

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO ODONTOLOGIA
CURSO ODONTOLOGIA

Daniel da Cruz

**INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA CAMADA DE ESMALTE NO VALOR E NA
COR FINAL DE ESTRATIFICAÇÕES DE RESINA COMPOSTA –
ESTUDO PILOTO**

Florianópolis

2023

Daniel da Cruz

**INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DA CAMADA DE ESMALTE NO VALOR E NA
COR FINAL DE ESTRATIFICAÇÕES DE RESINA COMPOSTA –
ESTUDO PILOTO**

Projeto de Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Odontologia do Centro de Ciência da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção de título de Cirurgião-Dentista.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Analucia Gebler Philippi
Coorientador: Gabriela Panca Sabatini

Florianópolis

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer à **Deus** por ser a minha base, fonte da minha força e coragem para superar todos os desafios da vida.

Aos meus pais **Noel da Cruz** e **Marisa Marçal da Cruz**, por acreditarem em mim e darem todo o apoio em minhas escolhas. Através da sua dedicação e anos de esforço, pude realizar o meu sonho e alcançar os meus objetivos. Graças à vocês, hoje posso dizer que o que sou é reflexo de seu sacrifício e persistência, e que irei continuar evoluindo à cada dia sem jamais perder a minha essência.

Aos meus irmãos **Luis Ricardo Jackubiu**, **Débora Dalila da Cruz** e **Davi Natanael da Cruz**, obrigada pelo amor e carinho. Mesmo estando mais distante de vocês nesse período de graduação, sei que estiveram sempre à disposição para me ajudar nos momentos em que precisava.

À todos os meus sobrinhos **Isabelly**, **Isadora**, **Luiz André**, **Arthur** e **Henrique** pela compreensão, pois passei grande parte de sua infância mais afastado. Amo muito cada um de vocês e lhes desejo que também possam realizar os seus sonhos pessoais e profissionais no futuro.

À minha avó **Leondina Marçal da Cruz**, por me colocar sempre em suas orações e me ensinar, através de seu exemplo, a importância da modéstia e generosidade na vida.

Aos meus **tios** e **tias**, que sempre acreditaram na minha capacidade e ansiaram pelo meu sucesso.

À minha dupla de graduação **Elisa de Oliveira**, quem participou dessa experiência e corroborou positivamente desde o primeiro dia de clínica. Agradeço-lhe pela amizade, parceria e aprendizado, e desejo-lhe todo o sucesso do mundo em sua jornada.

À minha professora orientadora **Analucia Gebler Philippi** e a doutoranda **Gabriela Panca Sabatini**, pelo tempo, dedicação e orientações prestadas no desenvolvimento de minhas ideias nesse trabalho. O seu incentivo, colaboração e validação tornaram esse projeto possível e gratificante.

À banca, composta pelo professor **Roberto Amaral**, mestranda **Alessandra Cadore** e o doutorando **Rangel Lidani**, por aceitar o convite, disponibilizando-se à participar desse processo.

À todos os **demais professores**, que ao longo das fases da graduação compartilharam de seu conhecimento e experiências, fundamentando assim o processo da minha capacitação profissional.

Aos **colegas de turma**, a minha segunda família, com quem dividi essa experiência maravilhosa. Desejo-lhes sucesso em suas carreiras!

Aos **pacientes** que atendi no decorrer dessa trajetória de graduação, com os quais aprimorei o meu conhecimento através da prática, vos agradeço pela confiança.

E por fim, à **Universidade Federal de Santa Catarina**, uma renomada instituição que ofereceu todo o suporte e estrutura para que eu pudesse me tornar um profissional qualificado e preparado para atuar na área.

RESUMO

Almejando maior precisão na realização de uma restauração estética semelhante ao dente natural, foi usado o protocolo estandardizado eLAB para tomada de cores $L^*a^*b^*$ e avaliado o valor de ΔL^* e o cálculo de $\Delta E00$ entre incrementos de resina composta Vittra APS (FGM) de dentina com espessura de 4mm e de diferentes espessuras de esmalte (0,5mm; 1,00mm e 1,5mm). Foram realizadas as comparações dos valores tabelados de L^* e $\Delta E00$ e discutido sobre o comportamento da resina composta e sua relevância clínica. Os resultados mostram diferenças significativas com o aumento das espessuras de esmalte, diminuindo o valor de L^* na maioria dos grupos e apresentando $\Delta E00$ incompatível, conseqüentemente, alterando a cor final da restauração.

Palavras-chave: Esmalte Dentário; Refratometria; Resina Composta; Análise Espectral.

ABSTRACT

Aiming better precision in the fabrication of an esthetic restoration like the natural tooth, the eLAB protocol was used to measure $L^*a^*b^*$, ΔL^* and ΔE_{00} between increasing thicknesses of Vittra composite resin (FGM) starting with 4mm dentin and 0,5mm; 1,00mm e 1,5mm of enamel. The obtained L^* e ΔE_{00} values were compared and the behavior of the composite resin and its clinical relevance was discussed. The results show significative differences with the increase of enamel thicknesses, decreasing L^* value in most of the groups and an incompatible ΔE_{00} , consequently altering the final color of the restoration.

Key-words: Dental Enamel; Refractometry; Composite Resins; Spectrum Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espectro da luz visível (Blog do Gráfico).....	16
Figura 2. Propriedades ópticas do dente natural (ODONTOPREV).	17
Figura 3. Sistema de cor de Munsell (Encyclopedia Britannica).....	25
Figura 4. Sistema de cor CIELAB (www.xrite.com/blog/lab-color-space).	26
Figura 5. Coordenadas de cor em L*a*b*, software Classic Color Meter (HEIN <i>et al</i> , 2017).	28
Figura 6. Protocolo da câmera fotográfica (HEIN <i>et al</i> , 2017)	28
Figura 7. Coordenadas de cor CIE L*a*b* de 147 incisivos centrais superiores intactos não restaurados (HEIN <i>et al</i> , 2017).....	29
Figura 8. Mesa de trabalho para confecção dos corpos de prova.	46
Figura 9. Verificando a espessura desejada para confecção do espécime.....	46
Figura 10. Retirada do primeiro incremento de resina.....	46
Figura 11. Compactação do primeiro incremento de resina.	46
Figura 12. Fotoativação do primeiro incremento.	46
Figura 13. Restante de incremento de resina, compactação com plástico filme policloreto de vinila (PVC) e placa de vidro para atingir a espessura uniforme.....	46
Figura 14. Fotoativação logo após a compactação da resina, juntamente com flastido filme (PVC) e a placa de vidro.....	47
Figura 15. Fotoativação final, sem o plástico filme (PVC) e a placa de vidro.	47
Figura 16. Espécime pronto, na espessura desejada.....	47
Figura 17. Matriz de silicone, o qual será colocado os espécimes para realização das fotografias para o registro da cor.....	47
Figura 18. Corpo de prova pronto para realização da fotografia.	47
Figura 19. Equipamento fotográfico utilizado.....	48
Figura 20. Imagem sendo calibrada no software eLAB_prime.	49
Figura 21. Registro de cor CIEL*a*b* pelo software Classic Color Meter.....	50
Figura 22. Software usado para calcular o ΔE_{00} (jpereira.net).....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Parâmetro de interpretação de ΔE_{00} (PARAVINA <i>et al</i> , 2015)	30
Quadro 2. Combinação de cores utilizadas resina Vittra APS.....	45
Quadro 3. Espessuras dos corpos de prova da resina Vittra APS (FGM).	48
Quadro 4. Valores das coordenadas CIEL*a*b* dos corpos de prova.....	73
Quadro 5. Comparação dos valores de L* da resina VITTRA APS (FGM).....	74
Quadro 6. Comparação entre os valores de ΔE^* da resina VITTRA APS (FGM).	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação dos valores de L^*	52
Tabela 2. Comparação entre os valores de ΔE^*	53
Tabela 3. Parâmetro de interpretação de ΔE_{00}	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. a) Comparação dos valores de L^* da resina VITTRA APS (FGM).....	52
Gráfico 1. b) Comparação dos valores de L^* da resina VITTRA APS (FGM).	52
Gráfico 1. c) Comparação dos valores de L^* da resina VITTRA APS (FGM).....	53
Gráfico 2. a) Comparação entre os valores de ΔE^* da resina VITTRA APS (FGM).	54
Gráfico 2. b) Comparação entre os valores de ΔE^* da resina VITTRA APS (FGM).	54
Gráfico 2. c) Comparação entre os valores de ΔE^* da resina VITTRA APS (FGM).	54
Gráfico 2. d) Comparação entre os valores de ΔE^* da resina VITTRA APS (FGM).	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIE – Comissão Internacional de Iluminação

ΔE – Diferença de Cor

ΔL – Diferença de Luminosidade

ΔC – Diferença de Croma

ΔH – Diferença de Matiz

R_T – Função de Rotação

K_L – Fator paramétrico da Luminosidade

K_C – Fator paramétrico do Croma

K_H – Fator paramétrico de Matiz

HA – Hidroxiapatita

HSBs – Hunter-Schreger

JDE – Junção Dentina e Esmalte

n – Índice de Refração

SS-OCT – Sistema de Tomografia de Coerência Ótica de Varredura

OPL – Comprimento do Caminho Óptico

LEDs - Diodos Emissores de Luz

UF – Resina UniFil S

PE – Resina Palfique Estelite

FA – Resina Filtek A110

TP – Parâmetro de Translucidez

FS – Resina Filtek Supreme

GD – Resina Gradie Direct

CCD – Câmera Charge-Coupled

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. Luz	16
2.2. Características Ópticas do Dente.....	17
2.2.1. Esmalte	18
2.2.2. Dentina.....	20
2.2.3. Translucidez do Dente	21
2.2.4. Opalescência do Dente	22
2.3. Índice de Refração do Esmalte e Dentina	22
2.4. Cor	24
2.5. Métodos de Seleção de Cor	27
2.5.1. Espectrofotômetro.....	27
2.5.2. Fotocolorimetria	27
2.6. Parâmetros para Avaliação Visual	30
2.7. Propriedades Ópticas da Resina Composta	31
2.7.1. Translucidez da Resina Composta	31
2.7.2. Opalescência da Resina Composta	34
2.7.3. Fotopolimerização.....	34
2.8. Técnica de Estratificação	35
2.9. Espessura das Resinas Compostas de Esmalte e Dentina	36
3. OBJETIVOS	44
3.1. Objetivo Geral	44
3.2. Objetivos Específicos	44
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
4.1. Confeção dos Corpos de Prova	45

