et al., 2014, CHAIYABUTR et al., 2011, SHADMAN et al., 2015, TURGUT; BAGIS, 2013).

No que diz respeito à avaliação de cor, entende-se que esta aferição pode ser realizada de maneira subjetiva, através da escala de cores e aferição visual pelo operador, ou de maneira objetiva, principalmente através do uso de um espectrofotômetro (CHAIYABUTR et al., 2011, DELLA BONA; NOGUEIRA; PECHO, 2014, GOMEZ-POLO et al., 2014, TURGUT; BAGIS, 2011, TURGUT; BAGIS; AYAZ, 2014). Considerando os padrões estabelecidos pelo CIE (Commission Internationale de l'Eclairage), o espectrofotômetro descreve numericamente os parâmetros de cor com base nas coordenadas do sistema CIEL*a*b*. Em função de sua acurácia e padronização de medições de cor, este aparelho é bastante usado em pesquisas porque permite a repetibilidade das medições. Os parâmetros de cor são avaliados em três coordenadas L* (luminosidade, onde 0 representa o preto e 100 representa o branco), a* (vermelho-verde) e b* (azul-amarelo) (CIE, 2004). No entanto, o uso de espectrofotômetro deve ser considerado um adjunto na escolha de cor, e não um substituto para a seleção visual de cor (VICHI et al., 2011), porque embora estudos reportem que há concordância entre o operador e o espectrofotômetro quando o

parâmetro valor da cor é observado, existem ainda inúmeros fatores que ainda não foram investigados clinicamente.

No âmbito de avaliação de LCs por meio de estudos clínicos, a literatura fornece dados com relação à longevidade e taxas de sucesso (BEIER et al., 2012, GRESNIGT; KALK; OZCAN, 2013). No entanto, apenas estudos *in vitro* investigaram os fatores que influenciam a variação dos parâmetros de cor (BEGUM et al., 2014, CHO; LIM; LEE, 2007, HAMMAD; STEIN, 1991, SHADMAN et al., 2015, TURGUT; BAGIS, 2013), o que demonstra a real necessidade de realização de ensaios clínicos para avaliação da influência da cor agente de cimentação, espessura e composição da cerâmica, e cor do substrato dental nas propriedades ópticas finais destas restaurações unidas à estrutura dental (TURGUT; BAGIS, 2013).

Com vista neste mercado promissor que envolve as reabilitações estéticas, a indústria odontológica faz anualmente um grande investimento financeiro e científico para que sejam desenvolvidos materiais que cada vez mais biomimetizem as propriedades da estrutura dental. Neste contexto, as LCs representam uma ótima modalidade restauradora, principalmente para o segmento anterior, porque equilibram a reconstrução funcional e estética com reconhecido sucesso e longevidade no tratamento restaurador.

Entre os materiais utilizados para construção de LCs estão as resinas, as cerâmicas feldspáticas e vítreas. No que diz respeito às cerâmicas, as propriedades ópticas, as características superficiais ideais e a biomecânica obtida através da adesão da cerâmica à estrutura dental propiciam que o conjunto restaurador cerâmica-agente de união-estrutura dental suporte o ambiente da cavidade bucal e as cargas mastigatórias (MAGNE; DOUGLAS, 1999). Em uma revisão sistemática, comparando estudos clínicos avaliando facetas confeccionadas em cerâmica vítrea e feldspática, foi observado uma taxa de sobrevivência média de 89%, em um período médio de 9 anos de acompanhamento, sendo 94% para cerâmica vítrea, e 87% para feldspática, e que o tipo de falha mais comum foi a fratura/lascamento da cerâmica (MORIMOTO et al., 2016). Assim, surgem outros questionamentos, como aqueles referentes as questões relacionadas às falhas clínicas. Seriam estas solucionadas a partir da confecção de sistemas cerâmicos com maior resistência ou com sistemas cerâmicos que providenciassem ainda mais o biomimetismo entre o material usado e a estrutura do elemento dental?

Outro estudo, fez uma avaliação clínica randomizada de boca dividida, comparando facetas diretas confeccionadas em resina *versus* facetas indiretas confeccionadas em cerâmica, com acompanhamento de aproximadamente 3 anos (GRESNIGT; KALK; OZCAN, 2013). Nesta avaliação, foi observada taxas de sobrevivência similares quando comparadas as duas técnicas restauradoras; no entanto, com relação à performance clínica, os autores observaram que as alterações superficiais (rugosidade superficial e pigmentação marginal) foram mais frequentes nas facetas confeccionadas em resina. Porém, a busca por tratamentos reabilitadores acessíveis, que pudessem serem executados em apenas uma sessão clínica e que ainda minimizassem as diferenças entre a qualidade superficial das facetas diretas e indiretas, providenciou o desenvolvimento das facetas pré-fabricadas em resina composta, as quais dispensam a necessidade de moldagens ou trabalhos laboratoriais (GOMES; PERDIGAO, 2014).

As facetas em resina composta fabricadas industrialmente são finas lâminas pré-polimerizadas que são diretamente unidas ao dente. Semelhante às facetas diretas em resina composta, este método não requer uma impressão dentária. Assim, apenas uma sessão clínica é suficiente na qual o dentista pode escolher a cor e o tamanho adequado da faceta. Estas podem ser ajustadas através de desgaste e/ou inserção de compósito de baixa viscosidade, como agente de união. Devido ao fato de serem produzidas industrialmente, apresentam polimerização otimizada e propriedades mecânicas melhoradas (ROSENTRITT et al., 2015).

Numa avaliação sobre o comportamento de facetas diretas, pré fabricadas e cerâmicas, foi observado que os três materiais revelaram resistência ao desgaste e taxas de falha semelhantes, indicando longevidade similar (ROSENTRITT et al., 2015). Perdigão (2014) avaliou a resistência de união ao microcisalramento, a ultramorfologia e modos de fratura de resina composta ao interior de facetas pré-fabricadas, e concluiu que não foi observada diferença estatística significativa na resistência de união entre as facetas de resina e as de cerâmica vítrea. Assim, as facetas pré-fabricadas em resina composta podem representar uma adequada opção restauradora, pois apresentam resistência de união aceitável, e providenciam uma alternativa viável, e de menor custo, quando comparadas às restaurações cerâmicas. Adicionalmente, são uma opção interessante para os pacientes que desejam uma transformação do sorriso em uma única visita ao consultório odontológico (GOMES; PERDIGAO, 2014, PERDIGAO et al., 2014).

A literatura aponta ainda que é necessário avaliar o comportamento clínico desta técnica restauradora antes de recomendá-la à prática clínica geral (GOMES; PERDIGAO, 2014). No entanto, o uso deste material ainda foi pouco explorado até mesmo em estudos *in vitro*. Neste contexto, testes *in vitro* e análise de elemento finito (AEF) poderiam auxiliar na investigação inicial dos materiais e permitir a obtenção mais rápida de resultados do que estudos clínicos. De fato a padronização de fenômenos físicos em um estudo clínico e a avaliação realística das tensões em estudos laboratoriais são tarefas difíceis de serem realizadas. Assim, a utilização de AEF tem sido a escolha de muitos pesquisadores e a avaliação de facetas através de AEF já foi utilizada em alguns estudos. Porém, mesmo apresentando algumas vantagens sobre outros métodos de avaliação, o AEF deve ser utilizado sempre como um auxiliar da compreensão dos fatores físicos, buscando embasar alguns resultados clínicos não muito compreendidos, e nunca como um desfecho realístico em si. A literatura reporta o efeito de facetas de porcelana na resposta estrutural de um incisivo superior (GENOVESE et al., 2012). A deformação do elemento dental avaliada antes e depois da restauração, demonstrou que o LC confeccionado em cerâmica feldpática amplificou o efeito da carga oclusal na perda de tecido dental na região cervical. Outro estudo, avaliou através de AEF, o comportamento mecânico do conjunto restaurador que envolve LC e o cimento resinoso, cimentados em um 1º pré-molar maxilar avaliado através do efeito da variação na redução da cúspide vestibular, parcial ou total (ARCHANGELO et al., 2011). Como resultado foi observado que o tipo de redução de cúspide não influenciou no aumento expressivo das tensões principais e cisalhantes. No entanto, foi observado que o LC e a camada de cimento resinoso, unidos ao elemento dental, apresentaram comportamento mecânico favorável para a restauração do pré-molar, frente ao carregamento adotado, embora o preparo com redução total da cúspide vestibular tenha apresentado maiores valores de distribuição de tensão.

Visto que os materiais restauradores possuem diferentes propriedades físicas, estes podem transmitir diferentes quantidades de carga quando em função oclusal e conforme suas propriedades podem também induzir níveis variados de estresse. As restaurações na região anterior estão inseridas em um ambiente muito peculiar, sujeito a esforços que geram quantidades consideráveis de cargas horizontais. Por isso, tem-se buscado entender como as tensões resultantes dessas cargas são transmitidas e distribuídas pelo elemento dental, afinal isso refletiria o real

biomimetismo dos materiais restauradores, ou seja, a produção de materiais que apresentem requisitos físico-mecânicos semelhantes à estrutura dental.

Baseado no que acima foi exposto, fica claro a importância sobre o conhecimento dos fatores que podem influenciar no biomimetismo de restaurações estéticas. Dessa forma, é importante conhecer a influência dos materiais restauradores, cerâmica ou resina composta, nos desfechos que se referem à estética e propriedades mecânicas. A elaboração de estudos *in vivo* e *in vitro* avaliando tais aspectos tem grande relevância científica, uma vez que há escassez de pesquisas científicas abordando os aspectos acima discutidos.

Portanto, o objetivo deste estudo será avaliar, através de um estudo clínico prospectivo, a influência do tipo e cor do agente de cimentação, da cor e espessura da cerâmica e do substrato dental, nas propriedades ópticas de laminados cerâmicos. Adicionalmente, será avaliado *in vitro* e em AEF as propriedades ópticas e a dissipação de tensões originadas no conjunto elemento dental e restauração de acordo com os diferentes materiais utilizados para a confecção das restaurações.

2.2 Caracterização do Problema

Na prática clínica, os tratamentos estéticos buscam restabelecer a harmonia e a naturalidade dos dentes restaurados a partir da mimetização dos dentes artificiais aos naturais existentes na cavidade bucal. Neste contexto, diversos estudos *in vitro* relatam aspectos que têm Influência nas propriedades ópticas de sistemas cerâmicos. Alguns fatores estão relacionados à cor do substrato dental (AZER et al., 2011, BEGUM et al., 2014, SHADMAN et al., 2015); outros são inerentes aos sistemas cerâmicos tais como a espessura, a constituição, a cor e a opacidade (AZER et al., 2011, BEGUM et al., 2014, PERRONI et al., 2016), outros ainda estão relacionados ao agente de cimentação utilizado (ALMEIDA et al., 2015, TURGUT; BAGIS, 2013). Porém, atualmente não há estudos clínicos que sustentem a influência destes fatores nas propriedades ópticas finais destas restaurações estéticas.

Adicionalmente, diversos materiais são introduzidos no mercado com intuito aumentar as possibilidades de escolha para o clínico com relação aos materiais e técnicas restauradoras, facilidade de execução da técnica, possibilidade de reparo e redução de custo e tempo clínico (GOMES; PERDIGAO, 2014, PERDIGAO et al., 2014). No entanto, ainda há escassez de evidência científica com relação ao

biomimetismo dos materiais usados, propriedades ópticas e dissipação de tensões originadas no conjunto restauração, agente de cimentação e estrutura dental.

2.3 Parte 1

2.3.1 Delineamento Experimental

Será realizado um estudo clínico prospectivo longitudinal, duplo-cego (examinador e estatístico), onde serão avaliados aspectos relacionados as propriedades ópticas e variação de cor de LCs. Será avaliado como desfecho primário, a influência da cor do substrato dental, espessura e composição da cerâmica, cor do agente de cimentação nas propriedades ópticas dos LCs após a sua união à estrutura dental. Todas as avaliações serão realizadas com o uso de espectrofotômetro Vita Easyshade Advance (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, *Alemanha*). O substrato dental será avaliado em 2 períodos: **antes e após** o preparo; a espessura da restauração será avaliada em um período: **antes** da cimentação; e a cor de cada restauração será avaliada em 2 períodos: **T0**, antes da cimentação, com a restauração sobre o elemento dental; e **T1**, imediatamente após a cimentação.

Este projeto será submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas e do Centro de Estudos Odontológicos Meridional, e todos os voluntários que atenderem aos critérios de inclusão, concordarem em participar do estudo e assinarem um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A), após terem sido devidamente informados sobre os objetivos e metodologias do projeto, serão incluídos na pesquisa. Este termo de consentimento será confeccionado em duas vias, uma ficará com o pesquisador e a outra com o voluntário.

2.3.2 Objetivos Específicos

Avaliar a variação cor e translucidez de laminados cerâmicos a partir das medidas obtidas nas coordenadas CIEL*a*b* em função dos seguintes fatores:

- Cor e tipo do agente de cimentação;
- Espessura e cor de laminados cerâmicos;
- Cor do substrato dental.

2.3.3 Hipótese Testada

Será testada a hipótese de que a espessura e cor da cerâmica, tipo e cor do agente de cimentação e cor do substrato dental influenciarão as propriedades ópticas de laminados cerâmicos.

2.3.4 Cálculo Amostral

O tamanho da amostra será determinado com o objetivo de detectar uma diferença de 20% na média do valor obtido quando avaliada a alteração de cor da restauração em função do agente de cimentação, com um poder de 80% e nível de significância de 5%. Foi realizado um cálculo a partir de publicação prévia que realizou, entre outros dados, avaliação visual de cor em um estudo clínico por um período de 7 anos (D'ARCANGELO et al., 2012). O cálculo determinou que 62 restaurações deverão ser incluídas.

2.3.5 Seleção dos Voluntários

A seleção de voluntários será na Universidade Federal de Pelota, Faculdade de Odontologia e no Centro de Estudos Odontológicos Meridional (CEOM). Serão selecionados indivíduos que buscarem as instituições com necessidade de reabilitação através do uso de laminados cerâmicos. **Critérios de inclusão:** (i) Mínimo de 18 anos de idade; (ii) pacientes com diastemas; (iii) dente conóides; (iv) dentes anteriores desalinhados; (v) dentes pouco escurecidos e/ou dentes com erosão/abrasão; (vi) que apresentem estabilidade oclusal posterior; e (vii) que concordem em assinar o termo de consentimento livre e esclarecido, após terem sido informados sobre os objetivos do estudo, riscos e benefícios associados aos procedimentos. **Critérios de exclusão:** (i) Pacientes com extensa perda de estrutura dentária; (ii) inadequada higiene oral; (iii) com problemas periodontais; e (iv) fumantes.

2.3.6 Procedimentos Clínicos

Os voluntários selecionados serão convidados a responder a um questionário para a coleta de dados sócio-demográficos como gênero, idade, escolaridade, estado civil, profissão, saúde geral e saúde oral (Apêndice B). Depois será realizado exame clínico (observando aspectos oclusais, periodontais e referentes ao antagonista) e radiográfico (exames complementares) e então finalmente será

apresentado ao paciente o planejamento clínico. Após a concordância do paciente, será realizada moldagem, confecção de modelos de gesso, montagem em articulador, enceramento diagnóstico e fotografias iniciais do caso clínico. Neste momento será realizada **(i)** a aferição dos parâmetros de cor de cada elemento dental, previamente a realização do preparo a partir do espectrofotômetro Vita Easyshade Advance (*Vita- Zahnfabrik, Alemanha*) com base no sistema CIEL*a*b* e escalas Vita Classical e 3D Master.

2.3.6.1 Preparo Dental e Moldagem

Será realizado desgaste da superfície vestibular com redução incisal, visto que este tipo de preparo apresenta resistência à fratura semelhante ao dente sem preparo, o que resulta em uma menor chance de falha da cerâmica (DA COSTA et al., 2013). Serão utilizadas pontas diamantadas em alta rotação sob irrigação constante, iniciando com a confecção de uma canaleta de orientação na região cervical com ponta diamantada esférica (1014), 1mm aquém da junção amelo-cementária. Para guiar o desgaste vestibular serão confeccionadas canaletas de orientação com ponta diamantada número 2135, em seguida os sulcos serão unidos com uma ponta diamantada número 4138, seguindo a convexidade da face vestibular nos terços cervical, médio e vestibular. Profundidade do desgaste, redução incisal e extensão do preparo serão determinados de acordo com a necessidade de cada caso. Para acabamento serão utilizadas pontas de granulação fina (4138F). Após o término do preparo será realizada moldagem pela técnica de dupla impressão com silicone de adição denso e fluído (Express XT – 3M ESPE), com afastamento gengival através de fio retrator (GRESNIGT; KALK; OZCAN, 2013). Neste momento será efetuada **(ii)** a aferição de cor a partir do uso do espectrofotômetro Vita Easyshade Advance com base no sistema CIEL*a*b* e escalas Vita Classical e 3D Master. Em seguida será realizada a confecção de provisório a partir do uso de resina bisacrilica (*Protemp 4 - 3M ESPE*), com base no enceramento prévio.

A moldagem será encaminhada ao laboratório, juntamente com registro de cor do substrato dental e dos dentes adjacentes ao dente preparado, para possibilitar a confecção dos LCs. Será solicitado que as restaurações sejam confeccionadas com o sistema cerâmico IPS e.max Press (Ivoclar – Vivadent).

2.3.6.2 Cimentação

Previamente à cimentação será realizada **(iii)** a aferição da espessura de cada restauração com um espessímetro na região central da face vestibular. Adicionalmente será realizada **(iv)** a aferição dos parâmetros de cor de cada restauração, a partir do uso da escala Vita Classical e 3D Master, pelo operador, e a partir do uso do espectrofotômetro Vita Easyshade Advance base no sistema CIEL*a*b* e escalas Vita Classical e 3D Master, observados sobre fundo preto e fundo branco padrão. Após avaliação da cor e da espessura, será realizada a **(v)** avaliação de cor do LC posicionado sobre o dente preparado, com glicerina interposta, antes da cimentação da restauração.

A cimentação será realizada seguindo protocolos estabelecidos para o uso de sistemas cerâmicos ácido-sensíveis e agentes de cimentação resinosos. Assim, a superfície interna da cerâmica será condicionada com ácido fluorídrico 10% (Condac Porcelana 10%, FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) por 20s, lavada durante 30s e seca com jatos de ar até demonstrar aparência branca opaca. Será então aplicado silano (RelyX Ceramic Primer – 3M ESPE, St, Paul, USA) com microbrush e após 60s os excessos serão removidos com jatos durante 30s. Logo será aplicado o adesivo com *microbrush*, jatos de ar para evaporação do solvente e fotoativação por 20s com o fotopolimerizador (Optilight Max- Gnatus, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil).). A superfície dental será condicionada com ácido fosfórico 37% (Condac - FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) durante 30s, lavada durante 30s e seca com jato de ar até demonstrar aparência branca opaca. Será então aplicado o adesivo com *microbrush*, aplicado jato de ar para evaporação do solvente e fotoativação por 20s (D'ARCANGELO et al., 2012, DA CUNHA et al., 2013).

Neste momento será realizada a cimentação com o agente de cimentação selecionado Variolink Veneer ou Variolink N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). A cor do cimento (HV+1, HV+2, HV+3, LV-1, LV-2, LV-3 ou MV O) será selecionada individualmente para cada caso. O agente de cimentação será aplicado na superfície da cerâmica com auxílio de uma espátula e a restauração será posicionada sobre o dente. Será realizada fotoativação por 5s, os excessos de material extravasado serão removidos com auxílio de um *microbrush* e o conjunto fotopolimerizado por 1min através da cerâmica. Após a cimentação **(vi)** serão realizadas aferições dos parâmetros de cor de cada LC, a partir do uso da escala

Vita Classical e 3D Master, pelo operador, e a partir do uso do espectrofotômetro Vita Easyshade Advance com base no sistema CIEL*a*b* e escalas Vita Classical e 3D Master.

2.3.7 Metodologia de Avaliação de Cor

2.3.7.1 Leitura dos Parâmetros CIEL*a*b*

Os parâmetros de cor nas condições antes e após a cimentação serão aferidos com espectrofotômetro Vita Easyshade Advance, com base no sistema CIEL*a*b*. Todas as avaliações de propriedades ópticas serão realizadas com padronização de iluminação e local para a leitura. As restaurações serão avaliadas antes da cimentação sobre os fundos branco ($L = 90,9$; $a = 0,3$; $b = 4,9$), preto ($L = 0,5$, $a = 14,6$, $b = -21,5$); e antes e após a cimentação sobre o substrato dental de cada voluntário. O substrato dental será avaliado em dois períodos, **antes e após** o preparo. A espessura e cor do LC será avaliada **antes** da cimentação sobre fundo branco e a cor será avaliada individualmente em **2 períodos: T0** sobre o substrato antes da cimentação e **T1** imediatamente após a cimentação (baseline). Os resultados referentes à variação de cor imediata serão obtidos a partir dos dados avaliados nos tempos **T0** e **T1**.

2.3.7.2 Avaliação do Parâmetro de Translucidez (PT)

O PT será obtido pelas diferenças das coordenadas de cor medidas sobre um fundo branco (L^*_B , a^*_B e b^*_B) e um fundo preto (L^*_P , a^*_P e b^*_P) usando a seguinte fórmula (CIE, 1974):

$$PT = (L_B - L_P)^2 + (a_B - a_P)^2 + (b_B - b_P)^2)^{1/2}$$

2.3.7.3 Avaliação da Variabilidade de Cor

A alteração de cor será determinada pelo cálculo de CIEDE2000 de diferença de cor (ΔE_{00}) entre cada restauração aferida sobre o substrato dental antes (utilizando glicerina como líquido acoplante) e após a cimentação, conforme a seguinte fórmula (CIE, 2004, SHARMA; WU; DALAL, 2005):

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right) \right]^{1/2}$$

Onde $\Delta L'$, $\Delta C'$ e $\Delta H'$ são as diferenças de luminosidade, croma e matiz entre dois conjuntos de coordenadas de cor. RT é a função de rotação que explica a interação entre croma e diferenças de tonalidade na região azul. SL, SC e SH são as funções de ponderação usadas para ajustar a diferença total de cor da variação na magnitude percebida com variação na localização da diferença de coordenadas de cor entre duas leituras de cor. KL, KC e KH são os termos de correção para as condições experimentais.

Serão considerados os limiares clínicos descritos pelo Dr. Paravina (PARAVINA et al., 2015) e colaboradores. Os limiares de perceptibilidade e aceitabilidade foram ajustados em $\Delta E_{00} = 0,8$ e $\Delta E_{00} = 1,8$, respectivamente.

2.3.8 Análise Estatística

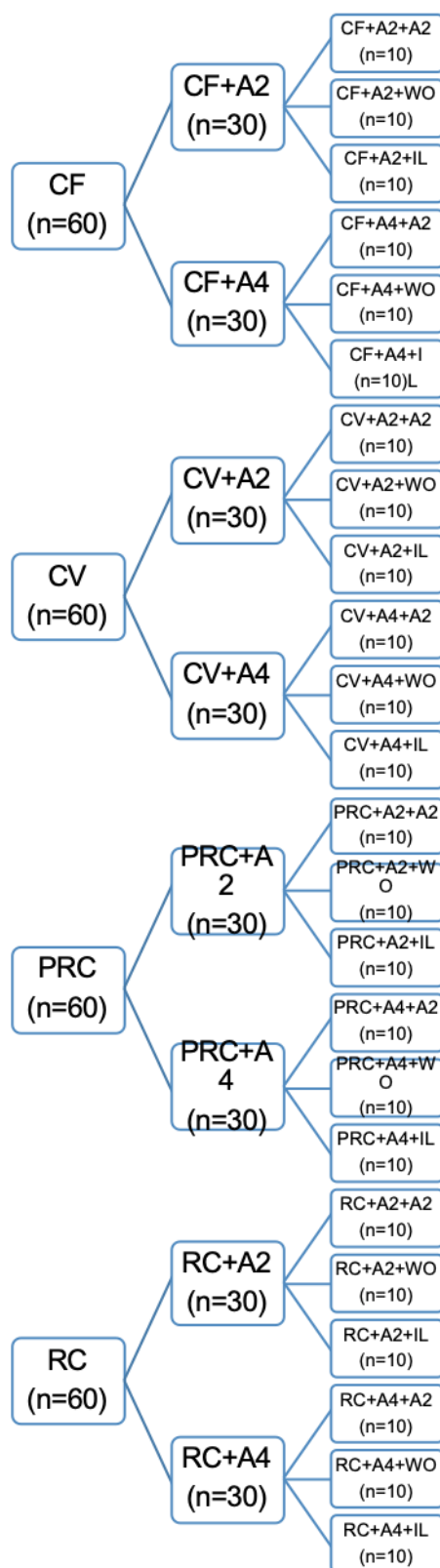
Para as três condições (baseline *versus* cerâmica cimentada, baseline *versus* dente preparado, e dente preparado *versus* cerâmica cimentada) os dados de ΔE_{00} e coordenadas $CIEL^*a^*b^*$ serão analisados considerando os seguintes pares de variáveis: espessura da cerâmica ($\leq 1\text{mm}$ ou $>1\text{mm}$), cor do substrato (claro ou escuro), translucidez da cerâmicas (baixa ou alta) e cor e tipo do agente de cimentação. Para a análise da cor do substrato, os dados serão agrupados em duas categorias: A3-C4 (escuro) e B1-D4 (claro) (MEIRELES et al., 2008). Para cada variável, os grupos serão comparados utilizando teste-t de Student ($\alpha=0.05$). As análises serão realizadas utilizando o software SigmaStat v.3.5 (Systat Inc., San Jose, CA, EUA). Ainda, serão calculados intervalos de confiança de 95% para as médias de ΔE_{00} e para os dados de coordenadas de cor individuais.

2.4 Parte 2

2. 4.1 Delineamento Experimental

Este estudo terá um desenho fatorial $4 \times 3 \times 2$, originando 24 grupos ($n=10$ por grupo). Os fatores em estudo serão (i) o tipo de material restaurador usado para a confecção das facetas (4 níveis): cerâmica feldspática (CF), cerâmica vítrea de dissilicato de lítio (CV), resina composta pré-fabricada (PRC), resina composta direta (RC); (ii) a cor do agente de cimentação (3 níveis), A2, WO (opaco) e IL (translúcido); (iii) e a cor do substrato (2 níveis) A2 e A4. As variáveis-resposta serão parâmetro de translucidez (PT), alteração de cor (ΔE_{00}) a partir das coordenadas

CIEL*a*b* obtidas nas medições das facetas, com e sem cimento, posicionados sobre o substrato A2 e A4. O diagrama abaixo mostra a distribuição dos espécimes e os grupos originados:



2.4.2 Objetivo Específico

Avaliar a influência da cor do agente de cimentação, substrato e tipo de material na variação cor e parâmetros de translucidez de espécimes simulando facetas, confeccionadas em cerâmica vítrea, feldspática, resina composta pré-fabricadas e resina composta.