4.1.1. Espessura dos Corpos de Prova.....	48
4.2. Avaliação Colorimétrica.....	48
4.2.1. Classic Color Meter.....	49
4.2.2. CIEDE2000.....	50
4.3. Análise Estatística.....	51
5. RESULTADOS.....	52
6. DISCUSSÃO.....	56
7. CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS.....	63
ANEXOS.....	73

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais as pessoas estão cada vez mais exigentes e preocupadas com a aparência. Sendo assim, nas restaurações estéticas, a avaliação da cor dos dentes é um passo imprescindível, porém, é desafiador para o cirurgião-dentista selecionar a cor do material restaurador. A fim de criar restaurações "invisíveis" semelhantes ao dente natural, as propriedades ópticas dos dentes naturais e dos materiais restauradores diretos e indiretos devem ser completamente compreendidas.

Os dentes humanos são compostos por várias camadas de dentina e esmalte, com características ópticas distintas, onde a cor é o resultado da interação destas estruturas com a luz. Logo, as propriedades ópticas e a espessura desses tecidos determinam a cor do dente, e com isso, é necessário investigar o papel da espessura do material restaurador na obtenção da cor final da restauração desejada.

Para o esmalte, o estudo de VAARKAMP; BOSCH e VERDONSCHOT (1995) indicou que os cristais de hidroxiapatita contribuem significativamente para o espalhamento da luz e que a influência da estrutura do prisma na propagação da luz é pequena.

Uma vez que a cor natural do dente deriva da combinação das propriedades ópticas do esmalte e da dentina, parece razoável tentar imitar essa estrutura em camadas usando dois materiais restauradores opticamente diferentes, pois as resinas compostas de dentina são menos translúcidas e altamente cromáticas, em comparação com as resinas de esmalte que são altamente translúcido e menos cromático. Portanto, ao trabalhar com sucessivas camadas de esmaltes e dentina pode-se chegar próximo e/ou igual a cor real do dente. (FERRARIS *et al.*, 2014).

A cor e as propriedades ópticas da resina composta são determinadas por muitos fatores, como composição da matriz resinosa, composição e conteúdo do preenchimento, pigmento e outros aditivos (JOHNSTON e REISBICK, 1997).

Uma restauração estética deve se harmonizar com o dente, ou seja, não deve haver nenhuma diferença visível entre o material da restauração e o dente tratado sob todos os tipos usuais de iluminação. Este objetivo pode ser alcançado apenas quando os espectros de reflexão do material restaurador e do dente são os mesmos na faixa de comprimento de onda detectado/visível. Para isso as propriedades ópticas do material devem ser pelo menos semelhantes aos do tecido dentário. (FRIEBEL *et al.*, 2009).

O estudo de ARIMOTO et al (2010) calculou e avaliou o valor de parâmetro de translucidez (TP) e as propriedades de transmissão de luz (transmissão linear e difusa) de compostos de resina a partir do gráfico de distribuição da intensidade da luz transmitida medida usando um goniofotômetro, e descobriu que o valor de TP tem uma correlação significativa com a transmissão de luz difusa de resina composta.

A translucidez da resina composta é avaliada usando o TP que refere-se à diferença de cor entre uma espessura uniforme de material sobre um fundo preto e branco. Quando a luz ilumina a resina composta, ela se espalha na superfície das partículas de preenchimento e se difunde em várias direções. A luz então surge como uma transmissão difusa com ampla difusão e como uma transmissão em linha reta sem mudança de direção. A luz transmitida através da resina composta se espalha e reflete nas paredes da cavidade e uma quantidade de luz é transmitida novamente através da resina composta. As características de transmissão em linha reta dependeriam do efeito da reflexão da cor do ambiente de fundo, enquanto as características de transmissão difusa dependeriam do efeito da reflexão da cor do ambiente circundante. Portanto, é importante conhecer as características de transmissão de luz e também a capacidade de mascaramento da resina composta para prever a aparência final da cor da restauração de resina composta (HORIE *et al.*, 2012).

Portanto, este estudo vem para aprofundar a interpretação das propriedades colorimétricas de uma resina odontológica, e conseqüentemente, para auxiliar o cirurgião-dentista na correta seleção da técnica de estratificação de compósitos em sua prática clínica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Luz

A luz visível, é uma mistura de diferentes comprimentos de onda e é chamada de luz branca. Por outro lado, a luz monocromática é produzida pela energia luminosa de curto espaço de comprimento de onda, exibida como uma única cor ou uma única onda de luz (CHU; Stephen, 2002).

As ondas eletromagnéticas estão por toda parte e a luz é apenas uma pequena parte delas. A luz é basicamente fótons e se move principalmente como ondas. A luz branca que é vista pelo olho humano é chamada de luz "visível" de 380nm a 780nm (HO *et al.*, 2007).

No entanto, a luz branca (luz visível) não é realmente branca, ela é uma junção de uma combinação de cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta (Erro! Fonte de referência não encontrada.) (SHAMMAS; ALLA, 2011).

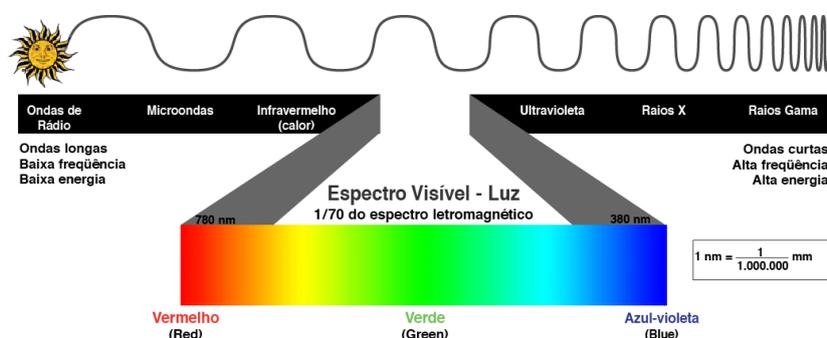


Figura 1. Espectro da luz visível (Blog do Gráfico).

A luz é o elemento principal que permite a percepção da cor de um objeto. A percepção da luz ocorre não apenas por causa da cor, mas também por causa das propriedades físicas e ópticas inerentes às ondas eletromagnéticas. Essas propriedades estão diretamente relacionadas ao ambiente e à presença de luz no objeto. Considerando que toda substância capaz de transmitir luz é composta de matéria, os tecidos que compõem a área dental também são capazes de transmitir luz. Assim como acontece com outros meios, quando a luz é dispersa na superfície do dente, ela pode ser refletida, absorvida, refratada e difusa. A dinâmica da luz é um fenômeno relevante em relação às restaurações estéticas, pois a análise incorreta do comportamento óptico da dentição natural pode levar a possíveis falhas clínicas. A

natureza da luz incidente desempenha um papel importante na determinação da quantidade de transmissão ou reflexão da luz, e como um objeto é percebido depende da natureza da fonte de luz (VILLARROEL *et al.*, 2011).

2.2. Características Ópticas do Dente

As diferenças de cor dos dentes estão relacionadas com a posição dental e a idade. Geralmente, os dentes em pessoas idosas parecem mais escuros e mais amarelos, à medida que os cristais de hidroxiapatita (HA) do esmalte se tornam maiores (LEGEROS; PILIERO; PENTEL, 1983).

A cor do dente é determinada quantitativamente pela dentina, e o esmalte promove a dispersão nos comprimentos de onda na faixa azul (TEN BOSCH; COOPS, 1995).

Os dentes humanos são compostos por multicamadas de dentina e esmalte, ambos com características ópticas diferentes. O esmalte é mais translúcido, mas tem um croma mais baixo, enquanto a dentina é opaca e mais saturada. A análise da interação da luz com as estruturas dentárias é de extrema importância, pois é necessário compreender as propriedades ópticas dos dentes. Sobre essa interação, pode-se dizer que dentina é a cor e esmalte é o modificador de cor (**Figura 2**) (VANINI, 1996).

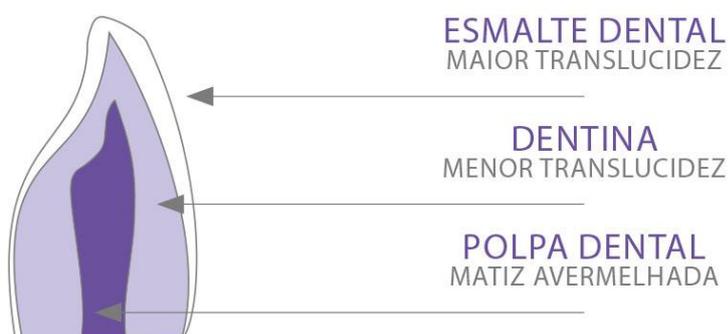


Figura 2. Propriedades ópticas do dente natural (ODONTOPREV).