2.4.3 Hipótese Testada

A cor do agente de cimentação, substrato e tipo de material influenciará as propriedades ópticas de restaurações estéticas confeccionados em cerâmica feldspática, vítrea, pré-fabricada em resina composta e em resina composta.

2.4.4 Preparo das Restaurações

2.4.4.1 Cerâmica Vítrea de Dissilicato de Lítio (CV)

Blocos de cerâmica vítrea de dissilicato de lítio (IPS e.max CAD, low translucency, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), cor A2, serão seccionados em discos de aproximadamente 12mm de diâmetro x 1mm de espessura ($\pm 0,1$ mm) em cortadeira metalográfica (Isomet 1000 Precision Saw; Buehler, Lake Bluff, IL, EUA).

2.4.4.2 Cerâmica Feldspática (CF)

Blocos de cerâmica feldspática (I14 A2C Vitablocs Mark II for Cerec; Vita Zahnfabrik, Germany) com as dimensões de 12mm x 14mm x 18mm serão usinados em torno mecânico sob irrigação de água em formato cilíndrico mantendo diâmetro de aproximadamente 12mm. Depois serão seccionados em discos de aproximadamente 12mm de diâmetro x 1mm de espessura ($\pm 0,1$ mm) em cortadeira metalográfica (Isomet 1000 Precision Saw; Buehler, Lake Bluff, IL, EUA).

2.4.4.3 Pré-fabricada em Resina Composta (PRC)

Serão utilizadas facetas pré-fabricadas em resina composta híbrida, Synergy D6 (Componeer; Coltene, Altstätten, Suíça), pré-formadas para serem usados em restaurações de incisivos centrais superiores (0,3mm cervical e 0,6 a 1,0mm incisal), a partir destas serão obtidos espécimes em forma de disco com as dimensões de 12mm de diâmetro x 1mm de espessura ($\pm 0,1$ mm).

2.4.4.4 Faceta Direta em Resina Composta (RC)

Serão fabricados discos em resina composta para esmalte (Filtek Z350 – 3M ESPE, St. Paul, USA) na cor A2. Serão obtidos discos de resina com dimensões idênticas às obtidas nos discos cerâmicos, a partir da inserção de resina composta, em camadas de 1mm, em um molde de silicone (obtido a partir da inclusão de 2 discos cerâmicos), que será fotoativada por 40s com fotopolimerizador (Optilight Max- Gnatus, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil). Após os excessos serão removidos e cada face lateral será polimerizada durante 40s, com unidade fotoativadora.

Após o corte, qualquer desajuste decorrente do corte com a metalográfica será removido do espécime, e isso será feito com turbina de alta rotação e ponta diamantada de acabamento sob refrigeração à água. O polimento dos discos será realizado com lixas de SiC granulações 600 e 1200 (Norton S.A.) e água. As dimensões de cada espécime serão aferidas utilizando paquímetro digital com precisão de 0,01mm (Mitutoyo, Tóquio, Japão).

2.4.5 Substrato Dental

Substratos dentais simulados serão fabricados em resina composta de dentina (Filtek Z350 – 3M ESPE, St. Paul, USA) nas cores A2 e A4. Serão obtidos discos de resina em igual número e com dimensões de 12mm de diâmetro x 2mm de espessura ($\pm 0,1$ mm) a partir da inserção da resina composta em camadas de 1mm em um molde de silicone (obtido a partir da inclusão de 2 discos cerâmicos), que será fotoativada por 40s com fotopolimerizador (Optilight Max- Gnatus, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil). Após os excessos serão removidos e cada face lateral será polimerizada durante 40s, com unidade fotoativadora.

2.4.6 Estratégias de Cimentação

Os procedimentos de preparo da superfície dos discos de cerâmica e pré-fabricados em resina serão executados por um operador treinado. Todos os grupos serão cimentados com o mesmo agente de cimentação, resina fluida (Opallis Flow, FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) em três cores diferentes: A2, opaco (WO) e translúcido (IL).

2.4.6.1 Discos Cerâmicos

A cimentação dos discos de cerâmica será realizado com o auxílio de um

peso de 750gf para padronização da espessura da película de cimento interposto entre o substrato dental simulado e os discos. Todos os espécimes serão fotoativados aparelho fotopolimerizador (Optilight Max- Gnatus, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil).

A superfície interna da cerâmica será condicionada com ácido fluorídrico 10% (Condac Porcelana 10% - FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) por 90s (ADDISON; MARQUIS; FLEMING, 2007), lavada por 30s e seca com jatos de ar até demonstrar aparência branca opaca. A superfície será então condicionada com ácido fosfórico 37% (Condac - FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) por 30s, lavada por 30s e seca com jato de ar. Será aplicado silano (RelyX Ceramic Primer – 3M ESPE, St, Paul, USA) com microbrush e após 60s os excessos serão removidos com jatos de ar por 30s.

Após o tratamento das superfícies, a resina fluida (Opallis Flow, FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) será aplicada na superfície do disco cerâmico com auxílio de uma espátula, e este será posicionado sobre o disco de resina composta simulando o substrato dental. Será colocada sobre o conjunto uma placa de vidro e sobre esta o peso padrão durante 2min. Este último será retirado, os excessos de material extravasado serão removidos com auxílio de um microbrush e o conjunto fotopolimerizado por 1min através das cerâmicas.

2.4.6.2 Faceta Pré-fabricada em Resina Composta

Será aplicado One Coat Bond SL diretamente na superfície interna do disco confeccionado a partir da faceta pré-fabricada em resina composta, após 20s será seca a superfície com jato de ar. A resina fluida (Opallis Flow, FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) será aplicada na superfície de contato da faceta, será levada em posição sobre o disco simulando o substrato com leve pressão. Após a remoção dos excessos com auxílio de um microbrush o conjunto será fotopolimerizado por 1min.

2.4.6.3 Faceta Direta em Resina Composta

A resina fluida (Opallis Flow, FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) será aplicada diretamente na faceta de resina composta, será levada em posição sobre o disco simulando o substrato com leve pressão (CHEUNG; BOTELHO; MATINLINNA, 2014). Após a remoção dos excessos com auxílio de um microbrush o conjunto será fotopolimerizado por 1min.

2.4.7 Metodologia de Avaliação de Cor

2.4.7.1 Leitura dos Parâmetros CIEL*a*b*

Os parâmetros de cor nas condições antes e após a cimentação serão aferidos com espectrofotômetro Vita Easyshade Advance (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, *Alemanha*), com base no sistema CIEL*a*b*. Todas as avaliações de cor serão realizadas com padronização de iluminação para a leitura. Os discos simulando as restaurações tipo facetas serão avaliadas individualmente sobre os fundos branco ($L = 90,9$; $a = 0,3$; $b = 4,9$), preto ($L = 0,5$, $a = 14,6$, $b = -21,5$); bem como sobre o substrato dental simulado fabricado na cor A2 e A4, antes e após a cimentação.

2.4.7.2 Avaliação do Parâmetro de Translucidez (PT)

O TP foi obtido pelas diferenças das coordenadas de cor medidas sobre um fundo branco (L^*_B , a^*_B and b^*_B) e um fundo preto (L^*_P , a^*_P and b^*_P) usando a seguinte fórmula (CIE, 1974):

$$PT = (L_B - L_P)^2 + (a_B - a_P)^2 + (b_B - b_P)^2)^{1/2}$$

2.4.7.3 Avaliação da Variabilidade de Cor

A alteração de cor será determinada pelo cálculo de CIEDE2000 de diferença de cor (ΔE_{00}) entre cada restauração (i) posicionadas sobre o substrato dental simulado (nas cores A2 e A4) antes (utilizando glicerina como líquido acoplante) e após a cimentação com diferentes cores de cimento (A2, WO e IL). O cálculo será realizado conforme a seguinte fórmula (CIE, 2004, SHARMA; WU; DALAL, 2005):

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\Delta L' / k_L S_L \right)^2 + \left(\Delta C' / k_C S_C \right)^2 + \left(\Delta H' / k_H S_H \right)^2 + R_T \left(\Delta C' / k_C S_C \right) \left(\Delta H' / k_H S_H \right) \right]^{1/2}$$

2.4.8 Análise Estatística

Os dados obtidos serão submetidos à análise estatística adequada com nível de significância de 5%. Será calculado o intervalo de confiança (95% IC) para as médias de PT and ΔE_{00} . Os grupos serão considerados estatisticamente diferentes

quando os IC não se sobreporem. Correlação de Pearson será usada para investigar a correlação entre ΔE_{00} e PT obtidos para as restaurações confeccionados a partir dos 4 materiais e avaliados antes e após a cimentação com três cores de cimentos (A2, WO e IL) e sobre os substratos A2 e A4. Será reportado o coeficiente de regressão linear (R^2) e seu respectivo valor de p .

2.5 Parte 3

2.5.1 Delineamento Experimental

Serão confeccionados 3 modelos geométricos tridimensionais de um incisivo central superior direito restaurado com facetas confeccionados em quatro diferentes materiais: cerâmica feldspática, vítrea, resina pré-fabricada em resina composta e resina composta, para análise de força originada entre o elemento dental e a restauração através de Análise de Elemento Finito (AEF). Neste modelo será simulada uma carga de 50N na superfície palatina do bordo incisal em ângulos de 60 e 125 graus com o eixo longitudinal do incisivo, que simulará o movimento intercuspidação e protrusão. A análise de elemento finito será realizada através da aplicação das cargas sobre o modelo antagonista e serão, então, verificados os deslocamentos máximos, as faixas de tensão máxima e a localização das micro-tensões predominantes em função das propriedades dos quatro materiais utilizados para a confecção das restaurações.

Avaliação em AEF será realizada em 03 (três) etapas: (i) pré-processamento, (ii) processamento; (iii) e pós-processamento dos modelos matemáticos simulando as situações clínicas desejadas. Na etapa de pré-processamento estarão incluídas as fases de geração do modelo geométrico, geração dos elementos e malha e definição das propriedades dos materiais. Na etapa de processamento serão aplicadas as vinculações e cargas, assim como será realizado o processamento propriamente dito. Na etapa de pós-processamento será realizada a convergência dos resultados até a validação dos resultados, para posterior análise.

2.5.2 Objetivos Específicos

- Verificar, através do AEF, as forças de Von Mises, existentes ao longo conjunto elemento dental preparado e faceta, de acordo com o material restaurador utilizado;

- Avaliar o comportamento biomecânico da faceta, unida a um incisivo central, superior, confeccionado em diferentes materiais: cerâmica feldspática, dissilicato de lítio, resina composta pré-fabricada e resina composta.

2.5.3 Hipótese Testada

Será testada a hipótese de que os materiais restauradores (cerâmica feldspática e vítrea, resina composta pré-fabricada e resina composta) exercem diferentes influências no comportamento biomecânico da restauração unida ao elemento dental.

2.5.4 Equipamento Computacional

Para rodar os softwares que criarão e analisarão os modelos, será utilizado como plataforma de trabalho um computador Inspiron Xps 16 (Dell, Arkansas – MS, EUA), com processador CORE i7-2630QM (Intel Inside, Santa Clara – CA, EUA) com capacidade de processamento de 2.9 GHz em 04 (quatro) núcleos e 08 (oito) threads e 6Mb de cache inteligente. O computador estará equipado com 4Gb de memória RAM, placa de vídeo GeForce GT 525M (NVIDIA, Santa Clara – CA, EUA) com 1Gb de memória (128 bits de cache), disco rígido Intel SATA de 476Gb (taxa de transferência de 3Gb/s) e sistema operacional Windows 7 (Microsoft, Redmond – WA, EUA) de 64 bits.

2.5.5 Confeção dos Modelos Geométricos

O modelo geométrico de um incisivo central superior com preparo e restaurado com faceta, será gerado através de uma Tomografia Computadorizada (TC). O modelo será gerado através de modelagem com o software Solidworks (SolidWorks Corp, Waltham - MA, EUA). Para avaliação das tensões distribuídas ao sistema, serão simuladas 4 situações onde serão modelados diretamente no Solidworks LCs fabricados nos seguintes materiais: cerâmica feldspática, de dissilicato de lítio, resina pré-fabricada em resina composta e em resina composta.

A partir dos arquivos DICOM da TC, será gerado um arquivo tridimensional utilizando o programa InVesalius (Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Campinas – SP, Brasil). Este programa irá unir os cortes tomográficos gerando um modelo geométrico de formato STL (*Stereolithography*), ou seja, uma malha de superfícies triangulares que se formam a partir da união de pontos

tridimensionalmente distribuídos. A malha em STL será então importada para o Solidworks, onde serão traçados pontos e curvas de referência anatômica para geração de um modelo volumétrico.

Todos os modelos sólidos inicialmente gerados através do programa Solidworks serão exportados para o software de elementos finitos ANSYS (AnsysInc, Canonsburg - PA, EUA), no formato IGES, para geração da malha de elementos finitos que simula a situação clínica completa (Figura 1). O padrão de elementos utilizados será do tipo tetraédrico com 10 pontos, onde cada aresta e cada ângulo terão um ponto, e cada ponto terá 3° de liberdade. Como neste caso serão envolvidos mais de um corpo sólido, utilizando-se diferentes materiais e áreas de contato, todos os corpos simulados como em contato íntimo deverão simular união entre si. Por outro lado, aqueles que estiverem apenas se opondo (ocludindo), não deverão simular união entre si.

Caso seja necessária a redução do pontos da malha, para facilitar o posterior processamento, o mesmo será realizado manualmente no programa ANSYS, removendo todos os pontos formadores de estruturas que não influenciem nos resultados finais desta pesquisa. Caso, ainda, seja possível obter o ANSYS na versão 13.0 ou posterior, será eliminada a etapa de utilização do Solidworks na obtenção do modelo volumétrico das TCs, visto que a partir desta versão o software já possibilita a importação direta de arquivos no formato STL.

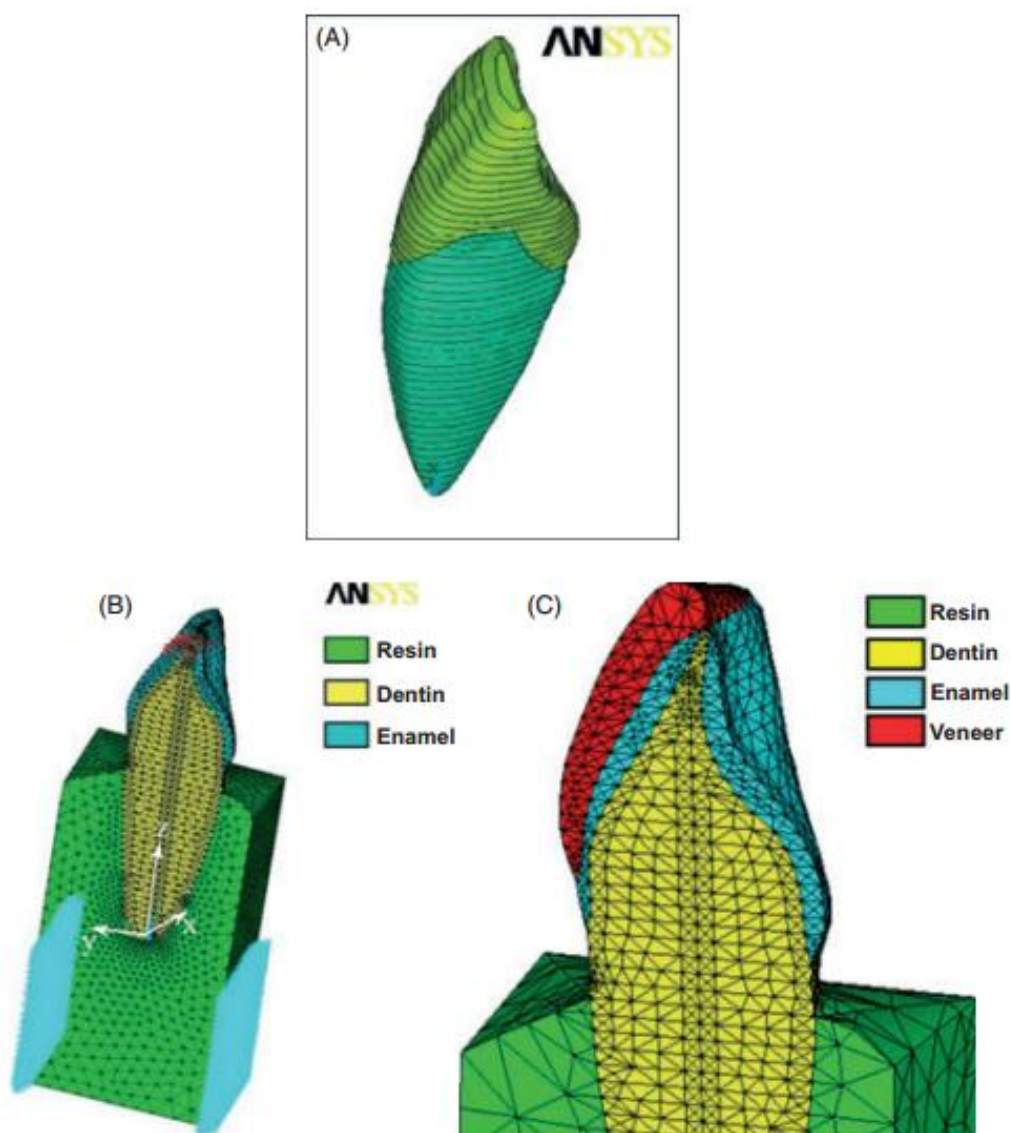


Figura 1. Exemplo de modelo e análise. (A) Modelo 3D CAD de um dente intacto importado no software ANSYS; (B) Modelo de um dente intacto com carga; (C) Vista detalhada de um modelo de dente restaurado.

FONTE: GENOVESE et al., 2012.

2.5.6 Propriedades dos Materiais

Os materiais a serem utilizados nesta pesquisa serão considerados como isotrópicos, homogêneos, linearmente elásticos e contínuos. As propriedades dos materiais serão consideradas, no que tange ao módulo de elasticidade e coeficiente de Poisson, conforme o Quadro 1.

Material	Módulo de Young (GPa)	Coefficiente de Poisson	Referência
Esmalte	80	0.3	Rees; Jacobsen, 1995
Dentina	15	0.31	Rees; Jacobsen, 1995
Porcelana Feldspática	82,8	0.35	Papavasiliou et al., 1996
Cerâmica de dissilicato de lítio	65	0.24	Ivoclar Vivadent
Cimento resinoso	83	0.3	Ivoclar Vivadent
Componeer	A ser definido	A ser definido	Coltene
Resina Composta	14	0.33	Papadogiannis et al., 2008

Quadro 1: Materiais analisados no AEF e seus respectivos módulos de Young e coeficiente de Poisson.

2.5.7 Aplicação das Cargas

Para reproduzir um efeito de carga dinâmico, será utilizada uma análise transitória com integração temporal. Cada carga atingirá o valor máximo atribuído através de um intervalo de tempo definido em momentos diferentes. Carga intrusiva de curto prazo: um deslocamento intrusivo será calculado referindo-se a uma atividade de mastigação de 70 ciclos por minuto (Figura 2). O teste experimental de Parfitt será reproduzido no ambiente de elementos finitos aplicando uma carga intrusiva de 3N. A carga intrusiva será gradualmente aumentada até 3N (0,5N em um intervalo de tempo de 0,14s) dentro de um intervalo de tempo global de 0,85s. A carga horizontal será gradualmente aumentada até 15N (1N em um intervalo de tempo de 5s) dentro de um intervalo total de 75s (Figura 2). Carga de estudo: para análise final, uma carga aplicada em ângulo de 60 graus com eixo longitudinal do dente na superfície palatina da coroa 2mm apicalmente à margem incisal será aumentada até 50N em um intervalo de tempo de 0,5s para simular função oclusal (Figura 2), (SORRENTINO et al., 2009). Para simular o movimento de intercuspidação e protrusão, será aplicada uma carga de 50N na superfície palatina do bordo incisal em ângulos de 60 e 125 graus com o eixo longitudinal do incisivo (Figura 3), (LI et al., 2014).

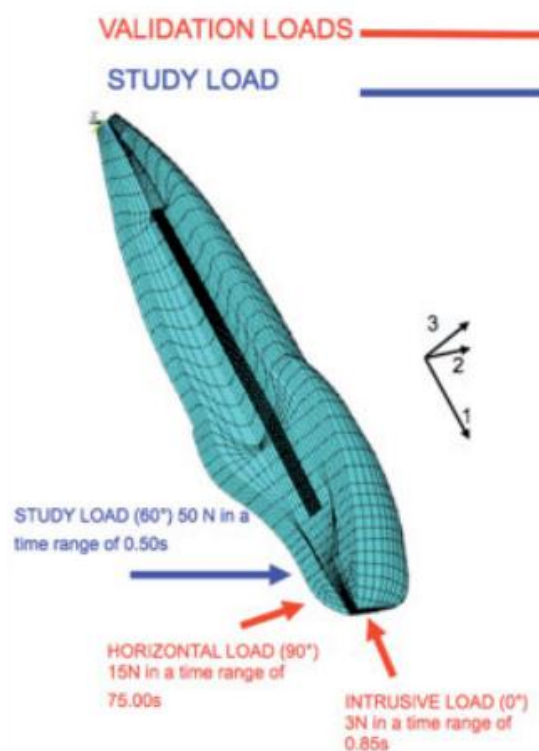


Figura 2. Carga aplicada e direções relativas. As cargas utilizadas para validação do modelo estão representadas nas setas vermelhas, enquanto a carga aplicada para simular a função oclusal está representada em azul.

Fonte: SORRENTINO et al., 2009.

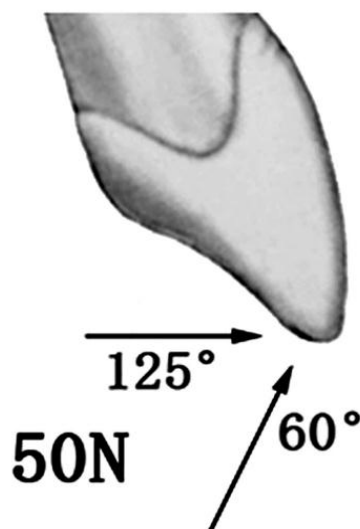


Figura 3. Carga aplicada para simular o movimento de intercuspidação e protrusão.

Fonte: LI et al., 2014.

2.5.8 Análise dos Resultados

Uma análise estática estrutural linear será realizada para avaliar a distribuição de tensões nas regiões críticas. Os estados de estresse complexos e a redistribuição do estresse nas interfaces entre laminado, o cimento e a estrutura dentária serão analisados pelo princípio de estresses máximo ou pelos critérios de Von Mises (Figura 4), (LI et al., 2014).

Os resultados da análise serão apresentados na forma de figuras e gradientes de cor. A análise de von Mises será utilizada para avaliar a distribuição de estresse ao longo da faceta e do dente. Será utilizada a análise de estresse de von Mises devido sua forte indicação na localização de grandes possibilidades de falha. A utilização da máxima principal será devido à falha de materiais friáveis ocorrerem quando a mesma excede o estresse máximo registrado em um simples teste laboratorial (SPAZZIN et al., 2013). Os dados serão submetidos à análise estatística adequada com nível de significância de 5%.

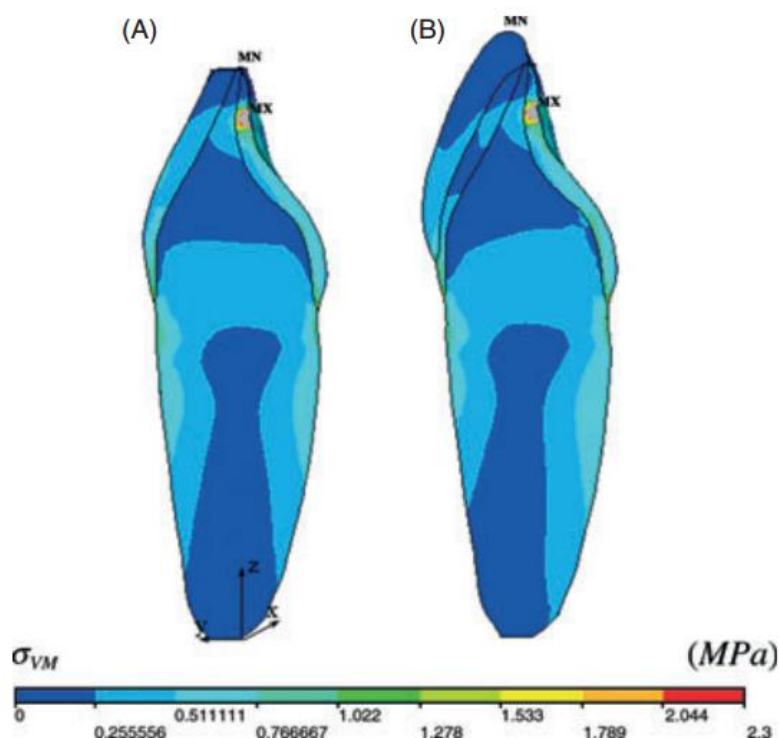


Figura 4. Exemplo de distribuição de estresse de Von Mises em (A) um dente natural e (B) um dente restaurado.

FONTE: GENOVESE et al., 2012.

2.5.9 Análise de Coerência dos Resultados

Após o processamento dos dados pelo software de elementos finitos, será realizada a convergência dos resultados obtidos em todos os modelos. Primeiramente será avaliado se o deslocamento e as deformações terão a direção esperada nos modelos virtuais e, após, será verificado o mesmo na distribuição de estresse. Assim, os locais onde estiverem concentrados os principais pontos de estresse sofrerão um refinamento da malha, aumentando o número de elementos e pontos nestes locais, para ver se o comportamento continuará o mesmo, após o novo processamento de dados. Caso a convergência entre a situação inicial e a final for positiva, e os resultados semelhantes, a situação será considerada como coerente. Caso contrário, será necessário realizar novos refinamentos na malha tridimensional, tantos quantos forem necessários, até obter coerência nos resultados.

Para confirmar se os resultados são realísticos, de forma geral, serão comparados com os estudos já relatados na literatura por experimentos *in vitro*, ao final da pesquisa, buscando observar se as tendências são no mínimo similares.

2.6 Orçamento

MATERIAL	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
Impressão e cópias	300	R\$ 0,10	R\$ 30,00
Alginato	3	R\$ 16,50	R\$ 49,50
Gesso	3	R\$ 6,99	R\$ 20,97
Silicone de adição fluído	2	R\$ 198,00	R\$ 396,00
Silicone de adição denso	2	R\$ 280,00	R\$ 560,00
Resina bisacrilica	1	R\$ 352,59	R\$ 352,59
Ácido fosfórico 37%	3	R\$ 5,20	R\$ 15,60
Ácido Fluorídrico 10%	2	R\$ 15,70	R\$ 31,40
Silano	2	R\$ 245,93	R\$ 491,86
Adesivo	2	R\$ 109,99	R\$ 219,98
Kit Cimento Variolink Veneer	1	R\$ 1.427,00	R\$ 1.427,00
Kit Cimento Variolink N	1	R\$ 1.512,00	R\$ 1.512,00
Resina composta fluída	6	R\$ 20,96	R\$ 125,76
Resina composta	4	R\$ 155,00	R\$ 620,00
Cerâmica feldspática (caixa com 5 blocos)	2	R\$ 325,00	R\$ 650,00
Cerâmica vítrea (caixa com 5 blocos)	2	R\$ 360,00	R\$ 720,00
Facetas pré fabricadas em resina composta	60	R\$ 183,33	R\$ 10.999,80
TOTAL:			R\$ 18.222,46

2.7 Cronograma

As etapas de execução do presente estudo serão:

1. Levantamento bibliográfico inicial;
2. Elaboração do projeto de dissertação;
3. Qualificação do projeto;
4. Seleção de pacientes (clínico) + confecção dos espécimes (*in vitro*);
5. Desenvolvimento do estudo clínico e *in vitro*;
6. Confecção dos modelos geométricos e análise de elementos finitos
7. Processamento do sistema de equações;
8. Refinamento da malha de elementos finitos;
9. Análise de elemento finito após convergência dos resultados;
10. Recolhimento e análise estatística dos resultados obtidos;
11. Levantamento bibliográfico adicional;
12. Redação de relatórios e artigos para publicação;
13. Divulgação em congresso e/ou seminários;
14. Defesa da Tese;
15. Correções e envio do artigo para publicação.

2016											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
		1	1	1	1	2	2	2	2	2	3
2017											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
4,5,6	4,5,6	4,5,6	4,5,6	4,5,6	4,5,6	4,5,6	4,5,6	4,5,6	4,5,6	5,7	5,7
2018											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5,7	5,8	5,8,9	5,9	5,9	5,9	5,9	10,11	10,11	10,11,12	12	12
2019											
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
13	13	14	15	15							

3 Relatório do trabalho de campo

3.1 Comitê de Ética

O estudo clínico foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas sob o parecer 905.099 (Anexo A).

3.2 Campo

Inicialmente o projeto da presente tese envolvia três estudos: um estudo clínico com laminados cerâmicos, um estudo *in vitro* comparando cerâmica e resinas em diferentes cores de substratos, e uma análise pelo método de elementos finitos acerca das tensões resultantes no conjunto dente-restauração.

O projeto de pesquisa contido nesta tese foi apresentado em sua forma final após qualificação realizada em 16 de dezembro de 2016 e aprovado pela Banca Examinadora composta pelos Professores Doutores Noéli Boscato, Mateus Bertolini Fernandes dos Santos e Lisia Lorea Valente.

A primeira etapa foi iniciar a coleta de dados para o estudo clínico. O principal obstáculo encontrado diz respeito à seleção e inclusão de pacientes que necessitavam de tratamento restaurador a partir da confecção de laminados cerâmicos. Outro ponto importante, e bastante limitante quanto à inclusão de pacientes, é que além de necessitarem do tratamento oferecido, os que preenchiam os critérios de inclusão, ainda deveriam apresentar situação financeira que permitisse custear o valor cobrado pelo laboratório, que é relativamente alto. Por isso, além das avaliações realizadas em Pelotas, tornou-se necessária a parceria com o curso de especialização do Centro de Estudos Odontológicos Meridional (CEOM – Passo Fundo), onde parte das avaliações foram realizadas. O mesmo aparelho foi utilizado para as avaliações em ambos locais.

Questionamentos foram surgindo acerca dos resultados nas avaliações do estudo clínico e buscou-se avaliar o que os estudos *in vitro* apresentavam sobre o tema. Assim, paralelamente foi conduzida a revisão sistemática com estudos *in vitro* avaliando a influência da cor do agente de cimentação e fatores relacionados a cor

final de laminados cerâmicos. Os resultados encontrados apresentaram-se complementares ao estudo clínico e optou-se pela inclusão na presente tese. O artigo foi submetido ao periódico *Dental Materials* e publicado no ano de 2018.

Na etapa de elaboração do estudo *in vitro*, observou-se que ainda existe carência de estudos que avaliem a influência de diferentes substratos no resultado final de facetas em resina com diferentes camadas e opacidade, desta forma optou-se por avaliar apenas este material restaurador. Ainda, optou-se também pela não realização do estudo envolvendo a análise de elementos finitos pois a comparação entre os diferentes materiais é complementar ao estudo *in vitro* inicialmente planejado.

O presente trabalho está apresentado de acordo com o nível de descrição em artigos previsto no Manual de normas UFPel para trabalhos acadêmicos da Universidade Federal de Pelotas (2019), disponível no seguinte endereço eletrônico: <https://wp.ufpel.edu.br/sisbi/files/2019/06/Manual.pdf>.

4 Artigo 1

Influence of light-cured luting agents and associated factors on the color of ceramic laminate veneers: A systematic review of in vitro studies[§]

Ana Paula Perroni,^a Marina R. Kaizer,^b Alvaro Della Bona^c, Rafael R. Moares,^d Noéli Boscato^d

^a PhD student, Graduate Program in Dentistry, Federal University of Pelotas, Pelotas, Brazil;

^b Post-Doctoral Fellow, Department of Biomaterials and Biomimetics, New York University, New York, NY, USA;

^c Senior professor, Post-graduate Program in Dentistry, University of Passo Fundo, Passo Fundo, Brazil;

^d Associate Professor, Graduate Program in Dentistry, Federal University of Pelotas, Pelotas, Brazil.

Key words: ceramic veneers; color; luting agent; spectrophotometry; shades; flowable composites; aging

Corresponding author:

Prof. N. Boscato

School of Dentistry, Federal University of Pelotas, Prosthodontics Division

Rua Gonçalves Chaves 457, room 508

96015-560, Pelotas-RS, Brazil

Tel/Fax: +55 53 3225.6741 x.135

(noeliboscato@gmail.com)

[§]Artigo publicado no periódico *Dental Materials* (Qualis: A1; Fator de impacto:4.44).

Influence of light-cured luting agents and associated factors on the color of ceramic laminate veneers: A systematic review of *in vitro* studies

Abstract

Objectives. The luting agent plays a significant role in the appearance of ceramic laminate veneers (CLV), allowing improved/stable shade matching with adjacent teeth. A systematic review was conducted to investigate the influence of light-cured luting agents and color-associated factors aiming to draw guidelines for stable shade matching of CLV. The paper has also given an overview of the compositional characteristics of all luting agents and ceramic systems whose performance was presented herein.

Methods. A search of *in vitro* studies that quantitatively investigated the influence of lightcured luting agents on the color of CLV was conducted. PubMed/MedLine, Cochrane Library, SciVerse Scopus and Web of Science databases were explored until December 2017 with no year limit. Data regarding the effect of light-cured luting agent, ceramic systems, effect of background, accelerated aging and surface treatments on color change were collected. A meta-analysis was not possible due to heterogeneity of data.

Results. After duplicates' removal, 3,630 studies were identified, 48 were selected for fulltext analysis, and 21 remaining papers met the inclusion criteria and were included in this systematic review.

Significance. Considering the shade aspects of luting agents, translucency and value showed the greatest visible color differences for CLVs. The effect of luting agent shade on the color of veneers is greatly affected by ceramic thickness and opacity.

Introduction

Thin and translucent ceramic laminate veneers (CLVs) have their final aesthetic appearance markedly influenced by light reflection, transmittance, and scattering within and through the restoration [1, 2]. Therefore, determining factors for shade of restorations included: restorative material [3, 4], underlying dental structure [3, 5], and shade and composition of the resin-based luting agent [4].

The luting agent shade is known to play a significant role in the final appearance of CLVs, allowing improved shade matching with adjacent teeth [1, 3, 5-8]. Light-cured resin-based materials should be used to cement CLVs because of their better color stability over time as compared to self- and dual-cured luting agents [6, 9, 10]. In addition, the influence of the underlying background shade [1], thickness, composition, and shade of the ceramic system [11-16], and the aging of the restorations [6, 8, 9, 14, 17, 18], have been investigated in several *in vitro* studies on color of CLVs. There is great heterogeneity in published results mostly due to differences in materials and methods used [12].

To the best of the authors' knowledge, no attempt to summarize and systematically analyze the vast literature available on this topic has been published to date. Therefore, considering the great amount of available *in vitro* data, a comprehensive evaluation of the findings can be beneficial to identify important factors for stable shade matching and improved final aesthetic appearance of CLV. In addition, the present work intends to overview the compositional characteristics of luting agents mention in the text.

Materials and methods

Eligibility criteria

This systematic review is reported according to Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) Statement [19] and registered at PROSPERO network (#CRD42016032605). Eligible studies were *in vitro* essays that quantitatively evaluated the color of CLVs regarding the influence of light-cured luting agents and other color-associated factors, such as the ceramic thickness, shade and type, as well as the influence of the substrate and aging. The exclusion criteria were studies that evaluated crowns rather than CLVs, did not use light-cured resin luting agents, evaluated color using qualitative scales (e.g. Vita Classical) rather than quantitative systems (e.g. CIELAB), did not use instrumental and standardized

methods for color measurement before and/or after cementation, and did not use or describe appropriate statistical analysis for color data. “Light-cured luting agents” mean materials containing a polymerization system exclusively activated by light. In some studies, only the base paste of dual-cured cements was used, which is equivalent to a light-cured luting agent, thus meeting the inclusion criteria. When both base and catalyst past of dual-cured cements were used, the presence of any chemically activated component in the polymerization system was a reason to exclude the study. Among the studies included, data from groups testing dual- and self- cured luting agents were not considered in this systematic review. Finally, case reports, series of cases and other clinical studies were not included.

The following PICOT format was used: (i) Population: ceramic laminate veneers; (ii) Intervention: “cementation” with light-cured resin-based luting agents (by “cementation” the authors refer to the presence a polymerized, yet not necessarily bonded, layer of luting agent under the CLV); (iii) Comparison: different shades of luting agents and other color-associated factors; (iv) Outcomes: color of CLVs; (v) Type of study: *in vitro* experiments. The research question was: How light-cured luting agents and color-associated factors affect the aesthetic appearance of CLVs?

Search strategy

Four electronic databases were searched (PubMed/MedLine, The Cochrane Library, SciVerse Scopus, and Web of Science) following the search strategy detailed in Table 1. **Erro! Fonte de referência não encontrada.**Last search was performed in December 2017, with no limit regarding the year of publication. Papers in English, Portuguese, and Spanish languages were searched. The studies identified were imported into Endnote X7 software (Thompson Reuters, Philadelphia, PA, USA) to remove duplicates. The references of the papers included in this review were hand searched for additional eligible studies.

Study selection

Titles and abstracts of all studies identified by the search strategy were screened independently by two reviewers (APP and NB). Studies that seemingly met the eligibility criteria and those classified as unclear by title and abstract reading were selected for full-text assessment. Among the papers read in full, only those that fulfilled all the eligibility criteria and surpass the exclusion criteria were included in

this systematic review and processed for data extraction, while reasons for exclusion were recorded. In case of missing or unclear information relevant to decision making, the authors of the study were contacted via email, at least twice in a weekly interval. In each search step, the two reviewers compared their list of papers; in case of disagreement, final decision on inclusion or exclusion was made following discussion and consensus with a third researcher (RRM).

Data extraction

Data from included papers were independently extracted and registered by two researchers (APP and NB). The reviewers tabulated data of interest, composing a spreadsheet in Excel format (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA). The study design, type and shade of luting agents, ceramic material and its shade and thickness, color measurements, type and shade of background described in the papers were recorded. The main findings of the studies regarding light-cured luting agents were also tabulated.

Data analysis

The great variability of materials and methods from the included papers resulted in various small subcategories of results, discouraging a meta-analysis. An extensive qualitative analysis of results was conducted, identifying factors associated with the final aesthetic appearance of CLVs. The findings were grouped into three categories for evaluation: (1) light-cured luting agent, (2) effect of accelerated aging, and (3) ceramic systems.

Assessment of risk of bias

The methodological quality of each study included in this systematic review was evaluated based on the modified Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) checklist [20]. The following parameters were considered: (1) Structured summary of trial design, methods, results, and conclusions; (2a) Scientific background and explanation of rationale; (2b) Specific objectives and/or hypotheses; (3) The intervention for each group, including how and when it was administered, with sufficient detail to enable replication; (4) Completely defined, pre-specified primary and secondary measures of outcome, including how and when they were assessed; (5) How sample size was determined; (6) Method used to generate the

random allocation sequence; (7) Mechanism used to implement the random allocation sequence (for example, sequentially numbered containers), describing any steps taken to conceal the sequence until intervention was assigned; (8) Who generated the random allocation sequence, who enrolled teeth; (9) If done, who was blinded after assignment to intervention (for example, care providers, those assessing outcomes), and how and who assigned teeth to intervention; (10) Statistical methods used to compare groups for primary and secondary outcomes; (11) For each primary and secondary outcome, results for each group, and the estimated size of the effect and its precision (for example 95% confidence interval); (12) Trial limitations, addressing sources of potential bias, imprecision, and, if relevant, multiplicity of analyses; (13) Sources of funding and other support (for example suppliers of drugs), role of funders; (14) Where the full trial protocol can be accessed, if available. The parameters were judged as reported (Yes) or not reported (No) in each paper. The judgment was carried out independently by two reviewers (APP and NB). The assessments and consensus were discussed with a third researcher (RRM).

Results

Search and selection

The search strategy resulted in 3630 studies after removing the duplicates (Figure 1). Careful evaluation of titles and abstracts resulted in 48 studies selected for full-text reading. As some papers did not inform the polymerization reaction used in the dual-cured resin-based luting agents, the authors of such studies were contacted to clarify this issue: two authors replied, confirming the use of the dual-cured reaction, thus these studies were excluded [21, 22]; the other studies were excluded due to missing information. One paper described statistical methods but it was unclear on the statistical differences, since no standard deviation or p-values were presented [23]. Additional information on reasons for exclusion is shown in Figure 1.

Thus, 21 papers were identified as eligible and included in present systematic review. The main findings on light-cured luting agents are presented in Table 2. As mentioned for the inclusion criteria, color data regarding dual- and self- cured luting agents were not analyzed in this systematic review.

Risk of bias

The methodological quality of the included studies was evaluated based on the modified CONSORT checklist [20], presented in Table 3. From a total of 315 entries, 132 (42%) were correctly reported. Items related to the outcomes, sample size, randomization, allocation, blinded parties, and full trial protocol access were not clearly reported in any of the included studies. All studies reported adequately items related to structured summary, objectives and/or hypotheses, and statistical methods. While background and rationale (95%), intervention description to enable replication (95%), method of randomization (5%), results and effect size for all outcomes (19%), limitations and bias (71%), and funding disclosure (43%) were not always adequately reported.

Discussion

This systematic review investigated the influence of light-cured luting agents and color-associated factors on the color of CLVs. Findings were discussed in three categories as follows: (1) light-cured luting agent, (2) effect of accelerated aging, and (3) ceramics system. Among the included studies, color difference (ΔE) was more often calculated using the CIELAB metric rather than the CIEDE2000 [47]. It is important to highlight that ΔE values calculated by different equations are not comparable [48] and that CIEDE2000 equation better estimates color difference and should be preferred in dentistry [49-52]. In addition, various distinct clinical thresholds for visually detectable color changes were considered among the included studies [48, 53-63]. For the present systematic review, color difference was discussed considering the clinical thresholds described by Dr. Paravina and collaborators [48]: the CIELAB perceptibility threshold (PT) is $\Delta E_{ab} = 1.2$, whereas the acceptability threshold (AT) is $\Delta E_{ab} = 2.7$. These values were also adopted by the ISO/TR 28642[64]. Corresponding PT and AT values for CIEDE2000 are $\Delta E_{00} = 0.8$ and $\Delta E_{00} = 1.8$.

Light-cured luting agents

In general, the luting agents produced clinically perceptible color changes on the CLVs [11, 13, 65-67]. Thirteen light-cured luting agents (Table 4) were evaluated in the included studies, which were divided in three types: resin cements, flowable resin composites, and one pre-heated resin composite. These materials have

compositional differences, which influence their optical properties [68, 69]. However, manufacturers disclosed only limited information about proportion of monomers and filler particles and did not describe type and concentration of silane, pigments, opacifiers, and polymerization promoters. Thus, it is unlikely that the optical performance of a commercial luting agent can be predicted based solely on the available compositional information.

Among the included studies, several factors affecting color measurements were identified. Particularly the presence, type, and color of the substrate used for cementation, and the color readings used to calculate ΔE . The effect of luting agent shade can be investigated by calculating color difference (ΔE) between color of [veneer + substrate] and color of [veneer + luting agent + substrate] [11, 65]. A compilation of these data is presented in Figure 2, which shows similar shade effects for translucent and dental-shaded luting agents. Nonetheless, the color change yielded was not always clinically perceptible according to the thresholds described here. The magnitude of the color change with translucent and dental-shaded luting agents was regarded to type and thickness of ceramic, rather than the individual shade of the luting agent. Figure 2 also shows that white opaque luting agents yielded significantly greater color change on the final shade of the veneers, which was always clinically perceptible. The variation on color change values measured with white opaque luting agents (Variolink Veneer HV+3, Ivoclar Vivadent; and RelyX Veneer WO, 3M ESPE) was mainly influenced by the type and thickness of the ceramic, and brand of the luting agents (Fig. 2). These materials have different organic and inorganic compositions (Table 4). Although both cements are considered white opaque, they are expected to differ in shade and degree of opacity due to compositional differences. To corroborate this assumption, one can use the average values for $L^*a^*b^*$ coordinates presented by Dr. Chen and collaborators [65] to estimate a color difference ($\Delta E \approx 2.3$) between the veneers cemented with these two luting agents, which is visually perceptible. Luting agents from different brands are often labeled with the same or equivalent “shade name”, but their actual colors and opacities are distinct [70], which helps to explain the variations observed in Fig. 2.

Besides the effect of luting agent shade, the shade matching and masking ability of CLVs were also investigated in the included studies. To estimate the degree of shade matching or the masking ability of a cemented CLVs, color difference (ΔE) is calculated between the reference color, usually the substrate, and the color of

[veneer + luting agent + substrate]. The calculated ΔE values are significantly influenced by the color of the substrate used, hindering compilation of data from different studies. This systematic review, thus, presents a qualitative appraisal of the findings of the included studies:

(I) Shade matching: Shade matching between an aesthetic restoration and the surrounding tooth structures is a key factor for its success. This aspect is particularly challenging for thin translucent CLV restorations. To measure shade matching, an ideal color is set as reference and compared to the color of the restoration. The reference color can be the desired shade-guide color selected or the substrate intended to be mimicked. Among the included studies, four studies investigated shade matching [5, 11, 15, 67], showing conflicting results. A study [11] showed acceptable shade matching using dental-shaded (B0.5, A1, and A3) and translucent luting agents used to cement thin veneers of different ceramic systems. Whereas white opaque cement resulted in unacceptable shade matching in five out of six comparisons. In contrast, white opaque was the only luting agent shade able to yield shade match with thin veneers (0.5 mm) [15]. In this same study [15], thicker and more opaque CLVs (MT and LT 1 mm veneers) reached acceptable shade match with white opaque, B0.5, and A1 luting agents. In contrast, a 1 mm bleach-shade CLV only achieved shade matching when combined with a translucent luting agent. In the study of Dr Xing and collaborators, LT-A2 ceramic veneers combined with different luting agent shades were used to match a darkened tooth with an A2 shade tab. The authors observed that with thin CLV (0.5 mm) only high-value (HV+3) and A3 luting agents yielded acceptable shade matching, while with 0.75 mm thick CLV A3, WO and HV+3 luting agents reached acceptable A2 shade matching. Finally, another study [5] showed little to no differences in the effect of different dental shaded luting agents (B1, A1, and A2) on either of the light colored substrates used as backgrounds (A2 and B1). Whereas white opaque and translucent luting agents had distinct effect on CLV shade, according to the opacity of the veneer. Nonetheless, acceptable shade matching was not achieved with any luting agent + veneer opacity combination in the study.

(II) Masking ability: One should note that desirable masking ability measurements will often result in ΔE values above the thresholds for color change [48]. This can be explained by the pair of color measurements used to calculate color difference: [substrate, dark colored] *versus* [veneer + luting agent + substrate], which will

present a shade much lighter than the background alone in order to match the adjacent teeth. A study [3] reported that a white opaque luting agent has greater ability to mask a darkened underlying background in comparison to a translucent luting agent. Usually, the thicker the veneer, the least the effect of the luting agent shade on masking ability. In that study, thin veneers (0.5 mm) cemented with white opaque luting agent yielded similar masking ability to thicker veneers (1.0 and 1.5 mm) on a dark dental-shaded background [3]. In addition, the masking ability of a CLV can indirectly be estimated by measuring its translucency. The effect of luting agent shade on the translucency parameter (TP) of CLVs was investigated in two of the included studies [5, 12]. Their findings were similar: (1) white opaque luting agents reduce the translucency of the cemented veneers, thus likely increase their masking ability; (2) translucent and dental-shaded luting agents had little to no effect on the translucency of the cemented veneers, thus little improvement in masking ability is expected.

Thus, the luting agent showed a significant impact on the shade of CLVs. The magnitude of this effect was greatly dependent on the opacity of the luting agent. Materials with same or equivalent “shade name”, from different luting agent systems, often have different color and opacity. Therefore, distinct effects on the cemented CLV shade are expected. Besides the shade of the luting agent, the shade, type and thickness of the ceramic, as well as the shade of the underlying substrate, will significantly affect the final aesthetic result of the CLV. Individualization thus seems to be the key for success, which involves carefully testing each restoration on site, evaluating a range of luting agent shades. To increase the range of luting agent shades available, the clinician can select different types and brands of light-cured luting agents. No superior performance was observed among the light-cured luting agents evaluated in the included studies (Table 4).

Effect of accelerated aging

The resulting color of CLVs after cementation is important for shade matching whereas color stability is more important for the long-term aesthetic results. Among the included studies, 10 have investigated discoloration of the luting agents caused by aging, using thermal cycling [9, 71] and/or weathering simulation, exposing the samples to temperature, humidity, and light [6, 8, 10, 14, 17, 18, 71-73]. These studies showed discoloration after accelerated aging for all materials evaluated. The

magnitude of color changes was significantly different among the studies, ranging from $\Delta E_{ab} < 1$ [6, 17, 71, 72] to $\Delta E_{ab} > 10$ [73]. Seven of these studies [6, 8, 10, 14, 17, 71, 72] detected discoloration within the AT ($\Delta E_{ab} < 2.7$ [48]) or even below the PT ($\Delta E_{ab} < 1.2$ [48]). The findings from Drs. Turgut and Bagis [14] corroborated to the general observations of these six studies, meaning: shade, type, or brand of the luting agent do not seem to have a significant effect on color stability of CLVs. Interestingly, these studies showed that the extent of time that the specimens were exposed to accelerated aging did not increase color change. In contrast, the study by Turgut and Bagis [14] indicate that the shade of the ceramic seems to play a role on the magnitude of discoloration measured for cemented CLVs after aging. When a translucent ceramic (HT) or a light chroma ceramic (A1) were used, higher average ΔE was found in comparison to opaque (HO) and dark chroma (A3) ceramics.

The other three studies investigating aging [9, 18, 73] showed color changes above the AT ($\Delta E_{ab} > 2.7$ [48]). In addition, an increase in ΔE values was observed with increasing aging time [9], which also contradicts the results mentioned before. It is important to point out that in these three studies the CLVs were cemented to dental enamel (human or bovine). Whereas only one of the aforementioned had CLVs cemented to enamel [71], the other six studies had CLVs either cemented to a polymer plate substrate [17, 72], or a thin layer (< 0.3 mm) of luting agent was applied to the veneer and left uncovered [6, 8, 10, 14]. Thus, the inconsistencies among studies may somewhat be explained by the specimen geometry and surface area of luting agent material exposed to the aging conditions. The discoloration of resin-based materials has been associated with the hydrolytic degradation of organic components, as well as oxidation of unreacted polymerization promoters [69, 74]. In addition, the elution of unreacted and oxidized components should be taken into account as cause of changes in the optical properties with time. Therefore, the surface area of luting agent exposed to the aging conditions can affect the dynamics of elution and degradation of components, consequently affecting the magnitude of color change. For these reasons, only a thin luting agent line sandwiched between veneer and substrate should be exposed to aging, in order to better simulate the clinical exposure of CLVs in the mouth.

Despite the many variables affecting the results of the included studies, some findings are worth to highlight. Light-cured luting agents presented color changes with time. The magnitude to which this discoloration will affect the CLV color

depended on various factors, amongst which the shade of the veneer seems to play a significant role. The more translucent and light shaded the veneer, the more perceptible is the color change of the luting agent. Type, shade, or brand of light-cured luting agent do not seem to affect color stability of CLV. Thus, the choice of luting agent can rely on the clinician's preference and on the range of shades available for excellent aesthetic results.

Ceramics system

The ceramic systems used to fabricate the CLVs in the included studies are listed in Table 5. The materials can be grouped in four main composition classes: leucite-based glass ceramics [6, 11-13, 15-18], lithium disilicate glass-ceramics [3, 11, 12, 14, 16, 65, 66], fluorapatite glass-ceramics [11, 16, 73], and finally, a broader class of materials commonly called “dental porcelains” [3, 5, 8-10, 16, 72, 75]. Three processing techniques have been applied to obtain the CLVs: sleep casting, heat pressing, and CAD/CAM. Both the ceramic composition and the processing technique have influences in the material microstructure and its properties [41, 76, 77].