Embora existam variações na composição mineral do dente, sabe-se que o esmalte permite uma passagem de luz média de 70,1%, enquanto 52,6% da luz pode ser transmitida através da estrutura da dentina (DENEHY, 2000).

Dentes compostos por grandes cristais de HA de esmalte são mais escuros do que os dentes compostos por cristais de HA menores. Portanto, com a idade ocorre o aumento dos cristais de HA de esmalte, que é responsável pelo aspecto de escurecimento dental (EIMAR *et al.*, 2011).

A cor dos dentes é o resultado da interação do esmalte, dentina e polpa com a luz. Esses tecidos possuem diferentes características estruturais e, conseqüentemente, apresentam diferentes características de ondas de luz. As propriedades ópticas e a espessura desses tecidos determinam a cor final do dente (FERRARIS *et al.*, 2014).

Quando a dentina é clara (L^* é alto), a cromaticidade do dente é dominada pela da dentina. Isso ocorre porque o fator de ponderação para a cromaticidade da dentina é muito maior do que a refletividade (R), para a cromaticidade do esmalte. Conforme a dentina escurece (L^* reduz), a cromaticidade do dente diminui na cromaticidade da dentina fixa. Embora o fator de ponderação para a cromaticidade do esmalte seja muito maior do que para a cromaticidade da dentina, a cromaticidade do esmalte em si é pequena em comparação com a cromaticidade da dentina. No entanto, contribuição da cromaticidade do esmalte é suficiente para mover a cromaticidade do dente para uma tonalidade completamente diferente, de forma que o dente tenha uma tonalidade azul, apesar de a dentina ser amarela (BATTERSBY; BATTERSBY, 2015).

2.2.1. Esmalte

Opticamente, existem dois tipos de dispersores no esmalte; os pequenos cristalitos de esmalte que produzem distribuições isotrópicas semelhantes a Rayleigh e os grandes prismas de esmalte que são opticamente uniaxiais (ZIJP; JAAP, 1993).

O estudo de ZIJP; TEN BOSCH e GROENHUIS (1995) mostra que os cristais de HA do esmalte são os principais componentes responsáveis pelo processo de espalhamento de luz no esmalte.

O esmalte tem a capacidade de atenuar as cores subjacentes, o que pode afetar os aspectos cromáticos dos dentes (HASEGAWA; IKEDA; KAWAGUCHI, 2000).

O esmalte dentário é composto inteiramente por cristais de hidroxiapatita densamente compactados (HA) que são organizados em bastonetes chamados prismas de esmalte (GIRIJA; STEPHEN, 2003).

Ele tem sua composição baseada em 96% de hidroxiapatita de cálcio e 4% de matriz orgânica e água. Já a dentina tem sua composição variando de 65% a 70% de hidroxiapatita de cálcio, 20% a 25% de materiais orgânicos e aproximadamente 10% de água (GARTNER, 2007).

O esmalte é um tecido cristalino caracterizado por alto conteúdo mineral, o que resulta em uma estrutura cromática translúcida que permite visualizar a dentina subjacente. Além disso, a cromaticidade do esmalte modifica a cor da dentina devido a fenômenos como reflexão, transmissão, refração, espessura e textura da superfície, por tanto, afeta a cor final do dente, no entanto, as cores das resinas estão disponíveis em diferentes graus de translucidez buscando simular as características ópticas do esmalte e da dentina. Logo, a espessura do esmalte afeta a composição da cor do esmalte na cor da restauração (VILLARROEL *et al.*, 2011).

Observações microscópicas de luz longitudinais do esmalte revelam que o arranjo dos prismas do esmalte dá origem a um padrão claro e escuro denominado bandas de Hunter-Schreger (HSBs). HSBs é um fenômeno óptico causado pela interação da luz incidente e a direção alternada de grupos adjacentes de prismas de esmalte conforme eles passam através do corpo de esmalte da junção dentina-esmalte (JDE) para a superfície externa do esmalte. Provavelmente essa aparência é causada pelo reflexo da luz pelas bainhas do prisma e material interprismático (HARIRI *et al.*, 2012).

O esmalte é um meio de difusão translúcido que, nas espessuras presentes nos dentes humanos, não obscurece totalmente a cor da dentina subjacente. Em primeiro lugar, é necessário identificar um modelo para o espalhamento de luz dependente do comprimento de onda no esmalte e, portanto, ser capaz de prever o espectro de luz que emerge da combinação de esmalte e daquela que emerge apenas da dentina. Em segundo lugar, é necessário relacionar esses espectros à cor percebida pelo sistema visual humano, com suas complexidades associadas. Finalmente, para aplicação prática, é necessário reconhecer que a medição de refletividades espectrais é usado um espectrofotômetro, o qual pode relacionar diretamente os valores L^*

a* b* para uma superfície colorida como a dentina aos valores equivalentes quando a superfície colorida é coberta por uma camada de dispersão como o esmalte. (BATTERSBY; BATTERSBY, 2015).

2.2.2. Dentina

No caso da dentina, se sabe que a propagação anisotrópica da luz é especialmente pronunciada. Há três décadas atrás, foi mostrado que discos de dentina retirados de dentes humanos extraídos "demonstravam a propriedade ótica do efeito de ampliação / redução" (WALTON *et al.*, 1976).

O espalhamento pelos túbulos dentinários pode ser descrito como o espalhamento por um longo cilindro. Resolver a equação de Maxwell para um cilindro infinitamente longo demonstra que a luz incidente foi espalhada apenas em um cone em torno do eixo do cilindro (BOHREN; HUFFMAN, 1983).

Na dentina, os túbulos são os dispersores mais importantes, enquanto as fibrilas de colágeno e os cristais minerais desempenham um papel menor. A orientação e a densidade dos túbulos dentinários podem afetar a dispersão da luz através da dentina, enquanto no esmalte, a dispersão da luz é relativamente mais isotrópica. Os índices de refração dentro e fora dos túbulos dentinários são $n=1,33$ e $n=1,52$, respectivamente (ZIJP; JAAP, 1993).

A dentina, no entanto, é considerada o tecido dental de maior relevância quando relacionado à cor (VANINI, 1996).

É amplamente aceito que a propagação da luz na dentina humana exhibe uma forte dependência direcional, com os túbulos dentinários desempenhando um papel dominante, o qual os principais componentes estruturais da dentina são os túbulos dentinários, que são orientados com uma curva em forma de "S" da cavidade pulpar em direção à periferia. (WANG *et al.*, 1999).

As dentinas secundárias e terciárias possuem estruturas e composições diferentes, afetam as propriedades óticas do tecido (TOUATI, 2000).

Para tecidos biológicos, que possuem uma estrutura tecidual alinhada, como, por exemplo, a dentina, a propagação da luz anisotrópica deve ser considerada (KIENLE *et al.*, 2002).

Os túbulos dentinários tem estruturas cilíndricas que se espalham por toda dentina. Esses túbulos atingem um ponto final na junção dentina-esmalte (JDE). Perto das bordas incisais e da cúspide, os túbulos são quase retos. Esse arranjo de túbulos de dentina permite que a dentina demonstre difração de luz seletiva, pois certos raios são refletidos enquanto outros são absorvidos (VILLARROEL et al., 2011).

A composição da dentina subjacente pode ser descrita como uma estrutura complexa de componentes orgânicos (30%), principalmente fibrilas de colágeno, componentes inorgânicos (50%) Incorporados em cristais HA e água (20%) (HARIRI et al., 2012).

Devido ao maior conteúdo orgânico da dentina a opacidade e a cromaticidade aumenta, afetando fortemente a cor do dente (OGURO et al., 2016).

2.2.3. Translucidez do Dente

Segundo JOHNSTON e KAO (1989), a sobreposição nos intervalos das diferenças de cores para as comparações classificadas como incompatibilidades mostrou que, há uma importância de outros fatores, como a translucidez e os efeitos de outros estímulos visuais.

Se houver três corpos do mesmo material com três espessuras diferentes (0,5mm, 1mm, 2mm), aquele com a maior espessura será o menos translúcido (AHMAD, 2000).

A luz refletida e refratada destaca uma área de alta translucidez entre o esmalte e a dentina, conhecida como "camada de vidro" ou "camada de alta difusão" (VANINI; MANGANI, 2001).

A translucidez do esmalte é atribuída a variações nos níveis de calcificação, pois quanto mais poroso e menos mineralizado o esmalte, maior o índice de dispersão (JOINER, 2004).

A translucidez é o intermediário entre a opacidade total e a transparência total, o qual torna sua análise altamente subjetiva. Na natureza, a translucidez do esmalte dental varia de dente para dente e de indivíduo para indivíduo. Portanto, são considerados quatro fatores ao avaliar a translucidez: presença ou ausência de cor, espessura do esmalte, grau de translucidez e

textura da superfície, esses componentes são essenciais para determinação da translucidez (VILLARROEL *et al.*, 2011).

A translucidez do esmalte e da dentina tende a variar devido à espessura do tecido. Quanto mais espesso o tecido, menos translúcido ele parece. Nos dentes naturais a espessura do esmalte varia muito: é maior no terço incisal e diminui em direção ao terço cervical. Portanto, a translucidez é maior na parte cervical do dente, permitindo que a dentina subjacente apareça (FERRARIS *et al.*, 2014).

Portanto, a translucidez do esmalte é um fator de menor influência na cor do dente (OGURO *et al.*, 2016).

2.2.4. Opalescência do Dente

A opalescência ocorre onde há dispersão da luz nos comprimentos de onda. Logo, os comprimentos de onda mais curtos (por exemplo, luz azul) são dispersos no esmalte e refletidos como branco azulado. Já os comprimentos de onda mais longos (por exemplo, luz laranja) transmitem a dentina através do esmalte (LEE; YU, 2007).