The esthetic appearance of CLVs is greatly influenced by the ceramic translucency, which is associated with its composition, microstructure, and thickness [41, 76-80]. In general terms, the higher the crystallinity of the ceramic, the lower its translucency [41, 77]. However, ceramic translucency is also influenced by other aspects, including the fraction of pigments and opacifiers added by the manufacturer, according to shade (e.g. A1, A2, or C4) and opacity level (e.g. HT, LT, enamel or dentin). Among the included studies, the crystallinity effect can be observed in the study by Dr. Alqahtani and collaborators [11], which evaluated different ceramic systems (IPS e.max Press and IPS e.max ZirPress) with same shade and translucency notation (A2-LT) and same processing technique (heat-pressing). Their results showed that the luting agent yields less color change in veneers fabricated with e.max Press in comparison to e.max ZirPress, indicating higher opacity for e.max Press. The latter is a glass-ceramic with approximately 70% of lithium disilicate crystals; whereas e.max ZirPress is predominantly glassy, which makes the material inherently more translucent.

Four included studies [5, 13-15] investigating different shades and opacity levels within the same ceramic system observed that the fraction of pigments and

opacifiers played a significant role in the final aesthetic appearance of the CLVs. The study by Dr. Perroni and collaborators [5] confirmed that veneers fabricated with enamel porcelain are more translucent than those fabricated with dentin porcelain, whereas when enamel and dentin ceramics are layered (0.5 mm thick enamel onto 0.5 mm dentin), the translucency of the bilayer veneers is in the midrange to that of the monolithic counterparts (1 mm thick). Three studies by Dr. Turgut and collaborators [13-15] investigated CLVs produced with different ceramic shades. The first study [14] indicated that the shade of the ceramic seems to play a role on the magnitude of the discoloration measured for cemented CLVs after aging. When a translucent ceramic (HT) or a light chroma ceramic (A1) were used, greater discoloration of the cement was observed with time in comparison to opaque (HO) and dark chroma (A3) ceramics. The following two studies [13, 15] confirmed that the ceramic chroma, hue, and value have significant influences on the final color of the CLVs. A multi-translucent (MT) ceramic was evaluated in the study by Drs. Turgut and Bagis [13]. This material is intended to mimic the variations in opacity observed in the natural tooth structure, which is traditionally obtained by ceramic layering. However, the results by Dr. Perroni and collaborators [5] showed that layered CLVs yielded different shade matching than monolithic counterparts, while Drs. Turgut and Bagis [13] observed similar shade matching between monochromatic LT (low translucency) and MT ceramics. These controversial findings are an indication that processing technique affects the ceramic optical properties.

Distinct processing techniques can yield microstructural differences within the same ceramic composition. A classic example is lithium disilicate processed by heat-pressing or CAD/CAM techniques, the latter resulting in smaller crystals randomly oriented. Dr. Turgut and collaborators [16] investigated the optical characteristics of lithium disilicate CAD and Press. Although the authors did not statistically compare the materials, one can observe that similar $L^*a^*b^*$ values were measured and that both materials were similarly susceptible to color change due to surface treatments. Nonetheless, the processing technique can influence the ceramic translucency related to pore population, which is particularly critical when a slip-casting technique is used. Although this aspect is well known, none of the included studies investigated it. Defect population can also be added through surface treatments, amongst which sandblasting and acid etching are common. The effect of such treatments on the optical properties of CLVs was evaluated by Dr. Turgut and

collaborators [16], showing that sandblasting and laser ablation always caused perceptible color changes, while acid etching did not influence the ceramic color.

Summarizing the findings of this systematic review for ceramic effect on color of CLVs, one may note that the shade of thinner and more translucent CVLs can be easily modified by distinct luting agent shades [13]. However, other important aspects become more complex: shade matching with adjacent dentition [11, 15, 75], masking darkened substrates [3], and shade stability due to aging [73] and surface treatments [16].

Conclusion

This systematic review showed that distinct shades and opacities of luting agent yield clinically visible color differences on CLVs, allowing excellent shade matching with adjacent teeth. Among the various shade options investigated, the final aspect of the aesthetic restorations was influenced more by the translucency and value of the luting agent than by its chroma and hue. The effect of luting agent shade on the color of veneers is greatly affected by the thicknesses and opacity of the CLV, since these factors are related with the translucency of the ceramic. Increased thickness and opacity of the ceramic resulted in better masking of darkened backgrounds as well as better masking of aging related color changes.

Author contributions

Ana Paula Perroni, Marina R. Kaizer, and Noéli Boscato contributed to study conception and design, participated in data collection, participated in data interpretation, participated in manuscript preparation and critical revision and gave final approval. Rafael R. Moares contributed to manuscript conception and design, participated in data interpretation, participated in manuscript preparation and critical revision, and gave final approval. Álvaro Della Bona participated in manuscript preparation and critical revision and gave final approval.

References

- [1] Azer SS, Rosenstiel SF, Seghi RR, Johnston WM. Effect of Substrate Shades on the Color of Ceramic Laminate Veneers. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2011;106:179-83.
- [2] Battersby PD, Battersby SJ. Measurements and modelling of the influence of dentine colour and enamel on tooth colour. *Journal of dentistry*. 2015;43:373-81.
- [3] Begum Z, Chheda P, Shruthi CS, Sonika R. Effect of Ceramic Thickness and Luting Agent Shade on the Color Masking Ability of Laminate Veneers. *J Indian Prosthodont Soc*. 2014;14:46-50.
- [4] Chaiyabutr Y, Kois JC, Lebeau D, Nunokawa G. Effect of abutment tooth color, cement color, and ceramic thickness on the resulting optical color of a CAD/CAM glass-ceramic lithium disilicate-reinforced crown. *J Prosthet Dent*. 2011;105:83-90.
- [5] Perroni AP, Amaral C, Kaizer MR, De Moraes RR, Boscato N. Shade of Resin-Based Luting Agents and Final Color of Porcelain Veneers. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2016;28:295-303.
- [6] Archegas LR, Freire A, Vieira S, Caldas DB, Souza EM. Colour stability and opacity of resin cements and flowable composites for ceramic veneer luting after accelerated ageing. *Journal of dentistry*. 2011;39:804-10.
- [7] Boscato N, Hauschild FG, Kaizer MdR, De Moraes RR. Effectiveness of Combination of Dentin and Enamel Layers on the Masking Ability of Porcelain. *Brazilian dental journal*. 2015;26:654-9.
- [8] Ghavam M, Amani-Tehran M, Saffarpour M. Effect of accelerated aging on the color and opacity of resin cements. *Oper Dent*. 2010;35:605-9.
- [9] Almeida JR, Schmitt GU, Kaizer MR, Boscato N, Moraes RR. Resin-based luting agents and color stability of bonded ceramic veneers. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2015;114:272-7.
- [10] Hekimoglu C, Anil N, Etikan I. Effect of accelerated aging on the color stability of cemented laminate veneers. *Int J Prosthodont*. 2000;13:29-33.
- [11] Alqahtani MQ, Aljuraif RM, Alshaafi MM. The effects of different shades of resin luting cement on the color of ceramic veneers. *Dent Mater J*. 2012;31:354-61.
- [12] Ozturk E, Chiang YC, Cosgun E, Bolay S, Hickel R, Ilie N. Effect of resin shades on opacity of ceramic veneers and polymerization efficiency through ceramics. *Journal of dentistry*. 2013;41:E8-E14.
- [13] Turgut S, Bagis B. Effect of Resin Cement and Ceramic Thickness on Final Color of Laminate Veneers: An in Vitro Study. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013;109:179-86.
- [14] Turgut S, Bagis B. Colour stability of laminate veneers: an in vitro study. *Journal of dentistry*. 2011;39 Suppl 3:e57-64.
- [15] Turgut S, Bagis B, Ayaz EA. Achieving the desired colour in discoloured teeth, using leucite-based cad-cam laminate Systems. *Journal of dentistry*. 2014;42:68-74.
- [16] Turgut S, Bagis B, Korkmaz FM, Tamam E. Do surface treatments affect the optical properties of ceramic veneers? *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2014;112:618-24.
- [17] Kilinc E, Antonson SA, Hardigan PC, Kesercioglu A. Resin cement color stability and its influence on the final shade of all-ceramics. *Journal of dentistry*. 2011;39 Suppl 1:e30-6.

- [18] Magalhaes AP, Cardoso Pde C, de Souza JB, Fonseca RB, Pires-de-Souza Fde C, Lopez LG. Influence of activation mode of resin cement on the shade of porcelain veneers. *J Prosthodont*. 2014;23:291-5.
- [19] Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Grp P. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Plos Medicine*. 2009;6.
- [20] Faggion CM, Jr. Guidelines for reporting pre-clinical in vitro studies on dental materials. *J Evid Based Dent Pract*. 2012;12:182-9.
- [21] de Azevedo Cubas GB, Camacho GB, Demarco FF, Pereira-Cenci T. The Effect of Luting Agents and Ceramic Thickness on the Color Variation of Different Ceramics against a Chromatic Background. *Eur J Dent*. 2011;5:245-52.
- [22] Farhan D, Sukumar S, von Stein-Lausnitz A, Aarabi G, Alawneh A, Reissmann DR. Masking ability of bi- and tri- laminate all-ceramic veneers on tooth-colored ceramic discs. *J Esthet Restor Dent*. 2014;26:232-9.
- [23] Nathanson D, Banasr F. Color stability of resin cements--an in vitro study. *Pract Proced Aesthet Dent*. 2002;14:449-55; quiz 56.
- [24] Exner HV. Predictability of color matching and the possibilities for enhancement of ceramic laminate veneers. *J Prosthet Dent*. 1991;65:619-22.
- [25] Rigoni P, do Amaral FLB, Franca FMG, Basting RT. Color agreement between nanofluorapatite ceramic discs associated with try-in pastes and with resin cements. *Brazilian Oral Research*. 2012;26:516-22.
- [26] Chen X, Zhang S, Xing W, Zhan K, Wang Y. [Evaluation of the esthetic effect of resin cements on the final color of ceramic veneer restorations]. *J Adv Prosthodont*. 2015;50:95-8.
- [27] Jiang L, Yang L, Xu Q, Guan HY, Wan QB. [Influence of adhesion on the color of glass infiltrated alumina ceramic restorations]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2006;24:441-3.
- [28] Pan X, Wang Y, Li Q, Yu H. Influence of resin cement thickness on the color of heat-pressed ceramic system. *Medical Journal of Wuhan University*. 2008;29:769-71.
- [29] Sun Y, Xie WL, Jiang WR, Bai YX, Wang H. Clinical observation of porcelain and composite veneer in repairing dental fluorosis. *Chinese Journal of Endemiology*. 2009;28:565-7.
- [30] Xu BT, Li Q, Li R, Wang YN. [Effects of try-in paste and luting agent on the resultant color of all-ceramic veneers]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2011;29:142-5.
- [31] Xu MM, Zhang F, Liu F, Yang YD, Gu LY. [Comparison of color and translucency between resin and try-in paste with same number]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2010;45:759-62.
- [32] Zhang XY, Qian HX, Yang DL, Gan H, Min M, Yu WQ. [The influence of the try-in pastes on the colour of all-ceramic veneers]. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*. 2007;16:131-5.
- [33] Davis BK, Aquilino SA, Lund PS, Diaz-Arnold AM, Denehy GE. Colorimetric evaluation of the effect of porcelain opacity on the resultant color of porcelain veneers. *Int J Prosthodont*. 1992;5:130-6.
- [34] Davis BK, Johnston WM, Saba RF. Kubelka-Munk reflectance theory applied to porcelain veneer systems using a colorimeter. *Int J Prosthodont*. 1994;7:227-33.
- [35] Heydecke G, Zhang F, Razzoog ME. In vitro color stability of double-layer veneers after accelerated aging. *J Prosthet Dent*. 2001;85:551-7.
- [36] Karaagaclioglu L, Yilmaz B. Influence of cement shade and water storage on the final color of leucite-reinforced ceramics. *Oper Dent*. 2008;33:386-91.

- [37] Kucukesmen HC, Usumez A, Ozturk N, Eroglu E. Change of shade by light polymerization in a resin cement polymerized beneath a ceramic restoration. *Journal of dentistry*. 2008;36:219-23.
- [38] Kurklu D, Azer SS, Yilmaz B, Johnston WM. Porcelain thickness and cement shade effects on the colour and translucency of porcelain veneering materials. *Journal of dentistry*. 2013;41:1043-50.
- [39] Yaman P, Qazi SR, Dennison JB, Razzoog ME. Effect of adding opaque porcelain on the final color of porcelain laminates. *J Prosthet Dent*. 1997;77:136-40.
- [40] Lopes LG, Vaz MM, de Magalhaes AP, Cardoso PC, de Souza JB, de Torres EM. Shade evaluation of ceramic laminates according to different try-in materials. *Gen Dent*. 2014;62:32-5.
- [41] Alghazzawi TF, Lemons J, Liu PR, Essig ME, Janowski GM. Evaluation of the Optical Properties of Cad-Cam Generated Yttria-Stabilized Zirconia and Glass-Ceramic Laminate Veneers. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2012;107:300-8.
- [42] ALGhazali N, Laukner J, Burnside G, Jarad FD, Smith PW, Preston AJ. An investigation into the effect of try-in pastes, uncured and cured resin cements on the overall color of ceramic veneer restorations: An in vitro study. *Journal of dentistry*. 2010;38:E78-E86.
- [43] Balderamos LP, O'Keefe KL, Powers JM. Color accuracy of resin cements and try-in pastes. *Int J Prosthodont*. 1997;10:111-5.
- [44] Denissen H, Dozic A, van Waas M, Feilzer A. Effects of 5 manipulative variables on the color of ceramics used for computer-generated restorations. *Quintessence International*. 2007;38:401-8.
- [45] Salameh Z, Tehini G, Ziadeh N, Ragab HA, Berberi A, Aboushelib MN. Influence of ceramic color and translucency on shade match of CAD/CAM porcelain veneers. *Int J Esthet Dent*. 2014;9:90-7.
- [46] Dozic A, Kleverlaan CJ, El-Zohairy A, Feilzer AJ, Khashayar G. Performance of five commercially available tooth color-measuring devices. *J Prosthodont*. 2007;16:93-100.
- [47] CIE. Technical Committee: Colorimetry. CIE pub no 153 Vienna, Austria: CIE Central Bureau. 2004.
- [48] Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27 Suppl 1:S1-9.
- [49] Ghinea R, Perez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *Journal of dentistry*. 2010;38:E57-E64.
- [50] Sharma G, Wu W, N. DE. The CIEDE2000 color-difference formula: implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Res Appl*. 2005;30:21-30.
- [51] Pecho OE, Ghinea R, Alessandretti R, Perez MM, Della Bona A. Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2016;32:82-92.
- [52] Pecho OE, Perez MM, Ghinea R, Della Bona A. Lightness, chroma and hue differences on visual shade matching. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2016;32:1362-73.
- [53] Wozniak WT. Prospered guidelines for the acceptable program for dental shade guide. American Dental Association, Chicago IL. 1987.
- [54] Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 1987;3:246-51.

- [55] Davis BA, Friedl KH, Powers JM. Color stability of hybrid ionomers after accelerated aging. *J Prosthodont.* 1995;4:111-5.
- [56] Noie F, O'Keefe KL, Powers JM. Color stability of resin cements after accelerated aging. *Int J Prosthodont.* 1995;8:51-5.
- [57] Ragain JC, Johnson WM. Color acceptance of direct dental restorative materials by human observers. *Color Research and Application.* 2000;25:278-85.
- [58] O'Brien WJ. *Dental materials and their selection.* Quintessence, Hanover Park, IL. 2002.
- [59] Powers JM, Sakaguchi RL. *Restorative dental materials.* Mosby, St Louis, Mi. 2006.
- [60] Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent.* 2007;97:200-8.
- [61] Johnston WM. Color measurement in dentistry. *Journal of dentistry.* 2009;37 Suppl 1:e2-6.
- [62] Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res.* 1989;68:819-22.
- [63] Corciolani G, Vichi A, Louca C, Ferrari M. Color match of two different ceramic systems to selected shades of one shade guide. *J Prosthet Dent.* 2011;105:171-6.
- [64] International Organization for Standardization - ISO/TR 28642:2016 Technical Report(E): Dentistry - Guidance on colour measurements. 2016.
- [65] Chen XD, Hong G, Xing WZ, Wang YN. The influence of resin cements on the final color of ceramic veneers. *Journal of Prosthodontic Research.* 2015;59:172-7.
- [66] Fan H, Liu RY, Jing DD, Chen LJ, Zhang YK, Lai LZ, et al. Effect of Vitique Esthetic Cementation on Tetracycline Stained Teeth-Mask with Different Simulated Staining Levels Following IPS-Empress II Ceramic Veneers. *Testing and Evaluation of Inorganic Materials* lii. 2013;544:105-+.
- [67] Xing W, Chen X, Ren D, Zhan K, Wang Y. The effect of ceramic thickness and resin cement shades on the color matching of ceramic veneers in discolored teeth. *Odontology.* 2017;105:460-6.
- [68] Manojlovic D, Dramicanin MD, Lezaja M, Pongprueksa P, Van Meerbeek B, Miletic V. Effect of resin and photoinitiator on color, translucency and color stability of conventional and low-shrinkage model composites. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials.* 2016;32:183-91.
- [69] Salgado VE, Albuquerque PP, Cavalcante LM, Pfeifer CS, Moraes RR, Schneider LF. Influence of photoinitiator system and nanofiller size on the optical properties and cure efficiency of model composites. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials.* 2014;30:e264-71.
- [70] Pecho OE, Ghinea R, do Amaral EA, Cardona JC, Della Bona A, Perez MM. Relevant optical properties for direct restorative materials. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials.* 2016;32:e105-12.
- [71] Haralur SB, Alfaifi M, Almuaddi A, Al-Yazeedi M, Al-Ahmari A. The Effect of Accelerated Aging on the Colour Stability of Composite Resin Luting Cements using Different Bonding Techniques. *J Clin Diagn Res.* 2017;11:ZC57-ZC60.
- [72] Ai J, Shao LQ, Zhou SY, Wang LL, Hu C, Deng B, et al. Effect of Resin Cements for Porcelain Veneers on the Color Stability After Accelerated Ageing. *Chinese Ceramics Communications* lii. 2013;624:216-20.
- [73] Silami FD, Tonani R, Alandia-Roman CC, Pires-de-Souza Fde C. Influence of Different Types of Resin Luting Agents on Color Stability of Ceramic Laminate Veneers Subjected to Accelerated Artificial Aging. *Braz Dent J.* 2016;27:95-100.

- [74] Albuquerque PP, Moreira AD, Moraes RR, Cavalcante LM, Schneider LF. Color stability, conversion, water sorption and solubility of dental composites formulated with different photoinitiator systems. *Journal of dentistry*. 2013;41 Suppl 3:e67-72.
- [75] Omar H, Atta O, El-Mowafy O, Khan SA. Effect of CAD-CAM porcelain veneers thickness on their cemented color. *Journal of dentistry*. 2010;38:E95-E9.
- [76] Bagis B, Turgut S. Optical properties of current ceramics systems for laminate veneers. *Journal of dentistry*. 2013;41 Suppl 3:e24-30.
- [77] Della Bona A, Nogueira AD, Pecho OE. Optical properties of CAD-CAM ceramic systems. *Journal of Dentistry*. 2014;42:1202-9.
- [78] Dozic A, Kleverlaan CJ, Meegdes M, van der Zel J, Feilzer AJ. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. *J Prosthet Dent*. 2003;90:563-70.
- [79] Della Bona A, Nogueira AD, Pecho OE. Optical properties of CAD-CAM ceramic systems. *Journal of dentistry*. 2014;42:1202-9.
- [80] Della Bona A, Pecho OE, Ghinea R, Cardona JC, Perez MM. Colour parameters and shade correspondence of CAD-CAM ceramic systems. *Journal of dentistry*. 2015;43:726-34.
- [81] Lu H, Mehmood A, Chow A, Powers JM. Influence of polymerization mode on flexural properties of esthetic resin luting agents. *J Prosthet Dent*. 2005;94:549-54.
- [82] Silva EM, Noronha-Filho JD, Amaral CM, Poskus LT, Guimaraes JG. Long-term degradation of resin-based cements in substances present in the oral environment: influence of activation mode. *J Appl Oral Sci*. 2013;21:271-7.
- [83] Di Francescantonio M, Aguiar TR, Arrais CA, Cavalcanti AN, Davanzo CU, Giannini M. Influence of viscosity and curing mode on degree of conversion of dual-cured resin cements. *Eur J Dent*. 2013;7:81-5.

Table 1 – Search strategy used in PubMed/MedLine

Search Terms	
Search#1 AND #2 AND #3	
#3	Search("Ceramics"[Mesh] OR "Ceramics" OR "Ceramic" OR "Dental Porcelain"[Mesh] OR "Dental Porcelain" OR "Porcelain" OR "Porcelains" OR "Porcelain, Dental" OR "Dental Porcelains" OR "Porcelains, Dental" OR "Dental veneer" OR "Veneer, Dental" OR "Veneers, Dental" OR "Dental Laminates" OR "Dental Laminate" OR "Laminate, Dental" OR "Laminates, Dental" OR "Dental Veneer")
#2	Search("Dental Cements"[Mesh] OR "Dental Cements" OR "Dental Adhesives" OR "Adhesive, Dental" OR "Adhesives, Dental" OR "Dental Adhesive" OR "Cement, Dental" OR "Luting Agents" OR "Luting Agent" OR "Orthodontic Adhesives" OR "Adhesive, Orthodontic" OR "Adhesives, Orthodontic" OR "Orthodontic Adhesive" OR "Cements, Dental" OR "Dental Cement" OR "Luting agents"[Mesh] OR "Luting agents" OR "Cements, Resin" OR "Luting agent" OR "Cement, Resin" OR "Dental Bonding"[Mesh] OR "Dental Bonding" OR "Bonding, Dental" OR "Cure of Orthodontic Adhesives" OR "Orthodontic Adhesives Cure" OR "Curing, Dental Cement" OR "Dental Cement Curing" OR "Cementation"[Mesh] OR "Cementation" OR "Cementations")
#1	Search("Color"[Mesh] OR "Color" OR "Colour" OR "Colors" OR "Colours" OR "Esthetics, Dental"[Mesh] OR "Esthetics, Dental" OR "Esthetic, Dental" OR "Dental Esthetic" OR "Dental Esthetics" OR "Aesthetics, Dental" OR "Cosmetic Dentistry" OR "Cosmetic Dentistries" OR "Dentistries, Cosmetic" OR "Dentistry, Cosmetic" OR "Color stability" OR "Colour stability" OR "Opacity" OR "Optical property" OR "Shade guide" OR "Translucency" OR "Chroma" OR "Color difference" OR "Hue" OR "Saturation" OR "Value" OR "Lightness" OR "Clinical spectrophotometer" OR "Spectrophotometer" OR "Tooth color" OR "Tooth colour" OR "Visual shade match" OR "Shade guide" OR "Veneer shade" OR "Veneer thickness" OR "Colorimeter")

Table 2 – Summary of all included studies

Authors	Factors affecting veneer shade	Ceramic systems (shades)	Luting agents (shades)	ΔE calculation	Main conclusion
Ai et al., 2013 [72]	Luting agents and accelerated aging	Vitablocks Mark II (A3C)	Variolink Veneer (A3); Tetric Flow (A3)	ΔE_{ab} Baseline versus accelerated aging (300 h weathering)	Both light-cured luting agents, one resin cement and one flowable resin composite, showed similar discoloration after aging. However, the color change is not beyond the clinical aesthetic demand (below PT).
Almeida et al., 2015 [9]	Luting agents and accelerated aging	Super Porcelain EX-3 (Incisal E1)	RelyX Veneer (A1); Filtek Z350 Flow (A1); Filtek Z350 XT (A1)	ΔE_{ab} and ΔE_{00} Baseline versus 10000, and 20000 thermal cycles	The flowable and preheated resin composites had similar color stability to light-cured resin cement. Nonetheless, all luting agents presented color change above the AT.
Alqahtani et al., 2012 [11]	Shade of the luting agent shades, type of ceramic and veneer thicknesses	IPS Empress Esthetic (ETC1); IPS e.max Press (LT-A2); IPS Empress ZirPress (LT-A2)	RelyX Veneer (Translucent, White Opaque, B0.5, A1, A3)	ΔE_{ab} Veneer+luting agent+substrate versus veneer+ substrate	The effect of the luting agent shade (ΔE) was greater for Empress Esthetic, followed by Empress ZirPress, with lower effect for e.max Press. Such effect was more pronounced for thinner (0.5 mm) veneers. The shade White Opaque caused significant color change, always above the PT. Other luting agent shades showed similar effects on the veneer shade.
Archegas et al., 2011 [6]	Luting agents and accelerated aging	IPS Empress Esthetic (ETC2)	RelyX Veneer (A3); Experimental Veneer (A3); Variolink Veneer (A3); Filtek Z350 Flow (A3); Opallis Flow (A3); Tetric Flow (A3)	ΔE_{ab} Baseline versus accelerated aging (120 h weathering)	Accelerated aging led to color changes in all luting agents, yet below the PT. Flowable composites showed similar color stability to light-cured resin cements.
Begum et al., 2014 [3]	Shades of the luting agent and veneer thickness	IPS e.max Press (n.i.); Cergo (n.i.)	RelyX Veneer (TR, A3 Opaque)	ΔE_{ab} Veneer+luting agent+substrate versus substrate	The masking ability of the veneers was affected by both the shade of the luting agent and the ceramic thickness. Opaque luting agent and thicker veneer resulted in greater masking ability. The effect of the shade of the luting agent was more pronounced for e.max veneers than for Cergo veneers.
Chen et al., 2015 [65]	Luting agents and shades of the luting agents	IPS e.max Press (LT-A3)	Variolink Veneer (LV-3, LV-2, MV, HV + 2, HV + 3); RelyX Veneer (WO,	ΔE_{ab} Veneer+luting agent+substrate versus veneer+	White opaque luting agents (HV+3 and WO) yielded greater influence on the shade (ΔE) of the cemented veneers, with RelyX Veneer WO showing the highest ΔE . All other luting agent shades showed similar perceptible

			TR, A3)	substrate	effect on the color of the cemented veneers, regardless of the luting agent material used.
Fan et al., 2013 [66]	Shades of the substrate to be masked	IPS Empress II (n.i.)	Vitique Esthetic Cementation (opaque*)	ΔE_{ab} Veneer+luting agent+substrate versus veneer on white background	Mild and very severe simulated tetracycline-stained tooth substrates resulted in higher color change (ΔE) on the cemented veneers, as compared to the moderate and severe substrates.
Ghavam et al., 2010 [8]	Luting agents and accelerated aging	Ceramco (A3)	Variolink Veneer (A3); Variolink II base paste (A3)	ΔE_{ab} Baseline versus accelerated aging (100 h weathering)	Accelerated aging led to color change in both luting agents, yet within the AT. No significant difference in color stability was detected between luting agents.
Haralur et al., 2017 [71]	Luting agents and accelerated aging	IPS Empress Esthetic (ETC1)**	Variolink Veneer (n.i.)	ΔE_{ab} Baseline versus accelerated aging (5000 thermal cycles + 100 h weathering)	Accelerated aging led to imperceptible color changes.
Hekimoğlu et al., 2000 [10]	Accelerated aging	Porcelain*** (A2)	EnForce (n.i.)	ΔE_{ab} Baseline versus accelerated aging (300 h, 600 h, and 900 h weathering)	Accelerated aging led to perceptible color change, yet below the AT. Increasing the aging time did not affect color change.
Kilinc et al., 2011 [17]	Luting agents and accelerated aging	IPS Empress Esthetic (ETC1)	Nexus2 (White); Appeal (HV+1); Calibra (Light)	ΔE_{ab} Baseline versus accelerated aging (65h weathering)	All luting agents showed discoloration after accelerated aging, which was always below the AT, and, in most cases, deemed clinically imperceptible.
Magalhães et al., 2014 [18]	Accelerated aging and color difference calculation	IPS Empress Esthetic (ET1)	Variolink II base paste (Yellow)	ΔE_{ab} - Substrate versus veneer+luting agent+substrate (baseline); - Baseline versus accelerated aging (400 h weathering); - Substrate versus accelerated aging (400 h weathering)	The color of cemented veneers was considerably different from the initial color of the substrate. The magnitude of color difference did not significantly change with aging. However, aging caused clinically unacceptable discoloration on the cemented veneers.