A opalescência é um fator importante para determinar a aparência da cor do dente natural, através das propriedades ópticas do esmalte. Portanto, pode não ser influenciado pela espessura do esmalte. Pois, na superfície do esmalte ocorre dispersão devido ao menor comprimento de onda (OGURO *et al.*, 2016).

2.3. Índice de Refração do Esmalte e Dentina

O esmalte e a dentina têm definidos um n quando a luz passa através de sua estrutura, assim como o ar e água tem n de 1,00 e 1,33, respectivamente. Quando a luz passa pelo esmalte ($n = 1,63$) e depois pela dentina ($n = 1,54$), estando o dente hidratado e tendo seus espaços interprismático preenchidos com saliva, o feixe luminoso refratará de determinada forma. Porém, em situações de desidratação dental, o espaço interprismático é substituído por ar, de forma que a luz não é mais capaz de dispersar-se de cristal para cristal, fazendo-a assim refratar distintamente

devido à diferença no n . O aumento da refração da luz reduzirá a translucidez do esmalte, causando mais reflexo (aumentando deste modo sua luminosidade) e mascarando a cor subjacente da dentina, dando assim ao dente uma aparência mais opaca e, conseqüentemente, mais branca (EDLÉN, 1966).

Os pesquisadores WALTON; OUTHWAITE e PASHLEY (1976) presumiram que a luz que guiava ao longo dos túbulos dentinários era devido ao guia de ondas ou efeito de fibra óptica, onde a luz poderia se propagar dentro dos túbulos com base no princípio da reflexão interna que ocorre quando a luz é passada através de um cilindro transparente composto de um núcleo interno (o espaço tubular, que contém água, ar ou fluido dentinário) com diferentes índices de refração.

O índice de refração (n) é um parâmetro importante de propagação da luz em tecidos biológicos, incluindo os dentes, o qual serve como um indicador de suas propriedades de dispersão no tecido, pois a dispersão é responsável pela variação da cor (KNUETTEL; BONEV; KNAAK, 2004).

Outros pesquisadores desafiaram a teoria da fibra óptica; explicando que se o ângulo entre a direção do feixe de luz e o túbulo dentinário fosse pequeno, a luz seria guiada ao longo dos túbulos em uma direção próxima à do túbulo devido ao espalhamento múltiplo pelos túbulos, em vez dos efeitos da fibra óptica assumidos anteriormente (KIENLE; MICHELS; HIBST, 2006).

No esmalte o n e o padrão de orientação estrutural dos prismas é diferente da dentina que variam de acordo com a orientação estrutural dos túbulos dentinários. O sistema de Tomografia de Coerência Ótica de varredura (SS-OCT) mostrou que ocorre a diminuição da intensidade do sinal no esmalte e pequenas diferenças no n comparado a dentina, ao contrário do esmalte, a estrutura anisotrópica da dentina e a orientação dos túbulos dentinários afetaram o padrão de propagação da luz e o comprimento do caminho óptico (OPL), resultando diferentes índices de refração. A luz deve primeiro passar por toda a espessura do esmalte antes de atingir a dentina. Como a atenuação da luz no esmalte sadio é relativamente pequena e não é significativamente afetada por sua orientação estrutural, o sinal da dentina subjacente ainda carregaria informações significativas. Logo, é compreendida a interação da luz com as estruturas dentais (HARIRI *et al.*, 2012).

No entanto, a correlação entre os valores do n e da alteração da cor do dente (ΔE_{00}), demonstra que n do esmalte depende de fatores de composição,

principalmente do conteúdo mineral. Nesse sentido, o esmalte com maior volume de cristais HA terá maior n (HARIRI *et al.*, 2013).

A variação do índice de refração também é uma consideração importante, pois está diretamente relacionada à espessura do material (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2013). O índice de refração de um meio óptico descreve como a luz, ou qualquer outra radiação, se propaga através desse meio. Os tecidos dentários duros e os materiais restauradores geralmente apresentam índices de refração diferentes. Consequentemente, se a resina composta (RC) for colocada na mesma espessura do esmalte natural, a integração óptica não terá sucesso (FERRARIS *et al.*, 2014).

O n é uma variável importante, considerando os efeitos da composição do esmalte. Esses achados fornecem uma melhor compreensão das propriedades ópticas e estéticas do esmalte. O qual foi estatisticamente significativo na ΔE_{00} (OGURO *et al.*, 2016). Apesar de, na composição química dos seus elementos minerais o dente humano contemplar pouca quantidade de água, a perda desta, mesmo que temporária, impacta negativamente a estética dental, tornando o dente ilusoriamente mais branco devido a uma eventualidade: à diferença de n entre o ar e a água e sua interação com os tecidos dentais minerais. (SULIMAN, 2019).

2.4. Cor

O espalhamento de luz é causado por partículas menores que o comprimento de onda da luz visível que são dispersas em um material translúcido de um índice de refração muito mais baixo (MCLAREN *et al.*, 1977).

Devido aos recorrentes problemas na interpretação das cores e na dificuldade em comunicá-las para outros com uma mesma idoneidade, diversas escalas de cores foram desenvolvidas ao longo da história. O matiz é o atributo de uma cor que permite distinguir entre diferentes famílias de cores, por exemplo, vermelhos, azuis e 11 verdes; já a luminosidade indica de forma autoexplicativa a quantidade que uma cor tem de luz, que varia de preto a um branco puro; por fim, croma é o grau de saturação de cor e descreverá força, intensidade ou vivacidade de uma cor (MCLAREN, 1987).

A cor resulta da dispersão do volume da luz, ou seja, a luz iluminadora segue caminhos de luz altamente irregulares através do dente antes de emergir na superfície de incidência e atingir o olho do observador. A cor não branca é

de acordo com diferentes parâmetros de visualização. A qual é determinada pela seguinte fórmula (SHARMA; WU; DALAL, 2011):

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)}$$

O espaço de cores CIE Lab representa um espaço de cor tridimensional, o qual possui três eixos respectivos: L^* ; a^* e b^* . O valor " L^* " (eixo y) é uma medida da luminosidade de um objeto em uma escala que varia de 0 (preto) a 100 (branco); " a^* " é uma medida de vermelhidão (positiva a^*) ou verde (negativa a^*); já " b^* " é uma medida de amarelecimento (positivo b^*) ou azul (negativo b^*). As coordenadas a^* e b^* se aproximam de zero para cores neutras (branco, cinza) e aumentam em magnitude para cores mais saturadas (Erro! Fonte de referência não encontrada. (RAGAIN, 016).

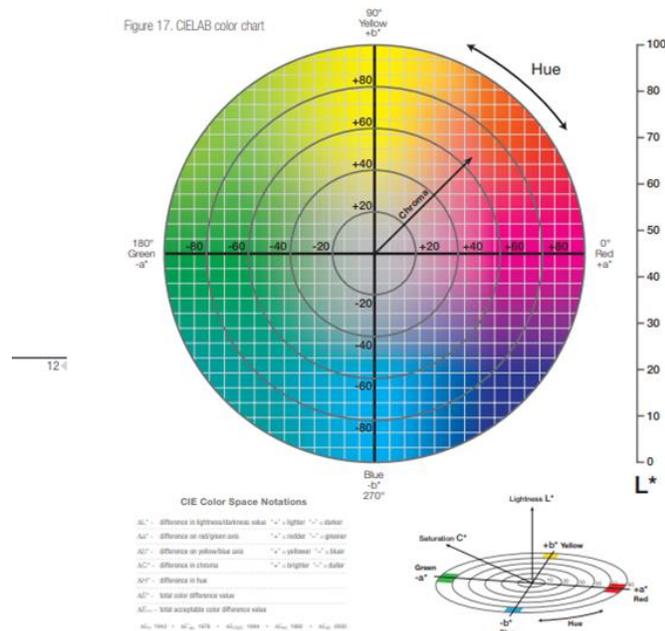


Figura 4. Sistema de cor CIELAB (www.xrite.com/blog/lab-color-space).

Dessa forma, a fórmula da CIEDE2000 é indicada como a que melhor apresentou a diferença de cores vista pelo olho humano, já que está apresentou 95% de conformidade com os achados visuais. Em contrapartida, a fórmula de CIELAB apresentou concordância de 75% (PARAVINA *et al.*, 2019).

2.5. Métodos de Seleção de Cor

Para realizar uma avaliação óptica da cor de toda a restauração, dois métodos são possíveis: um baseado em uma abordagem qualitativa usando olhos humanos, mas sujeito a vieses devido aos limites de percepção e um método quantitativo baseado no uso de instrumentos quantitativos, como um colorímetro ou um espectrofotômetro (BETRISEY *et al.*, 2016).

Além destes, entre os métodos instrumentais podemos citar a fotolorimetria.

2.5.1. Espectrofotômetro

Um espectrofotômetro mede e registra a quantidade de energia radiante visível refletida ou transmitida por um objeto, um comprimento de onda de cada vez para cada valor, croma e matiz presentes em todo o espectro visível (PAUL *et al.*, 2002).

BROOK, SMITH e LATH (2007) avaliaram através da análise espectral que o espectrofotômetro mostrou alta confiabilidade para avaliação da cor do dente usando as coordenadas de cor CIELAB. Assim, evita viés na avaliação subjetiva e para detectar pequenas diferenças que poderiam ser imperceptíveis ao olho humano.