Omar et al., 2010 [75]	Veneer thickness	Vitablocks Mark II (3M2)	Calibra base paste (Light)	ΔE_{ab} 3M2 standard (Vita EasyShade) versus veneer+luting agent+substrate	All groups presented perceptible color difference from the 3M2 standard. The shade of the cemented veneers was significantly affected by veneer thickness, with 0.3 mm veneers showing color difference above the AT.
Öztürk et al., 2013 [12]	Shade of the luting agent and type of ceramic	IPS e.max Press (A1-LT); IPS Empress CAD (A1-LT)	Variolink Veneer (HV+1, HV+3, LV-1, and LV-3)	ΔE_{ab} Veneer or veneer+luting agent onto white background versus black background	The masking ability, estimated indirectly by the translucency, showed better results for e.max Press. As per luting agent shades, only the white opaque cement improved veneer masking ability. The other shades showed similar results, not affecting the masking ability of the ceramic alone.
Perroni et al., 2016 [5]	Opacity of the ceramic veneer, shade of the luting agent, and shades of the substrate to be mimicked	Vita VM7 (A2-D, A2-E)	Revolution Formula (A1, A2, B1, WO, IL)	ΔE_{00} Veneer+substrate versus veneer+luting agent+substrate	Luting agent shade WO resulted in better shade matching with high opacity (D1) and moderate opacity (D0.5E0.5) veneers on both substrates. Little or no difference was observed among other luting agent shades. Nevertheless, all cemented veneers showed color difference above the clinical thresholds in comparison to the initial color of the substrates.
Silami et al., 2016 [73]	Veneer thickness and accelerated aging	IPS e.max Ceram (Incisal)	Variolink II base paste (n.i.)	ΔE_{ab} Baseline versus accelerated aging (580 h weathering)	Aging yielded significant color change for both thicknesses, considerably above the AT. Nevertheless, greater color changes were observed for thinner veneers.
Turgut & Bagis, 2011 [14]	Ceramic shade, luting agent, shade of the luting agent, and accelerated aging	IPS e.max Press (A1, A3, HO, HT)	RelyX Veneer (A1, A3, WO, TR); Variolink Veneer (+3, MO, -3)	ΔE_{ab} Baseline versus accelerated aging (300 h weathering)	Aging caused clinically perceptible color change on cemented veneers. The discoloration was higher than the AT with a few luting agent shades coupled with high translucent or light-chroma ceramics.
Turgut & Bagis, 2013 [13]	Ceramic shade, veneer thickness, luting agent, and shade of the luting agent	IPS Empress Esthetic (A1, A3, EO, ET)	RelyX Veneer (A1, A3, WO, TR); Variolink Veneer (+3, MO, -3)	ΔE_{ab} Veneer+luting agent on white background versus veneer on white background	Shade of veneers changed significantly after cementation. This color change was deemed clinically imperceptible only for some of the cemented opaque veneers. The color difference was more intense with thinner veneers and with light and translucent ceramic shades. The effect of the shade of the luting agent was more evident with more translucent veneers ceramics (0.5 mm or ET). The white opaque (WO and +3) and dark-chroma (A3 and -3) luting agents showed the greatest effect on the veneer shade.
Turgut et al.,	Ceramic shade,	IPS Empress CAD	RelyX Veneer (TR,	ΔE_{ab}	Acceptable shade match (ΔE below AT) was reached

2014a [15]	veneer thickness, and shade of the luting agent	(A1-HT, A1-LT, A1-MT, A1-BL)	WO, B0.5, A1)	Veneer+luting agent+substrate versus A1 shade table (IPS Empress Aesthetic veneer shade guide)	more often with 1 mm thick veneers. Whereas ideal shade match (ΔE below the PT) was obtained with WO luting agent coupled with 1 mm veneers of shade A1-LT or -MT. The translucent luting agent resulted in the poorest shade matching with all veneers, except A1-BI 1mm. Luting agents A1 and B0.5 showed somewhat similar shade matching.
Turgut et al., 2014b [16]	Type of ceramic, veneer thickness, and surface treatments	IPS e.max Press (A1); IPS Empress Esthetic (A1); IPS e.max Ceram (A1); IPS Inline (A1); IPS e.max CAD (A1)	RelyX Veneer (translucent)	ΔE_{ab} Control cemented veneers (no surface treatment) versus surface treated cemented veneers	The color change due to surface treatments was more intense for thinner veneers. HF etching showed color changes below PT for all groups. Whereas laser and airborne-particle abrasion resulted in similar color change, in general, within the AT. The authors did not present statistical comparison among ceramic types.
Xing et al., 2017 [67]	Veneer thickness and shade of the luting agent	IPS e.max Press (LT - A2)	Variolink Veneer (HV+3, LV-2, LV-3); RelyX Veneer (WO, TR, A3)	ΔE_{ab} Veneer+luting agent+substrate versus A2 shade tab (Vitapan Classical, Vita)	Shade matching was achieved more often with thicker ceramic veneers. Low value and translucent luting agents yielded the poorest shade matching. Whereas opaque and high value luting agents effectively masked darkened substrate and resulted in acceptable shade matching.

n.i. - not informed. * authors did not inform the shade used, but named as an opaque cement. ** authors claimed to use a lithium disilicate glass-ceramic named IPS Empress Esthetic, but it is a leucite-based glass-ceramic. *** authors did not inform the porcelain system used in the study. PT- perceptibility threshold; AT- acceptability threshold.

Table 3 – Assessment of studies using the modified CONSORT checklist [20]

Author	1	2a	2b	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ai et al., 2013 [72]	Y	N	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	Y	N
Almeida et al., 2015 [9]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	N	N
Alqahtani et al., 2012 [11]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Y	N
Archegas et al., 2011 [6]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	N	N
Begum et al., 2014 [3]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	N	N
Chen et al., 2015 [65]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	N	N
Fan et al., 2013 [66]	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	N	N	N	Y	N	N	Y	N
Ghavam et al., 2010 [8]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	Y	N
Haralur et al., 2017 [71]	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	N	N
Hekimoglu et al., 2000 [10]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	N	N
Kilinc et al., 2011 [17]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Y	N
Magalhães et al., 2014 [18]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	N	N	N
Omar et al., 2010 [75]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	N	N
Ozturk et al., 2013 [12]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Y	N
Perroni et al., 2016 [5]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	N	N

Silami et al., 2016 [73]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Y	N
Turgut & Bagis, 2011 [14]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	Y	N
Turgut & Bagis, 2013 [13]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	N	N
Turgut et al., 2014a [15]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	N	N
Turgut et al., 2014b [16]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	N	Y	N	N
Xing et al., 2017 [67]	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	N

Information regarding the following parameters was judged as reported (Yes) or not reported (No): (1) Structured summary of trial design, methods, results, and conclusions; (2a) Scientific background and explanation of rationale; (2b) Specific objectives and/or hypotheses; (3) The intervention for each group, including how and when it was administered, with sufficient detail to enable replication; (4) Completely defined, pre-specified primary and secondary measures of outcome, including how and when they were assessed; (5) How sample size was determined; (6) Method used to generate the random allocation sequence; (7) Mechanism used to implement the random allocation sequence (for example, sequentially numbered containers), describing any steps taken to conceal the sequence until intervention was assigned; (8) Who generated the random allocation sequence, who enrolled teeth; (9) If done, who was blinded after assignment to intervention (for example, care providers, those assessing outcomes), and how and who assigned teeth to intervention; (10) Statistical methods used to compare groups for primary and secondary outcomes; (11) For each primary and secondary outcome, results for each group, and the estimated size of the effect and its precision (for example 95% confidence interval); (12) Trial limitations, addressing sources of potential bias, imprecision, and, if relevant, multiplicity of analyses; (13) Sources of funding and other support (for example suppliers of drugs), role of funders; (14) Where the full trial protocol can be accessed, if available.

Table 4 – Light-cured luting agents evaluated in the included studies

Luting agent	Manufacturer	Classification	Composition	Filler content
Appeal [17]	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	Resin cement	Urethane dimethacrylate, decandiol dimethacrylate	61 wt% [81]
Calibra [17, 75]	Dentsply Caulk, Milford, DE, USA	Resin cement	Bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate, other polymerizable dimethacrylates, bariumboron fluoroalumino silicate glass, hydrophobic amorphous fumed silica, titanium dioxide, dl-camphorquinone	67.4 wt% [81]
En Force [10]	Dentsply /Caulk	Resin cement	*Benzophenone-3, triethyleneglycol dimethacrylate, benzenedimethanamine, bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate, silanated bariumboron aluminum silicate glass, silanated pirolitic silica, camphoroquinone, ethyl 4-(dimethylamino)benzoate, butylated hydroxytoluene, mineral pigments, N, N-dihydroxyethyl-p-toluidine	66 wt% [82]
Experimental Veneer [6]	FGM Dental Products, Joinville, SC, Brazil	Resin cement	Bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate, ethoxylated bisphenol-A dimethacrylate, triethyleneglycol dimethacrylate, barium aluminum silicate glass, camphorquinone, co-initiators, stabilizers, pigments	72 wt%
Filtek Z350 Flow [6, 9]	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	Flowable resin composite	Bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate, triethyleneglycol dimethacrylate, 6-ethoxylated bisphenol-A dimethacrylate, dimethacrylate functionalized polymer, silanized ceramic silica/zirconia particles	65 wt%
Filtek Z350 XT [9]	3M ESPE	Preheated resin composite	Diurethane dimethacrylate, 6-ethoxylated bisphenol-A dimethacrylate, bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate, polyethylene glycol dimethacrylate, triethyleneglycol dimethacrylate, hydroxybutyl toluene, silanized ceramic silica/zirconia particles	*78.5 wt%
Nexus2 [17]	Kerr, Orange, CA, USA	Resin cement	Bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate, other dimethacrylates	70 wt% [83]

Opallis Flow [6]	FGM Dental Products	Flowable composite	Bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate, ethoxylated bisphenol-A dimethacrylate, triethyleneglycol dimethacrylate, barium aluminum fluorosilicate glass, silicon dioxide, camphorquinone, co-initiators, stabilizers, pigments	72 wt%
RelyX Veneer [3, 6, 9, 11, 13-16, 65, 67]	3M ESPE	Resin cement	Bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate, triethyleneglycol dimethacrylate, zirconia/silica filler	66 wt%
Revolution Formula 2 [5]	Kerr	Flowable resin composite	*Poly(oxy-1,2-ethanediyl), α,α' -[(1-methylethylidene)di-4,1-phenylene]bis[ω -[(2-methyl-1-oxo-2-propen-1-yl)oxy], 2,2'-ethylenedioxydiethyl dimethacrylate, (1-methylethylidene)bis[4,1-phenyleneoxy(2-hydroxy-3,1-propanediyl)] bismethacrylate, 3-trimethoxysilylpropyl methacrylate, 2-ethylhexyl 4-(dimethylamino)benzoate, glass particles, siloxanes and silicones reacted with amorphous fumed silica	*60 wt%
Tetric Flow [6, 72]	Ivoclar Vivadent	Flowable resin composite	Bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate, urethane dimethacrylate, triethyleneglycol dimethacrylate, ytterbium trifluoride, barium glass, silicon dioxide	64.6 wt%
Variolink II (base) [8, 18, 73]	Ivoclar Vivadent	Resin cement	*Bisphenol-A-glycidyl dimethacrylate, urethane dimethacrylate, triethyleneglycol dimethacrylate, ytterbium trifluoride, barium glass, barium aluminum fluorosilicate glass, spheroid mixed oxide, catalysts, stabilizers, pigments	*73.4 wt%
Variolink Veneer [6, 8, 12-14, 65, 67, 71, 72]	Ivoclar Vivadent	Resin cement	Urethane dimethacrylate, triethyleneglycol dimethacrylate, silicon dioxide, ytterbium trifluoride, initiators, stabilizers, pigments	60.1 wt%
Vitique Esthetic Cementation [66]	DMG	Resin cement	Bis-GMA based matrix from dental resins, additives, catalysts, barium glass	66.6 wt%

Information in this table is from manufacturers' published documents* or from published papers (between brackets).

Table 5 – Ceramic systems evaluated in the included studies.

Ceramic System	Manufacturer	Classification	Description
Ceramco [8]	Dentsply, York, PA, USA	Sleep cast	feldspathic ceramic
Cergo [3]	Dentsply	Pressable	leucite ceramic
IPS e.max CAD [16]	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	CAD/CAM	lithium disilicate glass-ceramic
IPS e.max Ceram [16, 73]	Ivoclar Vivadent	Sleep cast	fluorapatite glass ceramic
IPS e.max Press [3, 11, 12, 14, 16, 65, 67]	Ivoclar Vivadent	Pressable	lithium disilicate glass-ceramic
IPS Empress CAD [12, 15]	Ivoclar Vivadent	CAD/CAM	leucite-based glass-ceramic
IPS Empress Esthetic [6, 11, 13, 16-18, 71]	Ivoclar Vivadent	Pressable	leucite-based glass-ceramic
IPS Empress II [66]	Ivoclar Vivadent	Pressable	lithium disilicate glass-ceramic
IPS Empress ZirPress [11]	Ivoclar Vivadent	Pressable	fluorapatite glass ceramic
IPS Inline [16]	Ivoclar Vivadent	Sleep cast	leucite ceramic
Super Porcelain EX-3 [9]	Kuraray Noritake Dental Inc, Tokyo, Japan	Sleep cast	Porcelain*
Vita VM7 [5]	Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany	Sleep cast	feldspathic ceramic
Vitablocks Mark II [72, 75]	Vita Zahnfabrik	CAD/CAM	feldspathic ceramic

Information in this table is from manufacturers' published documents. Included studies are listed following the ceramic system name. * Manufacturer did not provide any compositional information. The study of Hekimoglu et al. (2000) [10] does not identify the ceramic system used, the authors only claimed to use a "porcelain".

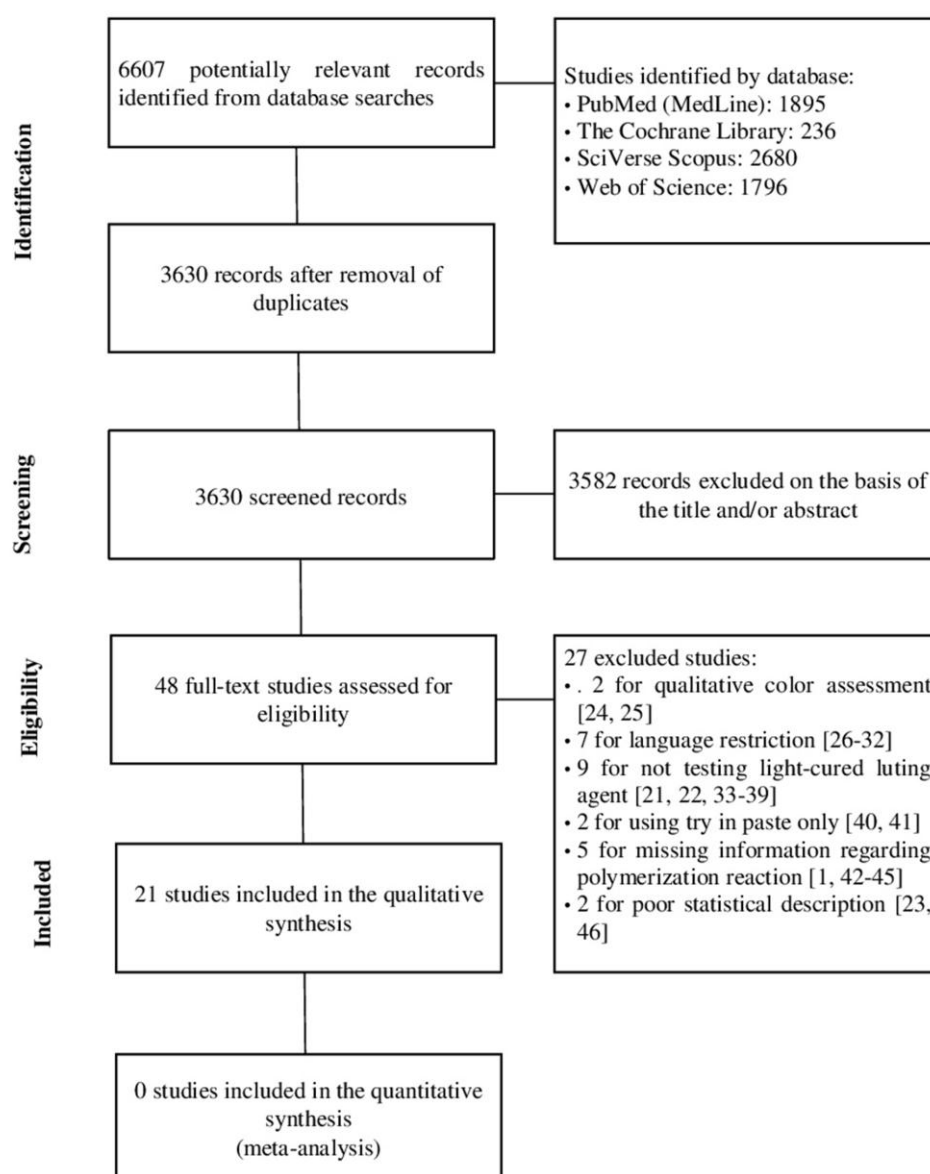


Fig. 1 – Flowchart of the systematic review according to PRISMA Statement.

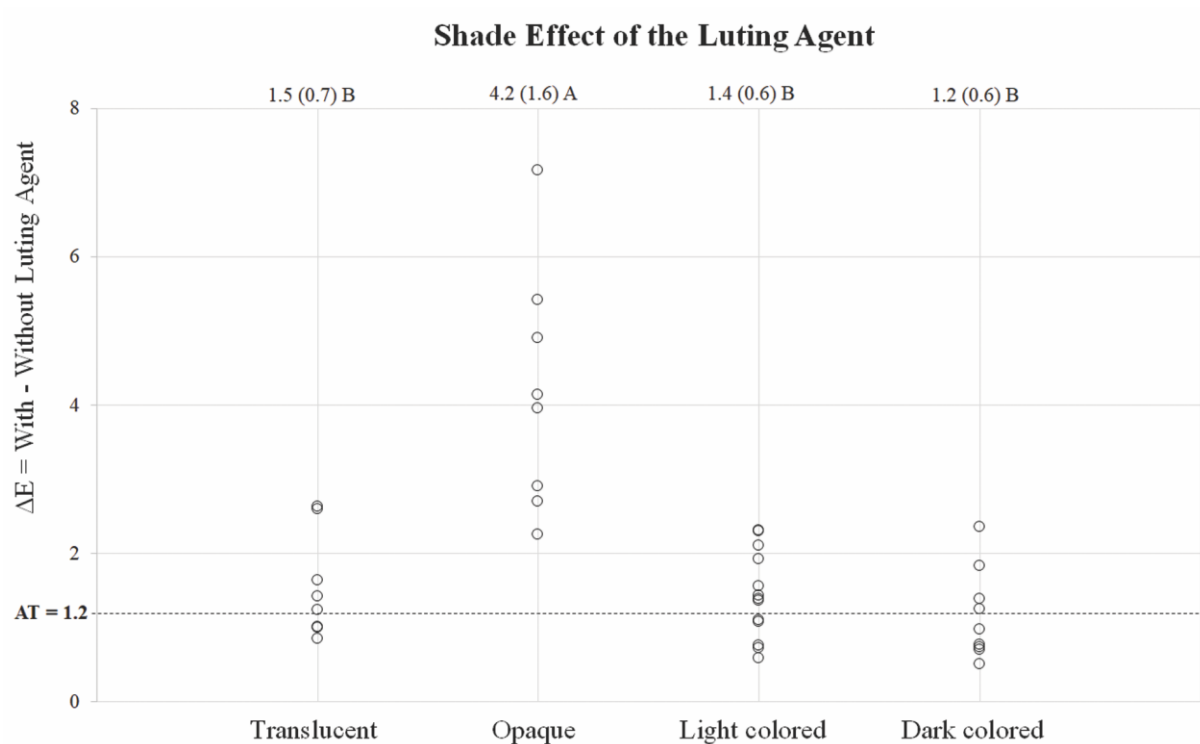


Fig. 2 – Color difference between [ceramic + substrate] and [ceramic + luting agent + substrate] [11,65]. The ΔE shows the effect of the luting agent shade on final color of the veneer. All evaluations were carried out with thin ceramic veneers (<0.7 mm thick). Luting agent shades were categorized as follows: translucent (Trans and MV), opaque (WO and HV + 3), light colored (B0.5, B1, A1, and HV + 2), dark colored (A2, A3, LV-2, and LV-3).

5 Artigo 2

Masking tooth-colored substrates by direct resin composite layered veneers[§]

AP Perroni, GA Holanda, LL Morel, RR Moraes, N Boscato

Ana Paula Perroni, DDS, MSc, PhD student, School of Dentistry, Federal University of Pelotas, Pelotas, RS, Brazil

Laura Lourenço Morel, Graduate Student, School of Dentistry, Federal University of Pelotas, Pelotas, RS, Brazil

Guilherme Azario de Holanda, Graduate Student, School of Dentistry, Federal University of Pelotas, Pelotas, RS, Brazil

Rafael R. Moraes, DDS, MSc, PhD, professor, Graduate Program in Dentistry, Federal University of Pelotas, Pelotas, Brazil

*Noéli Boscato, DDS, MSc, PhD, professor, Graduate Program in Dentistry, Federal University of Pelotas, Pelotas, Brazil

Corresponding author:

Prof. N. Boscato

School of Dentistry, Federal University of Pelotas, Prosthodontics Division

Rua Gonçalves Chaves 457, room 508

96015-560, Pelotas-RS, Brazil

Tel/Fax: +55 53 3225.6741 x.135

(noeliboscato@gmail.com)

[§]Artigo formatado segundo as normas do periódico *Operative Dentistry* (Qualis: A1; Fator de impacto:2.25).

Masking tooth-colored substrates by direct resin composite layered veneers

Short title: Masking ability of direct veneers

Clinical Relevance

Clinicians should consider that distinct shade and opacity of resin composite layering can significantly change the final color of direct veneers over tooth-colored substrates. A better understanding of resin composite optical behavior could assist clinicians to achieve an excellent shade match with adjacent teeth.

SUMMARY

This *in vitro* study evaluated the masking ability of different opacities and shades of resin composite layering on simulated tooth-colored substrates. Twelve resin composite veneers (Filtek Z350 XT - 1.5-mm thick) were allocated according to composite layering shades (A1 and A2) and opacity (enamel, body, and dentin) on simulated tooth-colored substrates in four different shades (A1, A3, C4 and C4+). The masking ability and translucency were calculated based on CIE L*a*b* color coordinates measured with a spectrophotometer (Vita Easyshade). The translucency parameter (TP) was calculated using color coordinates measured over standard white and black backgrounds. CIEDE2000 formula (ΔE_{00}) was used for comparative color difference analysis for each simulated tooth-colored substrate alone compared to mono, bi or trilayer resin composite veneer measured over each simulated substrate. Two-way analysis of variance and Tukey's post hoc test were performed to analyze ΔE_{00} mean values ($\alpha=0.05$). Monolayer veneers A1E and A1B showed similar TP values. All veneer groups presented ΔE_{00} values above clinically accepted thresholds. The highest ΔE_{00} values were observed on darker (C4 and C4+) and the lowest on lighter simulated substrates (A1 and A3). ΔE_{00} values for bilayer (enamel+dentin) and trilayer (enamel+dentin+body) were statistically similar regardless of the substrate. The resin composite layering technique yielded masking ability to the different tooth-colored substrates tested. However, for a clinically acceptable shade match of the restoration and adjacent teeth, clinicians must consider differences of shade and opacity of the materials, mainly for darker tooth-colored substrate.

INTRODUCTION

The goals of dental esthetic restorative treatments include reproduction of all important characteristics and function of teeth, as well as satisfactory shade match between teeth and restorations.^{1, 2} Direct resin composite veneers are often used to restore natural tooth-color of anterior discolored substrates when conservative treatments as tooth whitening were not successful.³⁻⁵ Direct veneers are less invasive and time-consuming, and have lower costs compared with ceramic veneers.^{2, 4, 6} Limitations of direct veneers are shorter-lasting color stability, higher wear, and increased risk of marginal fractures than ceramics.^{6, 7}

The final color of a direct resin composite restoration is determined by the optical properties of materials used in each composite layer,^{8, 9} including dentin, body, and enamel shades with their own levels of opacity and translucency.^{10, 11} Resin composites enable various restorative combinations by a layering technique. This concept explores the distinct properties of translucent and opaque resin composite aiming to create depth inside the restoration.^{12, 13} When trying to mask a darkened dental substrate, for instance, the layering technique uses an initial opaque layer in an attempt to make the substrate color clinically imperceptible.^{1, 9, 12, 14, 15}

Although the removal of tooth structure for direct and indirect veneers should be kept to a minimum, preferably restricted to enamel, darker substrates require a minimum preparation thickness to provide sufficient masking ability. The knowledge regarding the effect of resin composite opacities and thicknesses is essential to properly mask darker substrates.^{1, 10, 14} The purpose of this *in vitro* study was to evaluate the masking ability of different opacities and shades of resin composite applied in layers over simulated tooth-colored substrates. The hypothesis was that opacities and shades would affect the masking ability mainly over darker substrates.

METHODS AND MATERIALS

Study Design

This *in vitro* study had a 2×6×4 factorial design and investigated the following factors: resin composite shade (two levels: A1 or A2), combination of resin composite layers (six levels: monolayers – enamel, body, or dentin shades alone; bilayers – enamel+body or enamel+dentin shades; or trilayer – enamel+body+dentin shades), and shade of the tooth-colored substrate to be restored (four levels: A1, A3, C4, or C4+). Plastic maxillary right central incisors for mannequins (Pronew; São Gonçalo, RJ, Brazil) with preparations for veneers were used to simulate the tooth-colored substrates. The substrates color coordinates were measured using a spectrophotometer (Easysshade; Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany): A1 (L*: 73.6, a*: -1.8, b*: 6.8), A3 (L*: 84.9, a*: -1.4, b*: 26.6), C4 (L*: 54.5, a*: 6.7, b*: 29.9) and C4+ (L*: 39.7, a*: 12.6, b*: 36.1). Resin composite veneer restorations were prepared over the tooth-colored substrates using a layering technique. The response-variables were masking ability of the resin composite combinations, estimated by the CIEDE2000 color difference (ΔE_{00}) over the tooth-colored substrates, and translucency parameter (TP) of the restorations.

Resin Composite Veneers Preparation

A resin composite (Filtek Z350 XT; 3M ESPE, St. Paul, MN, USA) in shades A1 or A2 was used in a layering technique: Monolayers – enamel, body, or dentin shades in discrete layers with 1.5 mm in thickness; Bilayers – combination of enamel + body, or enamel + dentin with 0.75 mm in thickness each layer; Trilayer – combination of enamel + body + dentin with 0.5 mm in thickness each layer (Table 1). To simulate the clinical situation, a custom vacuum-tray was formed using soft ethylene-vinyl acetate (Bio-Art Dental Equipment; São Carlos, SP, Brazil) over a restored artificial teeth and used to standardize the veneer shape and thickness. Each resin composite layer was applied on the tray with a spatula and cured for 20 seconds using a LED curing unit (Radii-Cal; SDI, Victoria, Australia) with 1200 mW/cm² irradiance. The thickness of each layer was checked with a caliper. Resin composite veneers were adjusted to seat on the simulated tooth-colored substrate but not bonded to it, i.e. no adhesive system was used. The restorations were dry-polished with

sequential aluminum oxide discs from coarse to ultrafine (Sof-Lex XT; 3M ESPE) at intermittent pressure and low speed for 20 s each. After polishing with each grit, the specimens were washed with air/water spray to remove debris. All specimens were stored in water at room temperature for 1 week before color measurements.

Translucency Parameter (TP)

The TP of the resin composite veneers alone (tooth-colored substrates were not used) was evaluated (n=3) by measuring the color coordinates over a white background and a black background, using the following equation:¹⁹

$$TP = [(L^*_W - L^*_B)^2 + (a^*_W - a^*_B)^2 + (b^*_W - b^*_B)^2]^{\frac{1}{2}},$$

where subscripts W and B refer to the color coordinates measured over the white and black backgrounds.

Masking Ability

A standard gray background was used. The probe tip of the spectrophotometer was positioned on the middle third of the coronal labial surface of each restoration. CIE L*a*b* color coordinates were measured (n=3) and the masking ability of the veneers was estimated by calculating the CIEDE2000 color difference (ΔE_{00}) between the simulated tooth-colored substrate without restoration *versus* the restored condition using mono, bi or trilayer resin composite veneers, using the following equation:¹⁶

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right) \right]^{\frac{1}{2}},$$

where $\Delta L'$, $\Delta C'$, and $\Delta H'$ are differences in lightness, chroma, and hue between two sets of color coordinates; R_T is the rotation function that accounts for the interaction between chroma and hue differences in the blue region; S_L , S_C , and S_H are weighting functions used to adjust the total color difference for variation in perceived magnitude with variation in the location of the color coordinate difference between two color readings; and k_L , k_C , and k_H are correction terms for the experimental conditions. In this study, the color difference perceptibility

and acceptability thresholds were set at $\Delta E_{00} = 0.8$ and $\Delta E_{00} = 1.8$, respectively.^{17, 18}

Statistical Analysis

Data normality was analyzed using the Shapiro-Wilk test. Because the entire dataset suggested a normal distribution, parametric tests were used. ΔE_{00} data were submitted to a Two-Way Analysis of Variance – ANOVA (resin composite shade $\times$ combination of layers) separated for shade families A1 or A2. All pairwise multiple comparison procedures were carried out using the Tukey post hoc method. TP data were analyzed using Two-Way ANOVA (shade $\times$ resin composite layer) and Tukey post hoc test. The statistical software package Sigmaplot 12.0 (Systat Software Inc., San Jose, CA, USA) was used and significance level was set at $\alpha=0.05$.

RESULTS

Results for TP of the resin composite veneers are shown in Table 2. The TP for A2 shade was higher than A1, except for the EB bilayer. E and B monolayers had higher TP and D monolayer had lower TP. When the bilayer restoration involved dentin shade composite, the TP was similar to the trilayer condition.

Results for ΔE_{00} are shown in Table 3 (A1 shade) and Table 4 (A2 shade). A significant difference was observed in all conditions analyzed. ΔE_{00} values were always above 1.8. Higher ΔE_{00} was observed for darker simulated tooth-colored substrates (C4 and C4+), with averages varying from 19.83 to 43.23. In lighter simulated tooth-colored substrates (A3 and A1), ΔE_{00} averages varied between 3.40 and 16.23. In both A1 and A2 shade families, ΔE_{00} was slightly but generally lower for monolayers compared to bilayers and trilayer. Exceptions generally involved the presence of D layers in the veneer. A1 and A2 shade families were not statistically compared but ΔE_{00} averages were almost always lower for the A2 shade.

DISCUSSION

When direct resin composite is made using layered technique the knowledge regarding its own characteristics is required to successful esthetic restorations.^{15, 20} Our findings showed that A2 shade yielded higher TP values than A1, except for the EB bilayer. Previous studies have reported that TP differences differed by the composite brand within each shade group, and by the shade group within each brand.^{9, 21} Kim & Park²¹ observed the Z350 TP values increase when increase the shade number. In this sense, the authors suggested lighter restorations would appear to be more opaque than dark restorations.

The E and B monolayers had greater TP values, suggesting that both E and B would have similar optical properties when used in monolayer. It was reported in the literature that the Filtek Z350 XT body resin had intermediate translucency¹¹ and the clinicians might take care when using this translucent layer especially over darker substrates. In contrast D monolayer had lower TP even though when compared with bilayers and the trilayer condition. This finding demonstrates the effective opacifying effect of dentin shade. In this way, when resin composite multilayering technique will be used for masking discolored substrates it is needed, the knowledge about translucency and opacity of composites is useful in predicting the ability to block out discoloured tooth structure¹¹ addressing or not restoration natural-tooth like.^{2, 14}

This *in vitro* study was carried out in order to test the effect of resin composite layers on translucency and masking ability of direct veneers. The composite resin evaluated is considered a complex restoration system in comparison with other currently available due to the three different translucencies (dentin, body and enamel) resulting in clinical difficulties to control thickness and material selection.^{10, 12, 15}

Considering the perceptible color difference, the results of this study showed that monolayer, bilayer and trilayer resin composite veneers yielded ΔE_{00} values above visual perceptibility and acceptability thresholds.¹⁷ Important to note that when darker tooth-colored substrate needed restoration, higher ΔE_{00} is required to obtain masking ability enough to address natural tooth color reproduction and meets the current esthetic demands.^{2, 14} Our findings corroborates with statement since the highest ΔE_{00} values were observed on

darker simulated substrates (C4 and C4+), which is desirable when a shade match between darker and lighter adjacent tooth substrates is required.²² Therefore, the hypothesis of this study was accepted since the different shades and opacities affected the masking ability of veneer restoration on darker substrates. In this critical esthetic clinical situations, the choice of the opacity and thickness of resin composites is a challenge since higher masking ability is needed.^{1, 4, 10}

The color difference values for body and enamel monolayers were not statistically significant different over darker simulated substrates which is probably due the greater translucency results of these layers. The C4 substrates used in the present study represents simulated prepared teeth with severe discoloration which implies a greater need for masking ability. In this case the use of opaque resin composite is necessary, and it is a procedure that needs planning, since a thicker increment of restorative material would be required to mask the darkened color of the tooth. However, it can only be achieved increasing the tooth reduction or by over contouring the restoration.²

Previous reports pointed out that different opaque shade resin composites require a minimal thickness to mask darker substrates. The studies reported that opaque-shade resin composite with thickness ranging from 0.5 to 1.45 mm could be used to mask a darker substrate.^{4, 12, 15, 23} In the methodology of this study the Z350 XT dentin shade was used in different thicknesses (0.5, 0.75, and 1.5mm), and the our findings suggest that the dentin layer reduced from 0.75 (bilayer) to 0.5 (trilayer) did not affect significantly the masking ability regardless of the substrate whether combined with more translucent layers (enamel+dentin and enamel+dentin+body). This result was directly related to similar translucency from the findings observed and could be possible since the Z350 XT dentin layer acts more like an opaquer than other dentin resin composite systems.¹³ The authors reported that opaque materials are necessary to camouflage the tooth-material interface, hide the dark oral cavity background, cover a substrate, create depth from within the restoration and reproduce the high value need in the tooth's medium third.^{14, 24, 25}

The findings from *in vitro* studies should be interpreted with caution. Nevertheless, in this study the specimens simulated the clinical situation of prepared tooth-colored substrates and a veneer shaped restoration. The

composite resin thickness and opacity choice are important procedures in the ultimate color to create restoration imperceptible to human eye.¹⁵ The resin composite translucency can affect the final outcome since it allows the creation of nice transparency whenever necessary. However a thicker enamel layer can give an unpleasant grayish aspect to restoration.¹⁰ Also, lower opaque layer promotes better esthetic appearance since the use of more opaque resin composites results in a lifeless artificial restoration.^{2, 26} Additionally, a common clinical situation found was simulated, where different tooth-colored substrates needed restoration on the same patient and in adjacent teeth. The use of multilayer resin composite restoration showed advantages to the traditional monolayer technique and the possibility to achieve better optical integration.¹

Then, resin composite layering with different translucency and opacity properties generates different tooth-like esthetics. No single monochromatic resin composite could completely replicate the complex orientation of color found in natural tooth tissue.⁸ Information on the relative translucency and opacity of resin composites is also useful in predicting the ability of resin composites to mask discolored or darker substrate and can assist the clinician in choosing adequate material for clinical use.^{4, 8, 11} Finally, further studies are recommended to evaluate the effect of different, brands, shades and layers on the final color of resin composite layering veneers over different simulated tooth-colored substrates.

CONCLUSION

Based on this study results, the following conclusions were drawn:

1. The resin composite layers have a clear effect on TP.
2. Monolayers of enamel and body have similar behavior on darker substrates.
3. Bilayer and trilayer composite veneers that presented dentin shade have similar effect, regardless of the tooth-colored substrate evaluated.

REFERENCES

1. Dietschi D & Fahl N, Jr. (2016) Shading concepts and layering techniques to master direct anterior composite restorations: an update *British Dental Journal* **221(12)** 765-771.
2. Yanikian C, Yanikian F, Sundfeld D, Lins R & Martins L (2019) Direct Composite Resin Veneers in Nonvital Teeth: A Still Viable Alternative to Mask Dark Substrates *Operative Dentistry* **44(4)** E159-E166.
3. Amato M, Scaravilli MS, Farella M & Riccitiello F (2006) Bleaching teeth treated endodontically: long-term evaluation of a case series *Journal of endodontics* **32(4)** 376-378.
4. An JS, Son HH, Qadeer S, Ju SW & Ahn JS (2013) The influence of a continuous increase in thickness of opaque-shade composite resin on masking ability and translucency *Acta Odontologica Scandinavica* **71(1)** 120-129.
5. Deliperi S (2008) Clinical evaluation of nonvital tooth whitening and composite resin restorations: five-year results *European Journal of Esthetic Dentistry* **3(2)** 148-159.
6. Rosentritt M, Sawaljanow A, Behr M, Kolbeck C & Preis V (2015) Effect of tooth brush abrasion and thermo-mechanical loading on direct and indirect veneer restorations *Clinical Oral Investigations* **19(1)** 53-60.
7. Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P & Vanherle G (2000) Porcelain veneers: a review of the literature *Journal of Dentistry* **28(3)** 163-177.
8. Elgendy H, Maia RR, Skiff F, Denehy G & Qian F (2019) Comparison of light propagation in dental tissues and nano-filled resin-based composite *Clinical Oral Investigations* **23(1)** 423-433.
9. Lee YK & Powers JM (2004) Calculation of colour resulting from composite/compomer layering techniques *Journal of Oral Rehabilitation* **31(11)** 1102-1108.
10. Ardu S, Rossier I, di Bella E, Krejci I & Dietschi D (2019) Resin composite thickness' influence on L*a*b* coordinates and translucency *Clinical Oral Investigations* **23(4)** 1583-1586.
11. Ryan EA, Tam LE & McComb D (2010) Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials *Journal of the Canadian Dental Association* **76** a84.
12. Miotti LL, Santos IS, Nicoloso GF, Pozzobon RT, Susin AH & Durand LB (2017) The Use of Resin Composite Layering Technique to Mask Discolored Background: A CIELAB/CIEDE2000 Analysis *Operative Dentistry* **42(2)** 165-174.
13. Perez BG, Miotti LL, Susin AH & Durand LB (2019) The Use of Composite Layering Technique to Mask a Discolored Background: Color Analysis of Masking Ability After Aging-Part II *Operative Dentistry* **44(5)** 488-498.
14. Ikeda T, Sidhu SK, Omata Y, Fujita M & Sano H (2005) Colour and translucency of opaque-shades and body-shades of resin composites *The European Journal of Oral Sciences* **113(2)** 170-173.

15. Kim SJ, Son HH, Cho BH, Lee IB & Um CM (2009) Translucency and masking ability of various opaque-shade composite resins *Journal of Dentistry* **37(2)** 102-107.
16. Sharma G, Wu W & Dalal EN (2005) The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations *Color Research & Application* **30(1)** 21-30.
17. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, Sakai M, Takahashi H, Tashkandi E & Perez Mdel M (2015) Color difference thresholds in dentistry *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* **27 Suppl 1** S1-9, 10.1111/jerd.12149.
18. Paravina RD, Perez MM & Ghinea R (2019) Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* **31(2)** 103-112.
19. CIE Technical Committee (1974) 1.3. CIE colorimetry committee- working program on color differences *Journal of the Optical Society of America* **64** 894–895.
20. Naeimi Akbar H, Moharamzadeh K, Wood DJ & Van Noort R (2012) Relationship between Color and Translucency of Multishaded Dental Composite Resins *International Journal of Dentistry* **2012** 708032.
21. Kim D & Park SH (2018) Color and Translucency of Resin-based Composites: Comparison of A-shade Specimens Within Various Product Lines *Operative Dentistry* **43(6)** 642-655.
22. Perroni AP, Kaizer MR, Della Bona A, Moraes RR & Boscato N (2018) Influence of light-cured luting agents and associated factors on the color of ceramic laminate veneers: A systematic review of in vitro studies *Dental Materials* **34(11)** 1610-1624.
23. Darabi F, Radafshar G, Tavangar M, Davaloo R, Khosravian A & Mirfarhadi N (2014) Translucency and masking ability of various composite resins at different thicknesses *Journal of Dentistry* **15(3)** 117-122.
24. Ikeda T, Murata Y & Sano H (2004) Translucency of opaque-shade resin composites *American Journal of Dentistry* **17(2)** 127-130.
25. Salgado VE, Rego GF, Schneider LF, Moraes RR & Cavalcante LM (2018) Does translucency influence cure efficiency and color stability of resin-based composites? *Dental Materials* **34(7)** 957-966.
26. Sekundo C & Frese C (2020) Underlying Resin Infiltration and Direct Composite Veneers for the Treatment of Severe White Color Alterations of the Enamel: Case Report and 13-Month Follow-Up *Operative Dentistry* **45(1)** 10-18

Table 1. Combination of composite resin layers to prepare the direct veneers

Resin Composite Layers (Thickness)	Tooth-colored substrate	Combination of groups	
		A1 shade	A2 shade
Enamel (1.5 mm)	C4+	A1E(C4+)	A2E(C4+)
	C4	A1E(C4)	A2E(C4)
	A3	A1E(A3)	A2E(A3)
	A1	A1E(A1)	A2E(A1)
Body (1.5 mm)	C4+	A1B(C4+)	A2B(C4+)
	C4	A1B(C4)	A2B(C4)
	A3	A1B(A3)	A2B(A3)
	A1	A1B(A1)	A2B(A1)
Dentin (1.5 mm)	C4+	A1D(C4+)	A2D(C4+)
	C4	A1D(C4)	A2D(C4)
	A3	A1D(A3)	A2D(A3)
	A1	A1D(A1)	A2D(A1)
Enamel (0.75 mm) + Body (0.75 mm)	C4+	A1EB(C4+)	A2EB(C4+)
	C4	A1EB(C4)	A2EB(C4)
	A3	A1EB(A3)	A2EB(A3)
	A1	A1EB(A1)	A2EB(A1)
Enamel (0.75 mm) + Dentin (0.75 mm)	C4+	A1ED(C4+)	A2ED(C4+)
	C4	A1ED(C4)	A2ED(C4)
	A3	A1ED(A3)	A2ED(A3)
	A1	A1ED(A1)	A2ED(A1)
Enamel (0.5 mm) + Body (0.5 mm) + Dentin (0.5 mm)	C4+	A1EBD(C4+)	A2EBD(C4+)
	C4	A1EBD(C4)	A2EBD(C4)
	A3	A1EBD(A3)	A2EBD(A3)
	A1	A1EBD(A1)	A2EBD(A1)

Table 2. Means (standard deviations) for translucency parameter of the direct veneers

		Resin composite		Resin composite	
		shade A1		shade A2	
Monolayers	A1E	5.58 (0.21)Aa	A2E	9.53 (0.42)Ba	
	A1B	5.98 (0.79)A,a	A2B	6.23 (0.61)A,b	
	A1D	2.03 (0.26)A,b	A2D	3.71 (0.53)B,c	
Bilayers	A1EB	5.51 (0.30)A,a	A2EB	4.76 (0.59)A,df	
	A1ED	3.51 (0.48)A,c	A2ED	5.46 (0.60)B,bde	
Trilayer	A1EBD	3.52 (0.52)A,c	A2EBD	5.00 (0.23)Bef	

Capital letters in each line indicate differences between shades; lowercase letters in each column indicate differences between resin layers ($p < 0.05$).

Table 3. Means (standard deviations) for ΔE_{00} between baseline (no veneers) and simulated tooth-colored substrates + resin composite layers in A1 shade

Tooth-colored substrate	Monolayers			Bilayers		Trilayer
	A1E	A1B	A1D	A1EB	A1ED	A1EBD
C4+	40.20 (0.14) A,b	41.33 (0.22) A,b	37.57 (0.16) A,c	41.37 (0.14) A,b	43.23 (0.07) A,a	42.87 (0.10) A,a
C4	25.73 (0.13) B,b	26.27 (0.07) B,b	22.27 (0.14) B,c	26.63 (0.13) B,b	27.93 (0.23) B,a	27.93 (0.24) B,a
A3	14.00 (0.44) C,a	7.00 (0.82) C,cd	4.50 (0.32) C,e	10.93 (0.84) C,b	5.90 (0.09) C,d	7.23 (0.74) C,c
A1	5.97 (0.14) D,d	11.07 (1.08) D,b	15.50 (0.06) D,a	8.50 (0.04) D,c	12.10 (0.14) D,b	11.47 (0.10) D,b

Capital letters in each column indicate differences between substrate shades; lowercase letters in each line indicate differences between resin composite layered veneers ($p < 0.05$).

Table 4. Means (standard deviations) for ΔE_{00} between baseline (no veneers) and simulated tooth-colored substrates + resin composite layers in A2 shade

Tooth-colored substrate	Monolayers			Bilayers		Trilayer
	A2E	A2B	A2D	A2EB	A2ED	A2EBD
C4+	35.83 (0.15) A,cd	36.30 (0.10) A,c	35.23 (0.11) A,d	38.93 (0.07) A,b	40.70 (0.15) A,a	40.76 (0.14) A,a
C4	20.63 (0.18) B,c	20.73 (0.07) B,c	19.83 (0.13) B,d	23.40 (0.51) B,b	25.53 (0.27) B,a	25.40 (0.09) B,a
A3	7.80 (0.15) C,a	4.23 (0.13) C,d	6.67 (0.07) C,b	7.63 (0.26) C,a	3.40 (0.10) C,c	3.63 (0.05) C,cd
A1	6.00 (0.03) D,e	9.80 (0.19) D,c	16.23 (0.06) D,a	8.50 (0.16) D,d	12.53 (0.25) D,b	12.53 (0.46) D,b

Capital letters in each column indicate differences between substrate shades; lowercase letters in each line indicate differences between resin composite layered veneers ($p < 0.05$).

6 Artigo 3

A prospective study on clinical variables influencing the optical properties of ceramic laminate veneers¹

Short title: Color of laminate veneers

Ana Paula Perroni¹, Fabíola Jardim Barbon¹, Simone Alberton², Rafael R. Moraes¹, Noéli Boscato^{1*}

¹ Graduate Program in Dentistry, Federal University of Pelotas, Pelotas, Brazil

² Department Esthetic Dentistry, Meridional Dental Studies Center (CEOM), Passo Fundo, RS, Brazil

Corresponding author:

Prof. Noéli Boscato

Graduate Program in Dentistry, Federal University of Pelotas

Gonçalves Chaves Street 457, CEP 96015-560, Pelotas, RS, Brazil

Phone/Fax: +55 53 32226690

Email: noeliboscato@gmail.com; noeli.boscato@ufpel.edu.br

Declarations of interest: none

Keywords: dental cements; ceramic veneers; color; spectrophotometer.

¹ Artigo preparado de acordo com as normas do periódico *Journal of Dentistry* (Qualis: A1; Fator de impacto:).

ABSTRACT

Objectives: Achieving natural tooth-like restoration is an important aspect influencing the treatment success. This study evaluated clinically the influence of clinical variables (tooth shade, ceramic thickness and resin-based luting agent shade) on the optical properties of ceramic laminate veneers (CLVs).

Methods: Sixteen participants were included and CIE L*a*b* color coordinates were evaluated using a clinical spectrophotometer (Vita Easyshade; Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany). Color was measured before tooth preparation procedures (baseline), after tooth preparation, ceramic positioned over substrate, and luted ceramic. CIEDE2000 method was used to calculate color difference (ΔE_{00}) for each variable (baseline shade, substrate shade, ceramic thickness and luting agent shade value). ΔE_{00} and CIE L*a*b* individual color coordinates were compared by using Mann Whitney and Kruskal-Wallis One-Way analysis of variance on Ranks with a significance level of $\alpha=0.05$.

Results: Ninety five CLV were evaluated. ΔE_{00} ranged from 2.93 to 9.72, the differences were above the thresholds of perceptibility and acceptability for the CIEDE2000 method. No significant differences between luting agent shade value were found when the evaluated ceramics over substrate with and without luting agent ($p = 0.786$). Over darker substrates only high value luting agent presented acceptable color difference. Regarding L*, a* and b* coordinates, the analysis revealed significant interactions ($p<0.05$).

Conclusion: All shades of luting agent influenced the final optical properties of ceramic laminate veneers. Thicker ceramics had a better masking ability and high value luting agent over darker substrate showed color difference below the acceptability threshold.

Clinical significance: The choice of shaded resin-based luting agents is still a clinical problem due to the challenge of masking substrates.

INTRODUCTION

Ceramic laminate veneer (CLV) restorations are reliable, safe and effective conservative esthetic treatments.[1, 2] Despite the great improvements on ceramic materials achieved in recent years, reproducing the color appearance of natural teeth to acquire the desired esthetic outcome is still a challenge. Several factors have been reported to influence the final appearance of CLVs. The visual judgment is the most frequently used method of evaluating color matching in dentistry.[3] Nevertheless, visual color differences are difficult to measure and the use of color matching instruments are a supplementary tool in clinical practice[4] since the quality of color match between a dental restoration and an adjacent natural tooth correlates to a large extent with the magnitude of color difference.[3] According to underlying substrate color on the dental substructure, a detailed evaluation of underlying substrate shade is necessary to ensure appropriate choice of ceramic thickness and luting agent shade. [5]

The influence of luting agent shade on the final color of CLV has been investigated in several *in vitro* studies.[5-9] Light-cured resin-based materials has been reported as the best material for luted of CLVs due to high color stability over time as compared to self and dual-cured luting agents.[10, 11] In addition, the effect of the restoration thickness and opacity on the ability to mask discolored teeth/metallic abutments still needs further clinical investigation.[8]

The literature reports only two *in vivo* studies[12, 13] investigating factors that influence the final color of ceramic restorations. One of them, a randomized clinical trial evaluated the color alteration between the dual and light-polymerizing luting agents[12]. The another was a pilot study, evaluated ceramic thickness and translucency, tooth substrate shade, luting agent and restoration type on the color variation of luted ceramic restorations.[13] Thus, none investigated the clinical effect of different luting agent shade value on optical characteristics of all-ceramic restorations. In addition, the effect of the restoration thickness and the ability to mask underlying tooth substrate still needs further investigation.