2.5.2. Fotolorimetria

Com o objetivo de criar uma abordagem sistemática para identificar os meios mais eficientes e eficazes para gerar integração visual consistente, foi desenvolvido um protocolo fotográfico, que apresenta resultados restauradores por meio da quantificação numérica, a fim de permitir que cirurgião dentista e técnicos de prótese dentária trabalhem de forma previsível facilitando a realização de uma restauração indireta e/ou estética (**Figura 5**) (HEIN *et al.*, 2017).

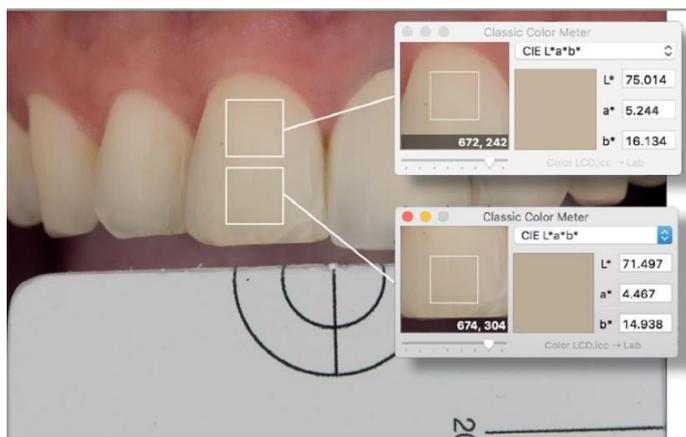


Figura 5. Coordenadas de cor em $L^*a^*b^*$, software Classic Color Meter (HEIN *et al*, 2017).

Para tanto, bastaria uma câmera fotográfica DSLR, lente macro e flashes para câmera (frequentemente encontrados nos consultórios), um cartão de balanço de brancos (white_balance® gray reference card for dental photography), um filtro polarizador padronizado (Polar_eyes®) e um software (Lightroom Classic CC®). Para adquirir a imagem digital adequada para a quantificação da cor do dente, é necessário padronizar a câmera fotográfica durante o uso. Para atenuar a influência da luz ambiente e garantir a sincronização do flash a velocidade deve ser definida 1/125seg, para evitar problemas relacionado a difração, o sensor de sensibilidade ISO 100 e o flash externo deve ser ajustado para saída máxima (1/1) no modo manual. O uso da medição TTL não é aconselhável devido as variações que pode acarretar na exposição dos cálculos de medição (**Figura 6**) (HEIN *et al*, 2017).

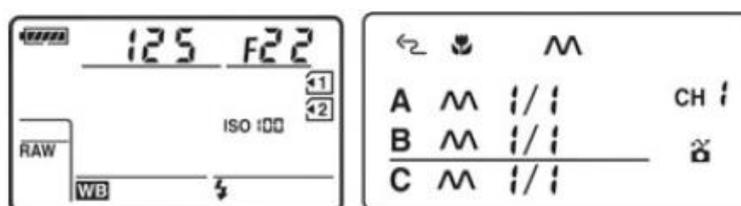


Figura 6. Protocolo da câmera fotográfica (HEIN *et al*, 2017)

No mesmo trabalho HEIN *et al* (2017), mostra as coordenadas de cor CIE $L^*a^*b^*$ de 147 incisivos centrais intactos não restaurados de uma população caucasiana, utilizando este protocolo. Como representado na (**figura 7**).

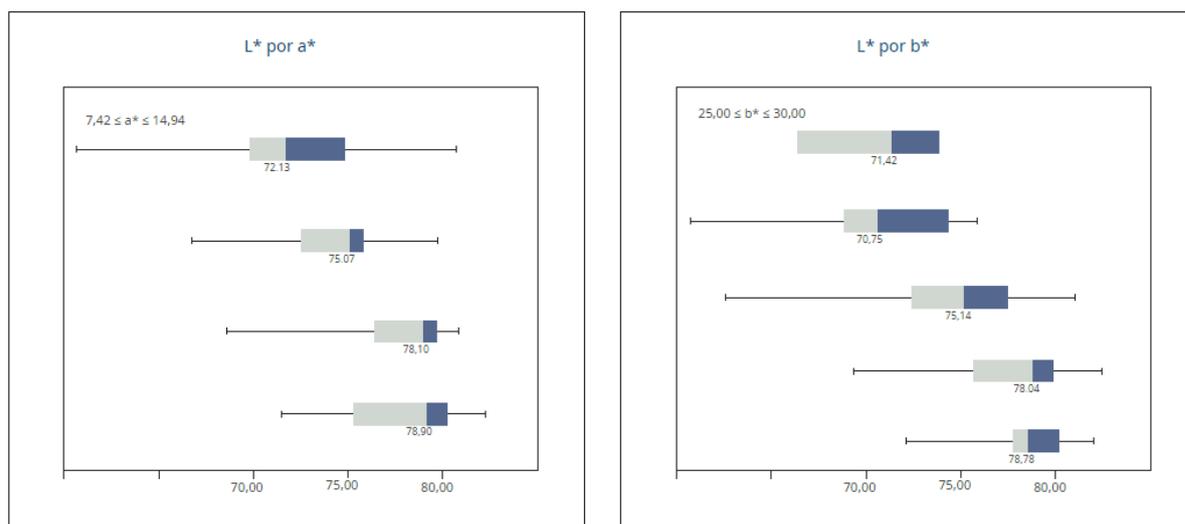


Figura 7. Coordenadas de cor CIE L*a*b* de 147 incisivos centrais superiores intactos não restaurados (HEIN et al, 2017)

O uso do filtro polarizador poderia ocasionar uma diferença na cor final da restauração, porém segundo o estudo de CLARY et al. 2018, mostra que a tomada de cores não é alterada negativamente pelo uso de filtro polarizador.

Portanto, esse protocolo é capaz de gerar o valor de L*a*b*, com isso se tem numericamente a cor exata do dente e do possível material restaurador a ser utilizado. Assim que for gerado o valor de L*a*b* de dois objetos e coletado os dados numericamente pode-se gerar o valor de ΔE_{00} , o qual, é capaz de interpretar a diferença de coloração entre os objetos. Com essa padronização é possível chegar no resultado da cor final mais fielmente, além de conceder a oportunidade de realizar a sobreposição das imagens e criar uma previsão do resultado final do caso no laboratório sem ter a exigência de levar o trabalho até o consultório (HEIN et al, 2017).

O sistema eLAB é centrado em um protocolo padronizado para fotografia odontológica. Descreve uma nova abordagem para a comunicação objetiva de cores, transcendendo o papel da fotografia odontológica de seu propósito puramente descritivo para o nível de quantificação, abandonando assim o uso dos regimes de sombreamento estabelecidos e substituindo-os por uma receita de cor pessoal do paciente baseada em o espaço de cores CIELAB. A adesão disciplinada às suas diretrizes e sequências é essencial para garantir resultados precisos e repetíveis (HEIN et al, 2020)

HEIN et al. (2020) publicaram a utilização do protocolo associada a um aplicativo eLAB_prime para calibração automática conveniente. Tem como finalidade

de realizar uma prova digital semiautomática em qualquer estágio do processo de fabricação (ou seja, no estágio de cozimento do bisque ou semi-glacê). Isso serve não apenas para obter uma impressão qualitativa da combinação visual de cores, mas também para utilizar as vantagens do espaço de cores CIELAB.

2.6. Parâmetros para Avaliação Visual

Com o propósito de descobrir um parâmetro para visualizar a variação de cor nos dentes e restaurações, PARAVINA et al. (2015), analisou algumas formas utilizadas nos últimos 30 anos e verificou que o CIEDE2000 foi superior. Esse estudo mostra perceptibilidade (PT) e aceitabilidade (AT) como parâmetros para analisar a diferença de cores entre dois e verificar se a desigualdade entre os objetos, além de apontar quais os valores de ΔE_{00} teriam a capacidade de não serem percebidos em uma comparação ($\Delta E_{00} \leq 0.8$) e quais seriam uma diferença de cores aceitáveis ($\Delta E_{00} > 0.8, \leq 1.8$). Ele interpreta os parâmetros e os separa em 5 grupos: combinação perfeita, combinação aceitável, combinação incompatível tipo A, combinação incompatível tipo B e combinação incompatível tipo C. Para facilitar a interpretação dos resultados deste estudo esta diferença foi separada em apenas 3 grupos da seguinte maneira (**quadro 1**):

Parâmetro	Interpretação	ΔE_{00}
$\leq PT$	Combinação Perfeita	≤ 0.8
$> PT, \leq AT$	Combinação Aceitável	$> 0.8, \leq 1.8$
$> AT$	Combinação Incompatível	> 1.8

Quadro 1. Parâmetro de interpretação de ΔE_{00} (PARAVINA et al, 2015)

2.7. Propriedades Ópticas da Resina Composta

A cor final, não é influenciada apenas pelas propriedades ópticas da camada final de resina composta, mas também pela cor e propriedades ópticas da camada subjacente (LEE; POWERS, 2004).

2.7.1. Translucidez da Resina Composta

A translucidez inerente das resinas compostas pode desencadear algumas dificuldades na combinação de cores, particularmente em estruturas dentais severamente descoloridas ou em restaurações completas de classe III e IV (HASEGAWA; IKEDA; KAWAGUCHI, 2000).