The objective of this clinical study was to evaluate the influence of clinical

variables (tooth shade, ceramic thickness and resin-based luting agent shade) on the optical properties of CLVs. The hypothesis tested was that the optical properties of ceramic restorations would be influenced by ceramic thickness, substrate shade, and luting agent.

MATERIALS AND METHODS

Study design and sample size calculation

This prospective clinical study was approved by the institutional Ethics Research Committee (protocol 905.099/2015) and pre-registered at ClinicalTrials.gov (NCT02464540). This report is based on the Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology (STROBE) statement. Minimum sample size was calculated to be 16 patients based on a previous study[13], using a t-test sample size calculator, 2.0 expected difference in color difference means, 1.9 expected standard deviation, 0.8 desired power, and $\alpha=0.05$.

Patient recruitment, inclusion and exclusion criteria

Patients undergoing esthetic, restorative treatments at the Graduate Programs in Dentistry from Federal University of Pelotas, Pelotas, Brazil and Meridional Dental Studies Center, Passo Fundo, Brazil were evaluated and invited to participate. Individuals should be at least 18 years old to be included and present a complaint regarding at least one of the following restorative conditions: diastema between teeth, damaged or fractured tooth, misaligned anterior tooth, discolored tooth and/or tooth with erosion/abrasion. The patients should also have posterior occlusal stability and be able to attend the clinics at predetermined days. Individuals with periodontal disease or severe bruxism were excluded from the study. All participants provided written informed consent after receiving information on the study objectives, risks and benefits associated with the treatment and procedures.

Treatment plans and tooth preparation procedures

Treatment plans for all patients included involved indirect CLV restorations using hot-pressed lithium disilicate (IPS e.max Press; Ivoclar

Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Cylindrical round-ended diamond burs were used (KG Sorensen, Cotia, SP, Brazil) for preparing the teeth. Preparations were not entirely standardized, since depended on each clinical case, but were kept as minimal invasive as possible. Dental finishing procedures were performed with stones (Dura-White Arkansas Stones; Shofu Dental Corp, San Marcos, CA, USA). Phonetic, esthetic, and functional clinical analyses with the CLVs were carried out before luting procedures. Thickness of each restoration was measured three times at its middle third of the labial aspect with a caliper (Wilcos, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) and the mean value was registered as ceramic thickness.

Luting procedures

For luting, the intaglio ceramic surfaces were etched with 10% hydrofluoric acid gel (Condac Porcelana; FGM, Joinville, SC, Brazil) for 30 s, washed thoroughly for 1 min and air-dried. Etching with 37% phosphoric acid gel for 30 s (Total Etch, Ivoclar Vivadent) was used for cleaning, followed by rinsing with water and drying with oil-free compressed air. A layer of silane (Monobond S, Ivoclar Vivadent) was applied for 1 min and air-dried for 30 s. Adequate isolation was achieved using cotton rolls and cheek retractor. The prepared teeth were cleaned with a prophylaxis brush, enamel and/or dentin were etched with 37% phosphoric acid gel for 30 s and 15 s, respectively. After rinsing for 30 s, the enamel was air-dried and excess dentin moisture was removed. A two-step, etch-and-rinse adhesive (Excite F; Ivoclar Vivadent) was applied with a microbrush for 15 s, air-thinned but not photopolymerized. A photopolymerizing resin-based luting agent (Variolink Veneer, Ivoclar Vivadent) was used. The luting agent shade was selected by the operator according to the clinical case: it could be a high value shade (HV+3, HV+2, or HV+1), a medium value shade (MV0), or a low value shade (LV-1, LV-2, or LV-3). The luting agent was applied to the intaglio ceramic surfaces and the CLVs were seated. Excess luting agent was removed from the marginal areas with an explorer and dental floss. Buccal, lingual, and proximal surfaces were photopolymerized for 60 s using a LED curing unit (Radii Cal, SDI, Bayswater, Australia) with 1400 mW/cm² irradiance. When necessary, the restoration margins were polished with silicone polishers (Optimize; TDV Dental, Pomedore, SC, Brazil). Occlusion

analyses of static and dynamic movements were carefully made to avoid interferences.

CIELAB color readings

CIE L*a*b* color coordinates were evaluated using a clinical spectrophotometer (Vita Easyshade; Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany). Color was measured before tooth preparation procedures (baseline) and after tooth preparation. When the patients returned for luting the CLVs, two additional color measures were performed: one reading with the ceramic positioned over the prepared tooth, another reading after the CLV was luted. The active tip of the spectrophotometer was placed at the middle third of the coronal labial surface of each tooth. Measurements were carried out three times and averaged. Two trained investigators executed the color measurements (A.P.P. and F.J.B.). L*, a*, and b* were used to calculate color differences (ΔE_{00}) by the CIEDE2000 according to the following equation:[14]

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

where $\Delta L'$, $\Delta C'$, and $\Delta H'$ are differences in lightness, chroma, and hue between two sets of color coordinates; R_T is the rotation function that accounts for the interaction between chroma and hue differences in the blue region; S_L , S_C , and S_H are weighting functions used to adjust the total color difference for change in perceived magnitude with variation in the location of the color coordinate difference between two color readings; and K_L , K_C , and K_H are correction terms for the experimental conditions.

Data analysis

For statistical analysis, the luting agent was grouped in three categories for shade analysis: high, medium, or low value. The other independent variables were dichotomized: baseline shade of the tooth (lighter or darker), substrate shade after tooth preparation (lighter or darker), ceramic thickness (<1 mm or ≥ 1 mm). Tooth or substrate shades were grouped into 2 categories for substrate analysis: A3 to C4 (darker shades) and B1 to D4 (lighter shades).[15] ΔE_{00} data and individual color coordinates did not show normal distribution, thus were

statistically analyzed using Mann-Whitney U test and the Kruskal-Wallis One-Way analysis of Variance on Ranks. All tests were performed with a significance level of $\alpha=0.05$, using the statistical package Sigmaplot 12.0 (Systat Software Inc., San Jose, CA, USA).

RESULTS

As shown in Figure 1, sixteen participants were included, with a total of 95 CLVs luted. ΔE_{00} for the conditions are presented in Table 1. All differences were above the thresholds of perceptibility and acceptability for the CIEDE2000 method (0.8 and 1.8, respectively) [19]. The highest ΔE_{00} (9.72) was obtained from baseline *versus* luted ceramic on darker baseline shades whereas the ceramic over substrate *versus* luted ceramic for thicker ceramics exhibited the lowest (2.93). No significant differences between luting agent shades were found when the condition ceramic over substrate *versus* luted ceramic were evaluated ($p=0.786$). In addition, when compared the different resin-based luting agents over lighter and darker substrates separately, all ΔE_{00} were above the perceptibility threshold and only HV luting agent on darker substrate was below the acceptability threshold (Figure 2).

Table 2 shows L^* values for each condition. Lower L^* was observed in the darkened substrates for all conditions. Increased L^* was detected from before to after preparation. Additionally, a reduction in L^* was observed when comparing ceramic on substrate and after luted for all variables. Regarding the luting agent, higher L^* was observed for the HV luting agent. Tables 3 and 4 present the means of the a^* , and b^* values for all conditions. Regarding a^* and b^* coordinates, the analysis revealed significant interactions ($p<0.05$) for most variables. The a^* and b^* decreased after the luting process for all luting agent shade value.

DISCUSSION

Based on these results the hypothesis that the optical properties of CLVs would be influenced by ceramic thickness, substrate and luting agent shade was accepted because all differences were above the thresholds of perceptibility and acceptability.

In some clinical situations different degrees of darkened teeth need to be masked. Therefore, the interaction between the substrate color and the thickness of the CLV needs to be investigated.[2] The highest color difference (9.72) was obtained on darker baseline tooth when thicker ceramic was used and demonstrates higher masking ability of lithium disilicate ceramic. The ceramic opacity increases when increasing its thickness,[16] which affects its translucency yielding higher capacity for masking darkened substrate.[5] Thicker CLV allows the ceramist to create, not only the proper colored canvas, but also the correct chroma, brightness, and fluorescence of the restoration.[17] Besides, when evaluating the condition ceramics over substrates with and without resin-based luting agents, the thicker CLV yielded the lowest ΔE_{00} (2.93). This behavior demonstrates that higher thicknesses lead to lower effect of the luting agent shade on masking ability.[8] Despite producing the lowest ΔE_{00} , the value is still above the limit of clinical acceptability ($\Delta E_{00}=1.8$), emphasizing that the luting agents play an important role along with the thickness of the ceramic on darker substrates.

For the different resin-based luting agent shades evaluated in the condition ceramic over substrate *versus* luted ceramic, no significant differences between luting agent shades were observed. However, it is important to point out even though lower differences were found, they are considered clinically perceptible; therefore, all luting agent shades influenced on final optical properties of the restorations. This results corroborates to the observations of a systematic review of *in vitro* studies, where in general luting agents produced clinically perceptible color differences on the CLVs. [8]

Thresholds in dentistry play an important role whereas they contribute on interpretation of dental research clinical outcome.[3] The ΔE_{00} used in this study were defined as the smallest color difference that could be perceptible and acceptable.[3, 18, 19] When compared the different resin-based luting agents over lighter and darker substrates separately, it was found that high value luting agents led to smaller differences on final color of lithium disilicate ceramic on darker substrates, although perceptible this was the only group that presented the difference considered acceptable. The results were probably due to the fact that the effect of luting agent on the final color of laminate veneers was influenced by the thickness of the ceramic, therefore luting agent shade had

little effect on the final color because thicker ceramics were used to mask darker substrates.[9, 16]

The prepared tooth become lighter since increases L^* were noted comparing the tooth, before and after preparation. Thus, in clinical practice more attention should be given to initial and prepared tooth shade. Additionally, lower lightness, reduced L^* was observed when comparing ceramic on substrate and after cementation for all variables. Previous study showed that the influence of cementation procedures on ceramic lightness resulted from the interaction between the underlying substrate and the restorative material.[13, 20]

The a^* and b^* color coordinates showed slight variations. Our findings demonstrate a^* indicated a tendency toward a greenish color and b^* yielding yellowish. These findings are in agreement with the two clinical studies reported.[7, 12, 13] Moreover, it was observed a^* and b^* decreased after the luting process probably due to the interaction between the luting agent, the substrate and the ceramic, showing the influence of cementation procedures reducing yellowness.[13]

Regarding the different resin-based luting agent shades, higher lightness was observed for the HV luting agent. Similar findings were reported by Chen et al. [6], the author observed that high value resin-based luting agent can increase the brightness and reduce the chroma of ceramic veneers. Alqhatani et al. [21] evaluate the effects of different shades of light-polymerized resin-based luting agents on the color of two different thicknesses and also observed the opaque shade made the ceramic specimens lighter.

It has been reported that the luting agent used in present study showed higher color stability with a degree of color difference considered clinically acceptable after age, however was observed decrease in brightness after aging,[22] thus further long-term evaluation is needed. Additional studies evaluating the optical clinical performance of luted ceramics, as well the effect of different luting agent shades should be performed. Moreover, more investigations should be carried out to verify clinically the long-term color difference of CLVs.

CONCLUSIONS

All shades of luting agent influenced the final optical properties of ceramic laminate veneers, and only high value luting agent over darker substrate showed color difference below the acceptability threshold. In addition, thicker ceramics had a better masking ability and lead to lower effect of the luting agent shade on final color of CLV.

REFERENCES

1. 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. *J Prosthet Dent* 2019;**122**(1):31-37.
2. Kandil BSM, Hamdy AM, Aboelfadl AK, El-Anwar MI. Effect of ceramic translucency and luting cement shade on the color masking ability of laminate veneers. *Dent Res J (Isfahan)* 2019;**16**(3):193-99.
3. Paravina RD, Perez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent* 2019;**31**(2):103-12.
4. Igjel C, Lehmann KM, Ghinea R, Weyhrauch M, Hangx Y, Scheller H, et al. Reliability of visual and instrumental color matching. *J Esthet Restor Dent* 2017;**29**(5):303-08.
5. Begum Z, Chheda P, Shruthi CS, Sonika R. Effect of Ceramic Thickness and Luting Agent Shade on the Color Masking Ability of Laminate Veneers. *J Indian Prosthodont Soc* 2014;**14**(Suppl 1):46-50.
6. Chen XD, Hong G, Xing WZ, Wang YN. The influence of resin cements on the final color of ceramic veneers. *J Prosthodont Res* 2015;**59**(3):172-7.
7. Perroni AP, Amaral C, Kaizer MR, Moraes RR, Boscato N. Shade of Resin-Based Luting Agents and Final Color of Porcelain Veneers. *J Esthet Restor Dent* 2016;**28**(5):295-303.
8. Perroni AP, Kaizer MR, Della Bona A, Moraes RR, Boscato N. Influence of light-cured luting agents and associated factors on the color of ceramic laminate veneers: A systematic review of in vitro studies. *Dent Mater* 2018;**34**(11):1610-24.
9. Xing W, Chen X, Ren D, Zhan K, Wang Y. The effect of ceramic thickness and resin cement shades on the color matching of ceramic veneers in discolored teeth. *Odontology* 2017;**105**(4):460-66.
10. Almeida JR, Schmitt GU, Kaizer MR, Boscato N, Moraes RR. Resin-based luting agents and color stability of bonded ceramic veneers. *J Prosthet Dent* 2015;**114**(2):272-7.
11. Pissaia JF, Guanaes BKA, Kintopp CCA, Correr GM, da Cunha LF, Gonzaga CC. Color stability of ceramic veneers as a function of resin cement curing mode and shade: 3-year follow-up. *PLoS One* 2019;**14**(7):e0219183.
12. 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;**118**(5):604-10.
13. Perroni AP, Bergoli CD, Dos Santos MBF, Moraes RR, Boscato N. Spectrophotometric analysis of clinical factors related to the color of ceramic restorations: A pilot study. *J Prosthet Dent* 2017;**118**(5):611-16.
14. Sharma G, Wu, W., & Dalal, E. N. The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Research and Application* 2005;**30**(1):21-30.
15. Meireles SS, Demarco FF, dos Santos Ida S, Dumith Sde C, Bona AD. Validation and reliability of visual assessment with a shade guide for tooth-color classification. *Oper Dent* 2008;**33**(2):121-6.
16. Turgut S, Bagis B. Effect of resin cement and ceramic thickness on final color of laminate veneers: an in vitro study. *J Prosthet Dent* 2013;**109**(3):179-86.

17. Chu SJ, Mieleszko AJ. Color-matching strategies for non-vital discolored teeth: part 1. Laboratory ceramic veneer fabrication solutions. *J Esthet Restor Dent* 2014;**26**(4):240-6.
18. Ghinea R, Perez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent* 2010;**38 Suppl 2**:e57-64.
19. Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent* 2015;**27 Suppl 1**:S1-9.
20. Basegio MM, Pecho OE, Ghinea R, Perez MM, Della Bona A. Masking ability of indirect restorative systems on tooth-colored resin substrates. *Dent Mater* 2019;**35**(6):e122-e30.
21. Alqahtani MQ, Aljuraiss RM, Alshaafi MM. The effects of different shades of resin luting cement on the color of ceramic veneers. *Dent Mater J* 2012;**31**(3):354-61.
22. Ai J, Shao LQ, Zhou SY, Wang LL, Hu C, Deng B, et al. Effect of Resin Cements for Porcelain Veneers on the Color Stability after Accelerated Ageing. *Adv Mat Res*; 2013: Trans Tech Publ; 2013. p. 216-20.

Table 1. Means (standard deviations) for color difference (ΔE_{00}) for the four clinical conditions evaluated

Clinical variables	Baseline vs. prepared tooth			Baseline vs. luted ceramic			Prepared tooth vs. luted ceramic			Ceramic over substrate vs. luted ceramic		
	n	ΔE_{00}	p value	n	ΔE_{00}	p value	n	ΔE_{00}	p value	n	ΔE_{00}	p value
Baseline shade			<0.002*			<0.001*			0.005*			0.600
Lighter	67	4.70 (3.63)		67	5.34 (2.50)		67	6.10 (2.67)		62	3.63 (1.94)	
Darker	21	8.79 (7.07)		21	9.72 (4.57)		21	7.90 (2.86)		20	3.39 (2.03)	
Substrate shade			0.014*			0.215			<0.001*			0.136
Lighter	57	5.33 (5.65)		57	6.23 (3.88)		59	5.52 (2.00)		56	3.62 (1.79)	
Darker	31	6.32 (3.31)		31	6.67 (3.11)		36	8.24 (3.00)		33	3.21 (2.16)	
Ceramic thickness						0.024*			0.014*			0.008*
< 1 mm	-	-		52	5.69 (3.25)		52	5.90 (2.40)		49	3.86 (1.92)	
≥1 mm	-	-		36	7.39 (3.91)		43	7.34 (2.96)		41	2.93 (1.85)	
Luting agent shade value						0.234			0.043*			0.786
Low value	-	-		49	6.91 (4.25)		49	6.01 (2.82)		49	3.53 (1.96)	
Medium value	-	-		30	5.99 (2.40)		37	7.22 (2.36)		31	3.50 (1.95)	
High value	-	-		9	4.89 (2.83)		9	6.75 (3.53)		9	2.96 (1.84)	

*Statistically significant difference (p<0.05).

Table 2. Means (standard deviations) for individual CIE L* color coordinate for baseline, prepared tooth, ceramic over substrate and luted ceramic

Variables	n	L* Baseline	p value	n	L* Prepared tooth	p value	n	L* Ceramic over substrate	p value	n	L* Luted ceramic	p value
Baseline shade			<0.001*			0.050*			0.057			0.325
Lighter	67	81.02 (6.53)		67	82.09 (6.02)		62	81.39 (3.25)		67	79.33 (3.26)	
Darker	21	69.63 (8.40)		21	79.30 (6.95)		20	79.65 (4.28)		21	78.47 (4.11)	
Substrate shade			<0.001*			<0.001*			0.445			0.651
Lighter	57	80.33 (8.81)		59	84.29 (3.99)		56	81.21 (3.04)		59	79.10 (2.67)	
Darker	31	74.57 (6.55)		36	76.87 (6.55)		33	80.43 (4.19)		36	79.43 (4.35)	
Ceramic thickness			-			-			0.889			0.561
< 1 mm	52	-		-			48	80.97 (3.35)		52	79.04 (2.85)	
≥1 mm	36	-		-			41	80.87 (3.73)		43	79.45 (3.97)	
Luting agent shade value			-			-			0.004*			<0.001*
Low value	49	-		-			49	80.85 (3.09)		49	77.95 (3.62)	
Medium value	30	-		-			31	80.00 (3.80)		37	80.52 (2.53)	
High value	9	-		-			9	84.51 (2.52)		9	80.86 (2.63)	

*Statistically significant difference ($p \leq 0.05$).

Table 3. Means (standard deviations) for individual CIE a* color coordinate for baseline, prepared tooth, ceramic over substrate and luted ceramic

Variables	n	a*	p value	n	a*	p value	n	a*	p value	n	a*	p value
		Baseline			Prepared tooth			Ceramic over substrate			Luted ceramic	
Baseline shade			<0.001*			0.004*			0.078			0.004*
Lighter	67	-1.31 (1.17)		67	-0.95 (1.54)		62	-0.57 (1.17)		67	-0.78 (0.79)	
Darker	21	0.93 (2.43)		21	-0.10 (1.51)		20	-0.16 (0.50)		21	-0.21 (0.65)	
Substrate shade			<0.001*			<0.001*			0.008*			<0.001*
Lighter	57	-1.11 (1.93)		59	-1.47 (0.73)		56	-0.69 (1.09)		59	-0.95 (0.70)	
Darker	31	-0.16 (1.46)		36	1.01 (1.81)		33	-0.07 (0.77)		36	-0.22 (0.67)	
Ceramic thickness			-			-			0.738			0.329
< 1 mm	52	-			-		48	-0.54 (1.19)		52	-0.74 (0.79)	
≥1 mm	36	-			-		41	-0.37 (0.79)		43	-0.59 (0.76)	
Luting agent shade value			-			-			0.042*			0.002*
Low value	49	-			-		49	0.69 (1.20)		49	-0.78 (0.74)	
Medium value	30	-			-		31	-0.08 (0.68)		37	-0.37 (0.63)	
High value	9	-			-		9	-0.51 (0.46)		9	-1.30 (1.02)	

*Statistically significant difference ($p < 0.05$).

Table 4. Means (standard deviations) for individual CIE b* color coordinate for baseline, prepared tooth, ceramic over substrate and luted ceramic

Variables	n	b*	p value	n	b*	p value	n	b*	p value	n	b*	p value
		Baseline		Prepared tooth			Ceramic over substrate			Luted ceramic		
Baseline shade			<0.001*			<0.001*			0.105			0.003*
Lighter	67	13.53 (3.70)		67	17.24 (5.43)		62	13.39 (3.68)		67	12.06 (3.79)	
Darker	21	22.28 (4.88)		21	24.45 (4.99)		20	15.89 (4.50)		21	15.09 (4.36)	
Substrate shade			<0.001*			=0.425			0.747			0.028*
Lighter	57	13.56 (4.60)		59	15.65 (3.77)		56	13.89 (4.37)		59	12.24 (3.87)	
Darker	31	19.39 (4.98)		36	25.54 (4.18)		33	14.43 (2.95)		36	14.11 (4.15)	
Ceramic thickness									0.590			0.101
< 1 mm	52						48	13.96 (3.88)		52	12.32 (3.98)	
≥1 mm	36						41	14.24 (3.95)		43	13.70 (4.07)	
Luting agent shade value									0.174			0.158
Low value	49						49	13.40 (4.11)		49	13.05 (4.06)	
Medium value	30						31	14.77 (3.74)		37	12.27 (4.10)	
High value	9						9	15.52 (2.46)		9	15.14 (3.36)	

*Statistically significant difference ($p < 0.05$).

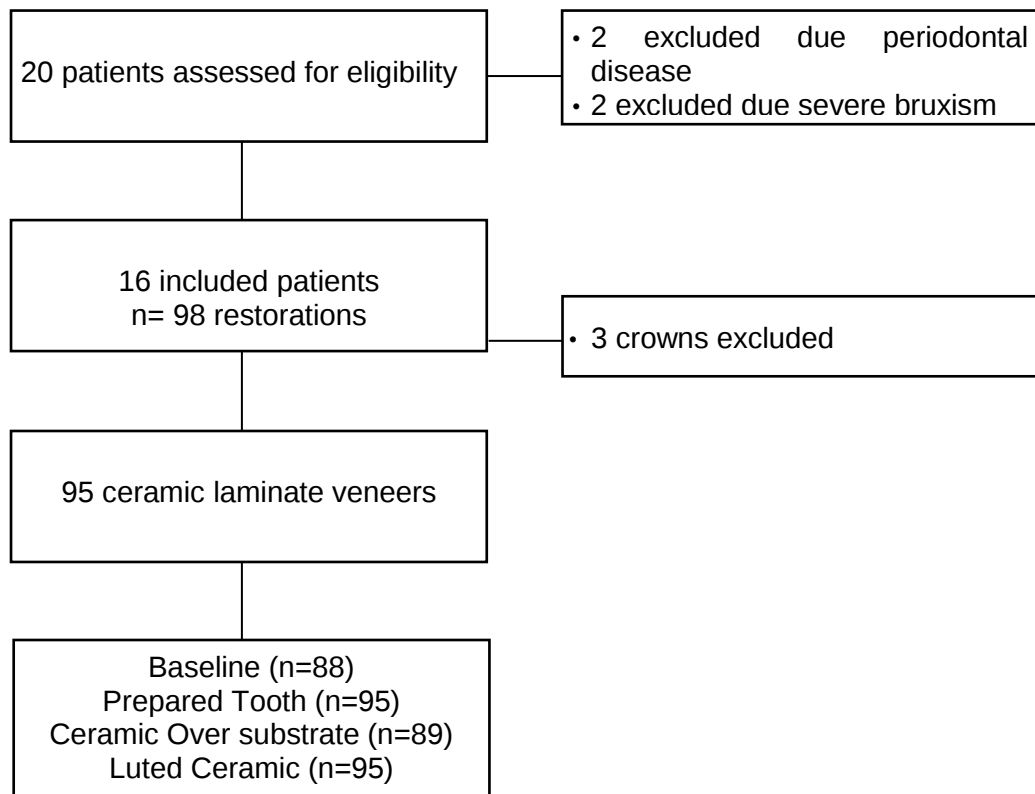
Figures

Figure 1. Flow diagram of the clinical trial.

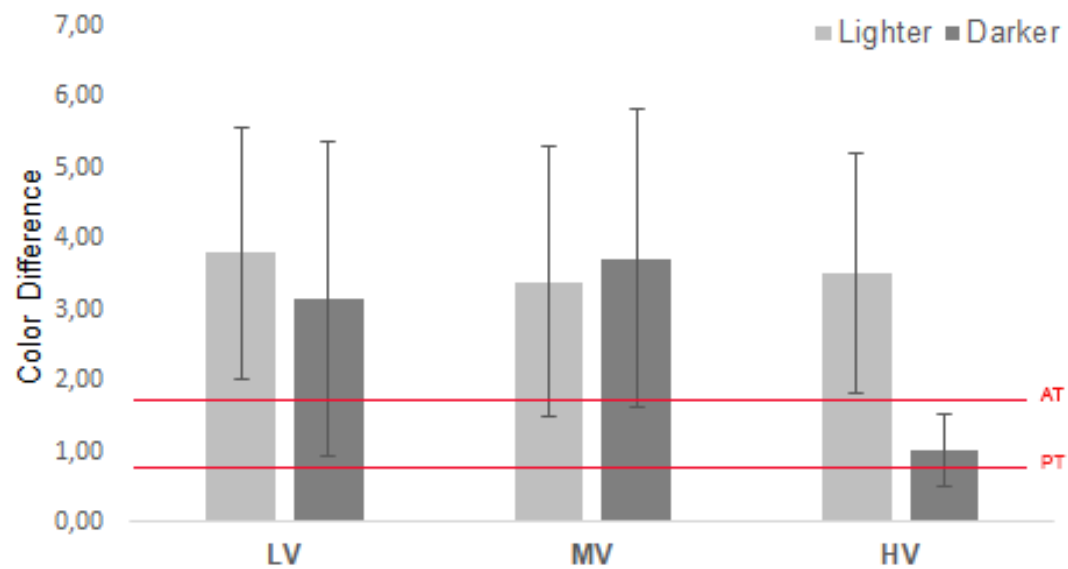


Figure 2: Color Difference (means + standard deviation) of ceramic over substrate versus luted ceramic for resin-based luting agents (Low value [LV]; Medium value [MV] and High value [HV]) depending on the shaded of the substrate (Lighter or Darker). Lines indicate acceptability (AT) and perceptibility (PT) threshold values.