IKEDA; MURATA; SANO (2004) avaliaram o parâmetro de translucidez e capacidade de mascaramento de três resinas UniFil S (UF), Palfique Estelite (PE) e Filtek A110 (FA) com duas tonalidades (A3 e A3 opaca) e nas espessuras de 1 e 2 mm. Os valores de parâmetro de translucidez (TP) das resinas de tonalidade A3 opacas foram inferiores aos das resinas A3 em todos os materiais avaliados. Na comparação dos materiais utilizados, as cores A3 Opaca de FA indica um valor de TP superior aos indicados para a cor A3 opaca dos outros dois materiais, enquanto a cor A3 de FA revelou um valor de TP maior do que a cor A3 de UF. Quanto aos valores ΔE^* , foram registrados para espécimes de 1mm de espessura estavam na faixa de "perceptível" e maiores do que os de espécimes de 2mm, independentemente das cores e materiais. Para as amostras de 2mm, todos os valores ΔE^* para a cor A3 opaco foram classificados como "imperceptíveis", enquanto todos os valores ΔE^* para a cor A3 foram avaliados como "perceptíveis". Portanto, concluíram que apenas materiais com 2 mm de espessura poderiam mascarar o fundo escuro.

KAMISHIMA; IKEDA; SANO (2005) avaliaram a translucidez de duas resinas compostas Filtek Supreme (3M) com as seguintes cores: A2E, A2B e A2D, já a resina Gradia Direct (GD) as cores utilizadas foram: E1, A2 e AO2. Como os nomes das cores variam em diferentes produtos "marcas", criou-se uma padronização com as cores o A2E e o E1 receberam o nome genérico de "cor de esmalte", A2B e A2 foram descritos como "cor de corpo" e A2D e AO2 foram descritos como "cor opaca". Foram confeccionadas amostras com

diferentes espessuras (0,5, 1,0, 2,0, 3,0 e 4,0mm) em um diâmetro de 8mm. As amostras foram fotopolimerizadas com o Optilux 401 (Demetron, Danbury, CT, EUA) por duas vezes durante 60 segundos - uma vez na superfície superior e a outra vez no fundo "inferior". Após a fotopolimerização, a cor do material foi medida separadamente usando um colorímetro OFC-300A (Nippon Denshoku, Tóquio, Japão) com iluminante CIE D65 o qual corresponde a luz do dia "média". Uma palheta de cor preta ($L^* = 29,38$, $a^* = -0,93$, $b^* = 0,07$) foi usado como o fundo preto, seguido por uma palheta branca ($L^* = 93,56$, $a^* = -1,97$, $b^* = 3,53$) nesta ordem de medição. A translucidez de cada material em várias espessuras foi calculada usando a seguinte fórmula: $TP = [(L_w^* - L_B^*)^2 + (a_w^* - a_B^*)^2 + (b_w^* - b_B^*)^2]^{1/2}$ onde o subscrito "W" se refere ao valor CIELAB para cada amostra no fundo branco, e o subscrito "B" se refere ao valor de cada amostra em o fundo preto. Para detectar quaisquer diferenças estatísticas no TP, foram realizados ANOVA de uma via e o teste Games-Howell para cada grupo. As resinas compostas quanto mais espessas mostraram valores de TP mais baixos, independentemente da cor. Entre as cores da resina FS em 0,5 e 1,0 mm espessura, os valores de TP diminuíram nesta decrescente ordem: cor de esmalte > cor do corpo > cor opaca. No entanto, nas amostras mais espessas da resina FS em 2,0 e 3,0 mm, nenhuma diferença significativa foi encontrada entre as cores de esmalte e corpo, embora a opacidade indica valores de TP significativamente mais baixos quando em comparação com as outras cores. Na espessura de 4,0 mm, todas as cores não apresentaram diferenças significativas. Em relação aos valores de TP da resina GD em 0,5 a 3,0 mm espessura, não houve diferenças significativas entre as cores de esmalte e corpo, embora a cores opacos indicaram valores de TP significativamente mais baixos em comparação com as outras cores. Na espessura de 4,0 mm, todas as cores não apresentaram diferenças significativas. A correlação entre a espessura e o valor TP foi mais precisamente expressa por uma função exponencial para cada cor dos dois produtos. Os coeficientes de correlação calculados (R^2) todos os valores estavam acima de 0,9. Isso significava que existia uma forte relação exponencial entre a espessura e o valor TP, independentemente do produto e cor. A partir das funções exponenciais, foi mostrado claramente que para as cores de esmalte e corpo, os valores de TP diminuíram drasticamente conforme a espessura aumentou em comparação

com as cores opacas. Além disso, quando a redução na espessura era a mesma, o maior aumento no valor de TP foi observado na parte mais fina da função exponencial para todos os produtos e cores. Baseado nas curvas exponenciais de espessura, a espessura prevista para cada TP tornou-se 2.0 - o limiar de distinção pelo olho humano - onde 2.76, 2.56 e 1.88mm para as cores de esmalte, corpo e opaco da FS respectivamente. Para as cores de esmalte, corpo e opaca da resina GD, o previsto as espessuras foram 3,19, 3,04 e 2,69 mm, respectivamente. Em relação ao valor (L^*), as cores opacas apresentaram valores superiores aos do esmalte e corpo em ambos os produtos. Ao comparar os valores (L^*) entre as resinas FS e GD, a cor opaca de GD apresentou um valor superior em comparação com a FS. Em relação ao valor (a^*), a cor de esmalte da resina FS e a cor do corpo de ambos os produtos não mostraram diferenças estatísticas. Além disso, esses valores eram maiores do que as outras cores de ambos os produtos. Em relação ao valor (b^*), aumentou em ordem crescente para ambos os produtos: cor de esmalte < cor de corpo < cor opaca. Ao comparar os valores (b^*) entre as resinas FS e GD, GD revelou um valor menor do que FS em esmalte, embora os valores (b^*) de ambas as cores de corpo e opaco não mostraram diferenças estatísticas entre os produtos. Com base nas curvas exponenciais da espessura do TP, o mais translúcido esmalte – a cor parecia ser facilmente afetada pela mudança na espessura em comparação com as outras cores. Além disso, mudança de translucidez era maior na parte mais fina da curva exponencial. Para todos os espécimes de 4 mm de espessura, seus os valores de TP estiveram sempre abaixo de 1,1, independentemente da cor. Nas cores inerentes, os valores (b^*) das cores de esmalte, especialmente em GD, eram menores (mais azulados) do que as outras cores. Portanto, a cor opaca pode servir para adicionar brilho e características amareladas para uma restauração de resina composta em camadas. No entanto, as cores opacas foram menos translúcidas em comparação com as outras cores. Porém, a translucidez aumentou exponencialmente com a diminuição da espessura, independente da cor. Para todos os materiais restauradores usados no presente estudo, foi revelado que cada cor, em ambas as resinas compostas tinham propriedades ópticas diferentes.

KIM et al (2009) avaliaram a translucidez e capacidade de mascaramento de seis resinas compostas (Z-350 OA₃, Amelogen Universal OA₂, Esthet-X OA₂, Esthet-X OA₄, Charmfil UO e Aelite Universal OA₃). Mostraram que nenhum dos materiais de resina opaca investigado poderia mascarar efetivamente a cor de fundo preta em espessuras de 0,5 e 1 mm quando $\Delta E^* \leq 2$.

Postula-se que a cor e a translucidez dos materiais estéticos e restauradores são influenciadas por preenchimento de partículas opacificantes, composição da matriz da resina, fluidez, fotopolimerização e polimerização da resina (NAEIMI *et al.*, 2012).

Conforme aumenta a espessura da resina composta diminui a sua translucidez (SCHMELING *et al.*, 2012).

2.7.2. Opalescência da Resina Composta

A diminuição da opacidade foi considerada um fator de descoloração para alguns materiais restauradores da cor do dente e pode ser causada por uma alteração do índice de refração da fase da matriz dos materiais, ou seja, quanto maior a diferença entre o índice de refração e a matriz, melhor será a opacidade da resina composta (INOKOSHI *et al.*, 1996).

A opalescência dos dentes varia de acordo com o material e a cor das resinas compostas e contribui para o mascaramento da cor de fundo, juntamente com a translucidez (LEE; LU; POWERS, 2005).

Em resinas compostas de espessura maior que 1,0 mm, a opalescência foi influenciada, e a translucidez diminuiu significativamente com aumento significativo da opalescência (LEE, 2016).

2.7.3. Fotopolimerização

A fotopolimerização após 7 dias causa pequenas alterações na aparência óptica devido a absorção de água e a pós-polimerização são concluídas após este período de tempo (BURTSCHER, 1993).

Uma vez polimerizado, o croma e a translucidez aumentam, o valor diminui e o composto fica um pouco mais cinza (LEE et al., 2005).

VILLARROEL et al (2011) realizaram uma revisão de literatura, a qual mostraram que a fotopolimerização cria alterações ópticas e que normalmente, as resinas de micro partículas são mais translúcidas e possuem maior croma antes da polimerização. A resina composta híbrida não polimerizada é mais opaca e possui um croma relativamente menos intenso.

Para simular uma situação clínica final, foram consideradas pequenas mudanças na aparência óptica, que ocorrem durante a primeira semana após a fotopolimerização. Este fenômeno é devido à sorção de água e às reações químicas de aminas terciárias e canforquinona residual (ARDU et al., 2011).

2.8. Técnica de Estratificação

A abordagem restauradora em camadas, a qual muitas vezes chamada de estratificação, foi descrita como a " técnica de construção anatômica " (VANINI, 1996).

O estudo de LEE e POWERS (2002) mostrou que na técnica de estratificação as propriedades ópticas do material de cobertura geralmente tinha uma maior influência na impressão de cor de amostras em camadas do que as do material subjacente.

Uma camada com material mais translúcido é aplicada sobre a resina composta de cor opaca para criar profundidade de dentro da restauração, reduzindo assim a cor proveniente apenas da superfície da restauração, a cor de cada camada na técnica de estratificação também é um fator crítico que determina o sucesso estético ou falha de uma restauração. Com relação à espessura a ser aplicada em cada camada, deve ser alterada de acordo com a localização dentro da restauração - dependendo se é cervical ou incisal. Portanto, é crucial saber a relação entre a espessura e a translucidez de um material para estabelecer uma combinação de cores bem-sucedida nas restaurações em camadas (KAMISHIMA; IKEDA; SANO, 2005).