7 Considerações finais

Considerando os resultados obtidos quando avaliadas as facetas em resina observou-se a importância do conhecimento das diferenças de cor e opacidade dos material de escolha e nas facetas em cerâmica concluímos que a cor do agente de cimentação, a espessura e opacidade da cerâmica estão associadas com o resultado de cor final. Assim, a reprodução das propriedades ópticas de dentes naturais é um processo complexo, por isso torna-se importante o correto planejamento e adequada escolha do material restaurador principalmente em casos de substratos escurecidos.

Referências

- AI, J.; SHAO, L. Q.; ZHOU, S. Y.; WANG, L. L.; HU, C.; DENG, B. ; WEN, N. Effect of Resin Cements for Porcelain Veneers on the Color Stability after Accelerated Ageing. **Advanced Materials Research**, v.624, n.Issue, p.216-220, 2013.
- ALMEIDA, J. R.; SCHMITT, G. U.; KAIZER, M. R.; BOSCATO, N. ; MORAES, R. R. Resin-based luting agents and color stability of bonded ceramic veneers. **J Prosthet Dent**, v.114, n.2, p.272-7, 2015.
- ALOTHMAN, Y. ; BAMASOUD, M. S. The Success of Dental Veneers According To Preparation Design and Material Type. **Open Access Maced J Med Sci**, v.6, n.12, p.2402-2408, 2018.
- ALQAHTANI, M. Q.; ALJURAI, R. M. ; ALSHAAFI, M. M. The effects of different shades of resin luting cement on the color of ceramic veneers. **Dent Mater J**, v.31, n.3, p.354-61, 2012.
- AN, J. S.; SON, H. H.; QADEER, S.; JU, S. W. ; AHN, J. S. The influence of a continuous increase in thickness of opaque-shade composite resin on masking ability and translucency. **Acta Odontol Scand**, v.71, n.1, p.120-9, 2013.
- ARIF, R.; DENNISON, J. B.; GARCIA, D. ; YAMAN, P. Retrospective evaluation of the clinical performance and longevity of porcelain laminate veneers 7 to 14 years after cementation. **J Prosthet Dent**, v.122, n.1, p.31-37, 2019.
- AZER, S. S.; ROSENSTIEL, S. F.; SEGHI, R. R. ; JOHNSTON, W. M. Effect of substrate shades on the color of ceramic laminate veneers. **J Prosthet Dent**, v.106, n.3, p.179-83, 2011.
- BASEGIO, M. M.; PECHO, O. E.; GHINEA, R.; PEREZ, M. M. ; DELLA BONA, A. Masking ability of indirect restorative systems on tooth-colored resin substrates. **Dent Mater**, v.35, n.6, p.e122-e130, 2019.
- BEGUM, Z.; CHHEDA, P.; SHRUTHI, C. S. ; SONIKA, R. Effect of Ceramic Thickness and Luting Agent Shade on the Color Masking Ability of Laminate Veneers. **J Indian Prosthodont Soc**, v.14, n.Suppl 1, p.46-50, 2014.
- BEIER, U. S.; KAPFERER, I. ; DUMFAHRT, H. Clinical long-term evaluation and failure characteristics of 1,335 all-ceramic restorations. **Int J Prosthodont**, v.25, n.1, p.70-8, 2012.
- BLUM, S. L.; HORN, M. ; OLMS, C. A comparison of intraoral spectrophotometers- Are there user-specific differences? **J Esthet Restor Dent**, v.30, n.5, p.442-448, 2018.

BOSCATO, N.; HAUSCHILD, F. G.; KAIZER MDA, R. ; DE MORAES, R. R. Effectiveness of Combination of Dentin and Enamel Layers on the Masking Ability of Porcelain. *Braz Dent J*, v.26, n.6, p.654-9, 2015.

BOSENBECKER, J.; BARBON, F. J.; DE SOUZA FERREIRA, N.; MORGENTAL, R. D. ; BOSCATO, N. Tooth discoloration caused by endodontic treatment: A cross-sectional study. *J Esthet Restor Dent*, 2020.

BRANDT, J.; NELSON, S.; LAUER, H. C.; VON HEHN, U. ; BRANDT, S. In vivo study for tooth colour determination-visual versus digital. *Clin Oral Investig*, v.21, n.9, p.2863-2871, 2017.

CHAIYABUTR, Y.; KOIS, J. C.; LEBEAU, D. ; NUNOKAWA, G. Effect of abutment tooth color, cement color, and ceramic thickness on the resulting optical color of a CAD/CAM glass-ceramic lithium disilicate-reinforced crown. *J Prosthet Dent*, v.105, n.2, p.83-90, 2011.

CHEN, X. D.; HONG, G.; XING, W. Z. ; WANG, Y. N. The influence of resin cements on the final color of ceramic veneers. *J Prosthodont Res*, v.59, n.3, p.172-7, 2015.

CLARY, J. A.; ONTIVEROS, J. C.; CRON, S. G. ; PARAVINA, R. D. Influence of light source, polarization, education, and training on shade matching quality. *J Prosthet Dent*, v.116, n.1, p.91-7, 2016.

CHU, S. J. ; MIELESZKO, A. J. Color-matching strategies for non-vital discolored teeth: part 1. Laboratory ceramic veneer fabrication solutions. *J Esthet Restor Dent*, v.26, n.4, p.240-6, 2014.

CHU, S. J.; TRUSHKOWSKY, R. D. ; PARAVINA, R. D. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent*, v.38 Suppl 2, p.e2-16, 2010.

DELLA BONA, A.; BARRETT, A. A.; ROSA, V. ; PINZETTA, C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dent Mater*, v.25, n.2, p.276-81, 2009.

DELLA BONA, A.; NOGUEIRA, A. D. ; PECHO, O. E. Optical properties of CAD-CAM ceramic systems. *J Dent*, v.42, n.9, p.1202-9, 2014.

DIETSCHI, D. ; FAHL, N., JR. Shading concepts and layering techniques to master direct anterior composite restorations: an update. *Br Dent J*, v.221, n.12, p.765-771, 2016.

DOZIC, A.; KLEVERLAAN, C. J.; MEEGDES, M.; VAN DER ZEL, J. ; FEILZER, A. J. The influence of porcelain layer thickness on the final shade of ceramic restorations. *J Prosthet Dent*, v.90, n.6, p.563-70, 2003.

- DOZIC, A.; TSAGKARI, M.; KHASHAYAR, G. ; ABOUSHELIB, M. Color management of porcelain veneers: influence of dentin and resin cement colors. **Quintessence Int**, v.41, n.7, p.567-73, 2010.
- EDELHOFF, D.; LIEBERMANN, A.; BEUER, F.; STIMMELMAYR, M. ; GUTH, J. F. Minimally invasive treatment options in fixed prosthodontics. **Quintessence Int**, v.47, n.3, p.207-16, 2016.
- ELGENDY, H.; MAIA, R. R.; SKIFF, F.; DENEHY, G. ; QIAN, F. Comparison of light propagation in dental tissues and nano-filled resin-based composite. **Clin Oral Investig**, v.23, n.1, p.423-433, 2019.
- FARIAS-NETO, A.; DE MEDEIROS, F. C. D.; VILANOVA, L.; SIMONETTI CHAVES, M. ; FREIRE BATISTA DE ARAUJO, J. J. Tooth preparation for ceramic veneers: when less is more. **Int J Esthet Dent**, v.14, n.2, p.156-164, 2019.
- GHINEA, R.; PEREZ, M. M.; HERRERA, L. J.; RIVAS, M. J.; YEBRA, A. ; PARAVINA, R. D. Color difference thresholds in dental ceramics. **J Dent**, v.38 Suppl 2, p.e57-64, 2010.
- GRESNIGT, M. M.; KALK, W. ; OZCAN, M. Randomized clinical trial of indirect resin composite and ceramic veneers: up to 3-year follow-up. **J Adhes Dent**, v.15, n.2, p.181-90, 2013.
- GRESNIGT, M. M.; KALK, W. ; OZCAN, M. Randomized controlled split-mouth clinical trial of direct laminate veneers with two micro-hybrid resin composites. **J Dent**, v.40, n.9, p.766-75, 2012.
- GRESNIGT, M. M. M.; CUNE, M. S.; JANSEN, K.; VAN DER MADE, S. A. M. ; OZCAN, M. Randomized clinical trial on indirect resin composite and ceramic laminate veneers: Up to 10-year findings. **J Dent**, v.86, p.102-109, 2019.
- GRESNIGT, M. M. M.; CUNE, M. S.; SCHUITMAKER, J.; VAN DER MADE, S. A. M.; MEISBERGER, E. W.; MAGNE, P. ; OZCAN, M. Performance of ceramic laminate veneers with immediate dentine sealing: An 11 year prospective clinical trial. **Dent Mater**, v.35, n.7, p.1042-1052, 2019.
- IGIEL, C.; LEHMANN, K. M.; GHINEA, R.; WEYHRAUCH, M.; HANGX, Y.; SCHELLER, H. ; PARAVINA, R. D. Reliability of visual and instrumental color matching. **J Esthet Restor Dent**, v.29, n.5, p.303-308, 2017.
- IKEDA, T.; MURATA, Y. ; SANO, H. Translucency of opaque-shade resin composites. **Am J Dent**, v.17, n.2, p.127-30, 2004.
- IKEDA, T.; SIDHU, S. K.; OMATA, Y.; FUJITA, M. ; SANO, H. Colour and translucency of opaque-shades and body-shades of resin composites. **Eur J Oral Sci**, v.113, n.2, p.170-3, 2005.

KANDIL, B. S. M.; HAMDY, A. M.; ABOELFADL, A. K. ; EL-ANWAR, M. I. Effect of ceramic translucency and luting cement shade on the color masking ability of laminate veneers. **Dent Res J (Isfahan)**, v.16, n.3, p.193-199, 2019.

KIM, S. J.; SON, H. H.; CHO, B. H.; LEE, I. B. ; UM, C. M. Translucency and masking ability of various opaque-shade composite resins. **J Dent**, v.37, n.2, p.102-7, 2009.

L'ECLAIRAGE), C. C. I. D. Colorimetry: official recommendations of the International Commission. **Journal**, v.CIE Pub. No. 15 : , n.Issue, 2004.

LIBERATO, W. F.; BARRETO, I. C.; COSTA, P. P.; DE ALMEIDA, C. C.; PIMENTEL, W. ; TIOSSI, R. A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study. **J Prosthet Dent**, v.121, n.2, p.271-275, 2019.

MARCHIONATTI, A. M. E.; WANDSCHER, V. F.; MAY, M. M.; BOTTINO, M. A. ; MAY, L. G. Color stability of ceramic laminate veneers cemented with light-polymerizing and dual-polymerizing luting agent: A split-mouth randomized clinical trial. **J Prosthet Dent**, v.118, n.5, p.604-610, 2017.

MEIJERING, A. C.; CREUGERS, N. H.; ROETERS, F. J. ; MULDER, J. Survival of three types of veneer restorations in a clinical trial: a 2.5-year interim evaluation. **J Dent**, v.26, n.7, p.563-8, 1998.

MEIRELES, S. S.; DEMARCO, F. F.; DOS SANTOS IDA, S.; DUMITH SDE, C. ; BONA, A. D. Validation and reliability of visual assessment with a shade guide for tooth-color classification. **Oper Dent**, v.33, n.2, p.121-6, 2008.

MIOTTI, L. L.; SANTOS, I. S.; NICOLOSO, G. F.; POZZOBON, R. T.; SUSIN, A. H. ; DURAND, L. B. The Use of Resin Composite Layering Technique to Mask Discolored Background: A CIELAB/CIEDE2000 Analysis. **Oper Dent**, v.42, n.2, p.165-174, 2017.

MORIMOTO, S.; ALBANESI, R. B.; SESMA, N.; AGRA, C. M. ; BRAGA, M. M. Main Clinical Outcomes of Feldspathic Porcelain and Glass-Ceramic Laminate Veneers: A Systematic Review and Meta-Analysis of Survival and Complication Rates. **Int J Prosthodont**, v.29, n.1, p.38-49, 2016.

NEJATIDANESH, F.; SAVABI, G.; AMJADI, M.; ABBASI, M. ; SAVABI, O. Five year clinical outcomes and survival of chairside CAD/CAM ceramic laminate veneers - a retrospective study. **J Prosthodont Res**, v.62, n.4, p.462-467, 2018.

OZTURK, E.; BOLAY, S.; HICKEL, R. ; ILIE, N. Effects of ceramic shade and thickness on the micro-mechanical properties of a light-cured resin cement in different shades. **Acta Odontol Scand**, v.73, n.7, p.503-7, 2015.

PARAVINA, R. D.; GHINEA, R.; HERRERA, L. J.; BONA, A. D.; IGIEL, C.; LINNINGER, M.; SAKAI, M.; TAKAHASHI, H.; TASHKANDI, E. ; PEREZ MDEL, M.

Color difference thresholds in dentistry. **J Esthet Restor Dent**, v.27 Suppl 1, p.S1-9, 2015.

PARAVINA, R. D.; PEREZ, M. M. ; GHINEA, R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. **J Esthet Restor Dent**, v.31, n.2, p.103-112, 2019.

PECHO, O. E.; GHINEA, R.; ALESSANDRETTI, R.; PEREZ, M. M. ; DELLA BONA, A. Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. **Dent Mater**, v.32, n.1, p.82-92, 2016.

PEREZ, B. G.; MIOTTI, L. L.; SUSIN, A. H. ; DURAND, L. B. The Use of Composite Layering Technique to Mask a Discolored Background: Color Analysis of Masking Ability After Aging-Part II. **Oper Dent**, v.44, n.5, p.488-498, 2019.

PERRONI, A. P.; AMARAL, C.; KAIZER, M. R.; MORAES, R. R. ; BOSCATO, N. Shade of Resin-Based Luting Agents and Final Color of Porcelain Veneers. **J Esthet Restor Dent**, v.28, n.5, p.295-303, 2016.

PERRONI, A. P.; BERGOLI, C. D.; DOS SANTOS, M. B. F.; MORAES, R. R. ; BOSCATO, N. Spectrophotometric analysis of clinical factors related to the color of ceramic restorations: A pilot study. **J Prosthet Dent**, v.118, n.5, p.611-616, 2017.

PERRONI, A. P.; KAIZER, M. R.; DELLA BONA, A.; MORAES, R. R. ; BOSCATO, N. Influence of light-cured luting agents and associated factors on the color of ceramic laminate veneers: A systematic review of in vitro studies. **Dent Mater**, v.34, n.11, p.1610-1624, 2018.

PISSAIA, J. F.; GUANAES, B. K. A.; KINTOPP, C. C. A.; CORRER, G. M.; DA CUNHA, L. F. ; GONZAGA, C. C. Color stability of ceramic veneers as a function of resin cement curing mode and shade: 3-year follow-up. **PLoS One**, v.14, n.7, p.e0219183, 2019.

PRIETO, L. T.; ARAUJO, C. T.; DE OLIVEIRA, D. C.; DE AZEVEDO VAZ, S. L.; D'ARCE, M. B. ; PAULILLO, L. A. Minimally invasive cosmetic dentistry: smile reconstruction using direct resin bonding. **Gen Dent**, v.62, n.1, p.e28-31, 2014.

RADZ, G. M. Minimum thickness anterior porcelain restorations. **Dent Clin North Am**, v.55, n.2, p.353-70, ix, 2011.

ROSENTRITT, M.; SAWALJANOW, A.; BEHR, M.; KOLBECK, C. ; PREIS, V. Effect of tooth brush abrasion and thermo-mechanical loading on direct and indirect veneer restorations. **Clin Oral Investig**, v.19, n.1, p.53-60, 2015.

RYAN, E. A.; TAM, L. E. ; MCCOMB, D. Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials. **J Can Dent Assoc**, v.76, p.a84, 2010.

SEKUNDO, C. ; FRESE, C. Underlying Resin Infiltration and Direct Composite Veneers for the Treatment of Severe White Color Alterations of the Enamel: Case Report and 13-Month Follow-Up. **Oper Dent**, v.45, n.1, p.10-18, 2020.

SHADMAN, N.; KANDI, S. G.; EBRAHIMI, S. F. ; SHOUL, M. A. The minimum thickness of a multilayer porcelain restoration required for masking severe tooth discoloration. **Dent Res J (Isfahan)**, v.12, n.6, p.562-8, 2015.

SHARMA, G., WU, W., & DALAL, E. N. The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. **Color Research and Application**, v.30(1), p.21-30, 2005.

SHIBATA, S.; TAGUCHI, C.; GONDO, R.; STOLF, S. C. ; BARATIERI, L. N. Ceramic Veneers and Direct-Composite Cases of Amelogenesis Imperfecta Rehabilitation. **Oper Dent**, v.41, n.3, p.233-42, 2016.

SIKRI, V. K. Color: Implications in dentistry. **J Conserv Dent**, v.13, n.4, p.249-55, 2010.

SILAMI, F. D.; TONANI, R.; ALANDIA-ROMAN, C. C. ; PIRES-DE-SOUZA FDE, C. Influence of Different Types of Resin Luting Agents on Color Stability of Ceramic Laminate Veneers Subjected to Accelerated Artificial Aging. **Braz Dent J**, v.27, n.1, p.95-100, 2016.

TURGUT, S. ; BAGIS, B. Colour stability of laminate veneers: an in vitro study. **J Dent**, v.39 Suppl 3, p.e57-64, 2011.

TURGUT, S. ; BAGIS, B. Effect of resin cement and ceramic thickness on final color of laminate veneers: an in vitro study. **J Prosthet Dent**, v.109, n.3, p.179-86, 2013.

TURGUT, S.; BAGIS, B. ; AYAZ, E. A. Achieving the desired colour in discoloured teeth, using leucite-based CAD-CAM laminate systems. **J Dent**, v.42, n.1, p.68-74, 2014.

XING, W.; CHEN, X.; REN, D.; ZHAN, K. ; WANG, Y. The effect of ceramic thickness and resin cement shades on the color matching of ceramic veneers in discolored teeth. **Odontology**, v.105, n.4, p.460-466, 2017.

YANIKIAN, C.; YANIKIAN, F.; SUNDFELD, D.; LINS, R. ; MARTINS, L. Direct Composite Resin Veneers in Nonvital Teeth: A Still Viable Alternative to Mask Dark Substrates. **Oper Dent**, v.44, n.4, p.E159-E166, 2019.

Apêndices

Apêndice A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

1/3

Fatores relacionados às propriedades ópticas de laminados cerâmicos observadas antes e após a cimentação – Ensaio clínico randomizado

APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Fui informado de que as pesquisadoras responsáveis por este estudo são: Noéli Boscato, professora do curso de Odontologia da UFPel – portadora do CPF: 684568750/15, RG: 2039816381, estabelecida na Rua Gonçalves Chaves, 457, 96015-560, Pelotas, RS, cujo telefone de contato é (53) 9953-0000 e Ana Paula Perroni, aluna de mestrado na Área de Prótese Dentária da UFPel, portadora do CPF: 012746179/14, RG:1088284938, estabelecida na Dom Pedro II, 912/501, no município de Pelotas, cujo telefone é (53) 8110-0411. Estou ciente de que estas irão desenvolver uma pesquisa cujo título é **"Fatores relacionados às propriedades ópticas de laminados cerâmicos observadas antes e após a cimentação – Ensaio clínico randomizado"**, sendo que o objetivo principal será avaliar os fatores relacionados à variação de cor de laminados cerâmicos antes e após a cimentação. Fui esclarecido de que o laminado cerâmico é uma "capinha" colocada na frente do dente para melhorar sua cor e forma e que será comparada a cor do dente antes, durante e após o tratamento para que possam investigar quais são os fatores que influenciam na alteração da cor.

Minha participação nesta pesquisa é voluntária, onde serão efetuadas as restaurações e serão realizadas avaliações da cor do dente antes, durante e no momento da finalização do tratamento. Estou ciente de que serão utilizados materiais e procedimentos rotineiramente usados na prática clínica assim como é feito em qualquer procedimento em consultório e que não serei exposto a nenhum risco desnecessário ou dano devido à participação neste estudo e serão tratados com a melhor tecnologia disposta atualmente para que os aspectos estéticos e funcionais sejam obtidos, beneficiando-me assim com a reabilitação estética do sorriso.

2/3

Fatores relacionados às propriedades ópticas de laminados cerâmicos observadas antes e após a cimentação – Ensaio clínico randomizado

Fui informado que os participantes do estudo serão divididos em dois grupos por meio de randomização (sorteio) para seleção do agente de cimentação a ser utilizado, com o objetivo de comparar qual dos dois materiais apresentará melhor desempenho estético na restauração.

Fui informado que esta pesquisa cumpre com as exigências contidas na Resolução CNS Nº 466/2012 e que tenho a garantia de acesso, em qualquer etapa do estudo, sobre qualquer esclarecimento de eventuais dúvidas e que terei direito à assistência e acompanhamento posterior ao encerramento e/ou a interrupção da pesquisa. Também que se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, bem como alguma urgência relativa ao procedimento realizado durante a pesquisa, poderei entrar em contato com os responsáveis pelo estudo. Estou ciente que tenho a liberdade de retirada do consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer penalização.

Estou ciente de, conforme todos os procedimentos de prótese dentária executados dentro da Faculdade de Odontologia, não será cobrado nenhum custo pelos procedimentos clínicos, mas terei que custear os serviços de laboratório de prótese dentária, sendo os valores informados previamente ao início do tratamento.

Ficou claro que as informações obtidas serão mantidas em sigilo e de forma nenhuma serão associados ao meu nome e que tenho o direito de me manter atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas e caso seja solicitado, receberei as informações pedidas. Estou ciente de que os dados coletados serão utilizados somente para pesquisa e os resultados serão mostrados através de artigos científicos em revistas especializadas e ou em encontros científicos, sem nunca tornar possível minha identificação.

Acredito ter sido suficientemente esclarecido a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo: **"Fatores relacionados às propriedades ópticas de laminados cerâmicos observadas antes e após a cimentação – Ensaio clínico randomizado"**. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, as alternativas terapêuticas para a reabilitação, os procedimentos a serem realizados, os desconfortos e riscos, as garantias de confiabilidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que tenho garantia do acesso aos resultados e de esclarecer as minhas dúvidas em qualquer momento.

3/3

Fatores relacionados às propriedades ópticas de laminados cerâmicos observadas antes e após a cimentação – Ensaio clínico randomizado

Concordo voluntariamente em participar deste estudo e que poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido.

Este termo será devidamente assinado em duas vias e uma das vias será entregue ao paciente.

Assinatura do entrevistado

Nome:

End:

RG:

Fone:

Data: _____

Assinatura do Pesquisador(a)

Data: _____

Apêndice B - Ficha clínica

DADOS

Nome: _____

Endereço: _____

Telefone: (____) _____

Gênero: _____

Nascimento: __/__/__ Idade: _____

Naturalidade: _____

Data do exame: __/__/__

Profissão: _____

Escolaridade: _____

Renda mensal: _____

HISTÓRIA MÉDICA

Sofre de alguma doença? () Sim () Não – Quais?

Gravidez? () Sim () Não

Está em tratamento médico atualmente? () Sim () Não

Se sim, quais medicamentos utiliza? _____

Observações _____

DIAGNÓSTICO DE BRUXISMO

Presença de desgaste dentário de acordo com a classificação de Johnasson:

() 0- Ausente;

() 1- Desgaste apenas em esmalte;

() 2- Desgaste em esmalte e dentina;

() 3- Desgaste até 1/3 da coroa dentária;

() 4- Desgaste maior 1/3 da coroa dentária

Declaro que as informações acima prestadas são totalmente verdadeiras.

Pelotas, __/__/__.

Assinatura do Paciente ou Responsável Legal

Anexos

Anexo A – Carta de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Fatores relacionados às propriedades ópticas de laminados cerâmicos observadas antes e após a cimentação - Ensaio clínico randomizado

Pesquisador: Noéli Boscato

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 38128314.9.0000.5318

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas/ FO-UFPel

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 905.099

Data da Relatoria: 08/12/2014

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um ensaio clínico controlado e randomizado que busca investigar as propriedades ópticas de laminados cerâmicos antes e após a cimentação de restaurações estéticas em dentes de seres humanos, dos pacientes atendidos no serviço de Odontologia Restauradora da Área de Prótese Dentária da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo principal da pesquisa é verificar a influência do agente de cimentação, da cor e espessura de laminados cerâmicos e do substrato dental nas propriedades ópticas de laminados cerâmicos. Também se propõe a realizar aferição visual pelo operador com base nas escalas Vita e 3D Master para avaliação do nível de concordância entre a cor observada pelo operador e a cor denominada pelo espectrofotômetro (padrão-ouro).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Foram mencionados no TCLE e nos aspectos éticos do projeto. Esclarecem que serão utilizados materiais e procedimentos de rotina na prática clínica assim como é feito em qualquer procedimento em consultório e o paciente não será exposto a nenhum risco desnecessário ou dano devido à participação neste estudo.

Endereço: Rua Gonçalves Chaves, 457

Bairro: Centro

CEP: 96.015-560

UF: RS

Município: PELOTAS

Telefone: (53)3222-4439

Fax: (53)3222-4439

E-mail: cep.fop@gmail.com

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE



Continuação do Parecer: 925.099

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Especificaram a hipótese testada, esperam não encontrar diferença entre os grupos.

Esclareceram nos objetivos que o cimento resinoso fotopolimerizável será o grupo controle e a resina composta fluida será o grupo teste

Com relação à amostra, esclareceram que cada um dos 62 laminados cerâmicos será uma unidade amostral avaliada isoladamente.

Sobre o tempo de avaliação clínica, os pesquisadores esclarecem que os pacientes serão acompanhados anualmente, até que se complete 10 anos após a cimentação.

O orçamento foi apresentado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos apresentados. TCLE foi adequado, adicionando a informação de que os participantes do estudo serão divididos em dois grupos por meio de randomização (sorteio) para seleção do agente de cimentação a ser utilizado, com o objetivo de comparar qual dos dois materiais apresentará melhor desempenho estético na restauração.

Recomendações:

Nenhuma

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Nenhuma

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Gonçalves Chaves, 457

Bairro: Centro

CEP: 96.015-560

UF: RS

Município: PELOTAS

Telefone: (53)3222-4439

Fax: (53)3222-4439

E-mail: cep.fop@gmail.com