O estudo de VICHI et al (2007) mostrou que na técnica de estratificação a proporção das espessuras da camada da base e do material de cobertura teve uma influência importante na cor final da amostra.

Segundo o estudo de BETRISEY et al (2016), para melhorar a estética, as resinas compostas podem ser aplicadas seguindo diferentes técnicas incrementais para gerenciar tensões de polimerização e alcançar um resultado estético previsível. A estratificação de resina é frequentemente baseada em diferentes materiais, esmalte e dentina, com opacidades e cores distintas, com o objetivo de imitar a anatomia natural e a aparência de um dente. O estudo mostrou que primeira hipótese nula era que a ordem das camadas não influencia significativamente os valores finais de L^* , a^* e b^* . A segunda hipótese nula era que a ordem das camadas não influencia a percepção visual da ótica final. Portanto, dentro do conceito de estratificação, pode surgir a questão da importância da ordem de colocação das diferentes camadas. É possível que a estratificação de três camadas padrão seja substituída por uma estratificação de duas camadas simplificada com a mesma quantidade de esmalte e dentina, respectivamente; além disso, a colocação de uma camada de esmalte, em vez de dentina, ou vice-versa, pode influenciar o resultado óptico final. A estratificação padrão de 3 camadas requer tempo. É por isso que é importante determinar se uma técnica simplificada de estratificação pode levar a resultados semelhantes. Portanto, a ordem de colocação das camadas é, portanto, mais importante do que a quantidade do material e a cor do material de cobertura é primordial. A ΔE_{ab} comparando a estratificação padrão com o EEDD foi considerado aceitável ($<3,3$) mas perceptível ($>1,1$) quando comparado com o DDEE, onde a diferença foi muito elevada e inaceitável. Embora este estudo pareça mostrar que alguns atalhos são possíveis na estratificação de resina composta, a estratificação continua sendo importante para lidar com o estresse de contração de polimerização, fornecer uma fotopolimerização adequada e atingir um ponto de contato proximal correto.

2.9. Espessura das Resinas Compostas de Esmalte e Dentina

A percepção de maior croma e opacidade está relacionada com o aumento da espessura do esmalte (CATTARUZZA, 2001).

A espessura da camada e a proporção da espessura da dentina e da cor translúcida influenciam muito o aspecto final de uma restauração composta de multicamadas (VICHI *et al.*, 2007).

Ao comparar dois discos de resina composta de dentina (por exemplo, 1mm e 2mm de espessura, respectivamente), ambos cobertos com 1mm de resina de

esmalte, o disco mais grosso de resina de dentina apresentará maior opacidade, croma e valor. No entanto, ao comparar dois discos de resina composta de dentina com 1 mm de espessura (por exemplo, sobrepostos com 1 e 2 mm de resina de esmalte), este último apresenta menor valor e croma. Assim, em relação à camada final de esmalte, é importante ressaltar que uma certa espessura não deve ser negligenciada, pois restaurações com resinas de translucidez excessivamente alta tornam cinzas e demonstram um valor menor. Quando as espessuras das resinas compostas cromáticas translúcidas aumentam, o valor diminui e o croma aumenta (VILLARROEL *et al.*, 2011).

FRIEBEL *et al.* (2012) sustentaram que ao aumentar a espessura da camada de esmalte a restauração parece mais escura (valor inferior).

A espessura mínima de seis resinas compostas de tonalidade opaca (Charisma, Heraeus Kulzer; Estelite Sigma Quick, Tokuyama; Gradia Direct Anterior, GC) foi de 1,85-2 mm para ser capaz de mascarar o fundo preto. A espessura do incremento de compósito afeta a transmissão da luz e o grau de translucidez. A opacidade do material afeta fortemente a cor final da restauração, principalmente quando substratos dentais com alteração significativa de cor estão subjacentes à restauração ou áreas incisais translúcidas são restauradas. Compósitos mais opacos são necessários para mascarar qualquer descoloração da dentina, como a dentina esclerótica, ou evitar a visualização da cavidade oral abaixo da restauração, enquanto está pode tornar a cor da restauração acinzentada (AN *et al.*, 2013).

Cinco marcas comerciais de resina composta opaca ou de cor de dentina A2; Gradia (GC; Tóquio, Japão), Herculite XRV (Kerr; Scafati, Salerno, Itália), Vit-I-scence (Ultradent; South Jordan, EUA), Cristalina (Confidential; Louisville, EUA) e Opallis (FGM, Brasil), foram utilizadas em um estudo para avaliar a relação entre a espessura e a translucidez destes materiais. Os espécimes foram obtidos a partir de placas bipartidas de aço inoxidável com 0,5, 1, 1,5 mm de espessura com orifício de 18 mm de diâmetro. Cada molde foi preenchido com material de resina composta e coberto com tiras de celulóide (poliéster) transparentes nas partes superior e inferior do orifício. A placa de metal foi pressionada entre duas lâminas de vidro por 10 segundos e, em seguida, as lâminas de vidro foram removidas. Os espécimes foram fotopolimerizados por 40 segundos em oito áreas sobrepostas com duas unidades de fotopolimerização (Litex 680; Dentamerica, EUA) simultaneamente. A intensidade da luz era 400m W/cm² e a saída da luz foi verificada com um radiômetro. Cinco corpos

de prova de cada espessura de material foram confeccionados e, após armazenamento em água destilada por 24 horas, os corpos de prova foram polidos com papel carboneto de silício grão 1500 úmido (3M ESPE; St. Paul, EUA) em ambos os lados. No estudo atual, três origens; fundo branco ($L^* = 94,32$, $a^* = -0,46$, $b^* = 1,26$), fundo preto ($L^* = 0,06$, $a^* = -0,01$, $b^* = 0,01$) e a própria resina foram usados para determinar o parâmetro de translucidez (TP) e para imitar uma cavidade oral negra (entre fundos pretos e resinados). Para determinar os valores CIELAB de cada amostra com cada fundo, as medidas de cor foram realizadas empregando espectrofotômetro (Color-Eye 7000 A; Gretag Macbeth, EUA). O contato óptico foi alcançado usando um fluido óptico ($n = 1,5$) entre o composto espécime e fundo de resina. A iluminação da fonte de luz foi combinada com a luz do dia média (D65). O teste ANOVA de uma via mostrou diferença significativa nos valores de TP nas espessuras diferentes de cada material, exceto para a cor Gradia OA2 ($p < 0,05$). Todos os compósitos com espessuras de 0,5 e 1 mm não conseguiram mascarar o fundo preto. Não houve diferença nos valores de TP da cor opaca/ dentina dos materiais com 1,5 mm de espessura. Os resultados indicaram que a alteração da cor de fundo de branco para o próprio material e para a cor preta leva a uma diminuição na quantidade dos valores L^* , a^* e b^* , independentemente da espessura usada. Isso significa que todas as cinco resinas compostas, quando tinham até 1,5 mm de espessura, eram bastante translúcidas e eram influenciadas pela cor de fundo. Nenhuma das resinas mascarou o fundo preto quando usadas em 0,5-1mm de espessura. No entanto, 4 tipos de compósitos (Gradia OA2, Vit-I-escence OS, Crystalline OA2 e Opallis OA2) possuíam um $\Delta E^* < 2$ em 1,5mm de espessura, portanto, conseguiu mascarar o fundo preto nesta espessura com sucesso. Com 1,5mm de espessura, não houve diferença estatisticamente significativa entre os TP dos compósitos. Mas em 0,5 e 1mm de espessura, os valores de TP para Gradia OA2 e Vit-I-escence OS color foram significativamente menores do que os outros materiais ($p < 0,05$) (DARABI *et al.*, 2014).

Dois resinas compostas foram selecionadas para o estudo de FERRARIS *et al* (2014): Enamel Plus HRi (Micerium,) e Enamel Plus HFO (Micerium). No presente estudo, apenas os esmaltes de médio valor foram comparados em cinco espessuras diferentes: 0,3mm, 0,5mm, 1mm, 1,5mm e 2mm, portanto, foram criados dois grupos: GE2 (Enamel Plus HFO) e UE2 (Enamel Plus HRi). Os corpos-de-prova foram confeccionados em matriz de aço circular inoxidável de 12mm projetada para a

produção de discos de porcelana (Porcelain Sampler, linha Smile). Após a aplicação da resina composta na matriz, uma lâmina de vidro foi prensada com um bloco de aço de 100gr por 60s para obter uma espessura uniforme dos corpos de prova. Todas as amostras foram fotopolimerizadas por 60s com fotopolimerizador LED (Freelight S10, 3M Espe) e com uma saída constante de 1.200mW/cm². Amostras de dentina HRi e HFO, de 3 mm de espessura, de cor UD3 (equivalente a A3) foram confeccionadas e suas coordenadas de cor medidas com espectrofotômetro (Spectroshade Micro, MHT). Todas as medições foram realizadas em três diferentes fundos: branco, preto e a amostra de dentina de 3 mm (colocada sobre um fundo preto). Para cada amostra, foram calculados os valores médios das coordenadas com o sistema de cores CIELab sobre cada fundo. Entre a amostra e cada fundo, um fluido óptico foi colocado para obter o contato óptico, para proteger contra erros que podem ser causados por uma interface de ar. Para garantir o posicionamento correto da abertura do espectrofotômetro sobre a superfície da amostra foi usado um gabarito. O parâmetro de translucidez foi calculado com a equação: $TP = [(L_b - L_w)^2 + (a_b - a_w)^2 + (b_b - b_w)^2]^{1/2}$ onde o subscrito b se refere aos parâmetros de cor no fundo preto e o subscrito w se refere aos do fundo branco. As diferenças de valor, croma e cor foram calculadas com as amostras de esmalte sobre o fundo de dentina. Os coeficientes de correlação de Pearson mostraram uma correlação forte e negativa entre a espessura e todos os parâmetros cromáticos testados para o grupo GE2 (HFO). Pois, o aumento da espessura das camadas de esmalte diminuiu o croma ($r = -0,98$), o valor ($r = -0,33$) e a translucidez ($r = -0,94$). Em relação ao grupo UE2 (HRi), a mudança na espessura das camadas de esmalte resultou em uma diminuição significativa no croma ($r = -0,99$) e translucidez ($r = -0,91$). Ao contrário, o valor foi forte e positivamente correlacionado com o aumento das camadas de esmalte ($r = 0,79$). Apesar da espessura das camadas de esmalte, a análise intergrupo mostrou diferença estatisticamente significativa em termos de valor (luminosidade) entre o compósito UE2 (HRi) e GE2 (HFO) resinas ($F = 60,97$, $P < 0,0001$). Os dados relativos ao valor mostraram uma luminosidade maior para os espécimes do grupo UE2 (HRi), com espessura da camada de esmalte igual ou superior a 0,5 mm. Nenhuma diferença foi detectada no croma ($F = 0,01$, $P = 0,92$) e translucidez ($F = 0,47$, $P = 0,50$). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos em termos de valor em uma espessura de 0,3 mm ($F = 6,46$, $P = 0,06$) da camada de esmalte com $\Delta E = 1,39$. O aumento da espessura da camada de esmalte resultou em uma diminuição

significativa da translucidez para ambos os materiais testados. Quando a espessura da amostra era igual ou superior a 1mm, a translucidez dos dois compósitos era muito semelhante. Para espessuras de 0,3mm e 0,5mm GE2 (HFO) exibiu maior translucidez, embora não estatisticamente significativa. Porém, na prática clínica em que a espessura da resina composta do esmalte costuma ser inferior a 1 mm, a diferença de translucidez citada anteriormente pode impactar no resultado final. Os resultados do estudo sugerem que o compósito de esmalte UE2 se comporta de forma semelhante ao esmalte natural, o valor aumenta conforme a espessura aumenta. No entanto, isso não é verdade para o compósito de esmalte GE2. Uma possível explicação poderia ser a diferença no índice de refração, com o UE2 tendo um índice de refração igual ao do esmalte natural. Com a resina composta de esmalte HRi, o clínico pode realizar a estratificação anatômica real usando a espessura natural dos tecidos duros como guia. Por outro lado, a espessura deve ser avaliada com cuidado, pois o uso de camadas de esmalte muito espessas pode resultar em uma restauração final de valor muito alto. Os resultados indicam que, com exceção da espessura de 0,3mm, há diferença significativa entre os dois materiais para o parâmetro de valor, mas não para o croma. Isso significa que ao optar por restaurar o esmalte com o compósito UE2, a restauração terá um valor superior, desde que colocada em uma camada igual ou superior a 0,5mm. A diferença de cor entre os dois materiais examinados é clinicamente perceptível, em todos os casos, exceto na espessura de 0,3mm. No entanto, com exceção de 1,5mm de espessura, essas diferenças de cor permanecem clinicamente aceitáveis. Para ambos os materiais testados, o aumento da espessura reduziu a translucidez.

O estudo de OGURO et al (2016), demonstrou que as resinas de esmalte utilizadas em restaurações diretas sobre a dentina remanescente, precisam imitar as propriedades do esmalte através da espessura e translucidez, para controlar a influência cromática da dentina e proporcionar estética de dente natural, já que a tonalidade de um dente intacto vem principalmente a partir da dentina e do esmalte, a qual pode apresentar uma aparência azulada na vista frontal devido a opalescência, embora seja intrinsecamente incolor. No entanto, a análise de regressão linear múltipla revelou que a espessura do esmalte dos dentes ($p=0,02$) e n do esmalte ($p<0,001$) foram preditores estatisticamente significantes na ΔE_{00} . O modelo geral ($\Delta E_{00} = 138.204 \times n + 0,007 \times \text{espessura do esmalte } (\mu\text{m}) - 224,435$) foi estatisticamente significativo ($p < 0,001$) com coeficiente de determinação de 76%.

Esses resultados indicam que o esmalte desempenha um papel importante na determinação da cor do dente. Após o corte completo do esmalte os termos de $\Delta L'$, $\Delta C'$ e $\Delta H'$, os valores de $\Delta L'$ obtiveram uma variação significativa de -4,39 a 11,28 e os valores de $\Delta C'$ eram altamente variáveis, o qual alterou de -6,40 a 8,87. Enquanto a $\Delta H'$ de cada dente teve uma variação insignificante de -0,37 a 5,92 na análise de regressão linear múltipla revelou que n do esmalte foi estatisticamente significativo de $\Delta H'$ ($p = 0,01$) com um coeficiente de determinação de 42%. Já as coordenadas de Δa^* (verde-vermelho) de cada dente apresentou alterações insignificantes o qual variou de -4,27 a 0,46, enquanto os valores de Δb^* (azul-amarelo) eram altamente variáveis, pois alterou de -6,6 a 9,15. Portanto, observa-se que a alteração na cor dos dentes com a diminuição da espessura do esmalte depende mais das mudanças dos valores de Δb^* . Então, após o corte completo do esmalte mostra que a espessura do esmalte dos dentes intactos não foi preditora estatisticamente significativa na $\Delta L'$ e $\Delta C'$ e que o n do esmalte foi estatisticamente significativo preditor na ΔE_{00} .

A diferença na opacidade está relacionada com a espessura e a composição dos materiais. Compósitos contendo cargas menores e bem distribuídas e índices de refração semelhantes permite maior transmissão de luz (ROCHA *et al.*, 2018).

A habilidade da resina composta de mascarar qualquer substrato escurecido depende da espessura e da colocação de uma resina composta mais opaca em camadas mais finas, pois a quantidade a mais do que a necessária pode afetar a cor final da restauração. Foram utilizados três sistemas de resina composta Charisma Diamond (Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha), IPS Empress Direct (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e Filtek Z350 XT (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA). Para o IPS Empress Direct e Filtek Z350 XT, foram selecionadas duas cores com opacidades correspondentes ao esmalte (EA1 e A1E respectivamente) e dentina (DA1 e A1B respectivamente). Foram realizados corpos de prova em forma de cilindro (10mm de diâmetro x 1,0mm de espessura) em um molde metálico. Os compósitos foram fotopolimerizados com um LED Raddi Cal (irradiância $\approx 1.000\text{mW/cm}^2$; SDI, Victoria, Austrália) por 40s, seguido de polimento com lixas de Carboneto de Silício (SiC) 600grit (Norton Saint-Gobain, Guarulhos, SP, Brasil) e o diâmetro final medido com paquímetro digital. A opacidade das amostras ($n = 3$) foi avaliada com um espectrofotômetro de esfera (SP60, X-Rite, Grand Rapids, MI, EUA), no modo de refletância, usando o sistema CIE $L^* a^* b^*$. As medições foram realizadas com

iluminante D65, com comprimento de onda de 400 a 700nm, e com luz especular incluída (modo SPIN). Os parâmetros de cor foram medidos sobre dois fundos: branco ($L^* = 95,2$, $a^* = -1,2$, $b^* = 0,3$) e preto ($L^* = 0,2$, $a^* = 0,3$, $b^* = 0,2$), enquanto a opacidade foi calculada automaticamente pelo espectrofotômetro usando esses fundos. Posteriormente, três outros espécimes em forma de cilindro (10mm de diâmetro x 3,0mm de espessura) foram confeccionados para cada resina composta de dentina. Cada cilindro de dentina foi combinado com os três cilindros de esmalte de 1mm de espessura, resultando em nove pares ($n = 9$) de cilindros de esmalte-dentina. Em seguida, o cilindro de esmalte foi posicionado sobre a dentina com uma fina camada de glicerina para evitar alterações no índice de refração causado pelo ar; e os pares de cilindros de esmalte-dentina foram colocados sobre um fundo escuro ($L^* = 24,7$, $a^* = 0,1$, $b^* = 0,1$). Os cilindros de cor de dentina foram lixados manualmente com papel SiC 600grit até atingirem 2,9mm de espessura. As medições de opacidade e cor foram repetidas após cada redução de 0,1mm no cilindro de dentina até usar 1,0mm de compósito de dentina. A ΔE_{00} (médio e padrão) foram plotados em função da espessura da dentina, seguido do cálculo de regressões polinomiais de 3ª ordem, a qual foi usada para estimar a redução mínima na espessura do cilindro de dentina necessária para obter variações de cor perceptíveis (0,81) e clinicamente relevantes (1,77). Não foram observadas diferenças significativas entre os compósitos de dentina. Em relação às tonalidades do esmalte, IPS Empress Direct e Filtek Z350 XT apresentaram opacidades semelhantes e inferiores às medidas para Charisma Diamond. Curvas de ΔE_{00} em função da espessura do compósito de dentina apresentou valores de $p < 0,001$; e o coeficiente de determinação variou de 0,893 (IPS Empress Direct) a 0,955 (Filtek Z350 XT). Para obter valores perceptíveis nos cilindros de dentina de 3,0mm de espessura, foi necessário reduzir espessuras em torno de 2,41 mm (Filtek Z350 XT) a 2,01 mm (IPS Empress Direct). Com relação a manter as mudanças de cor clinicamente aceitáveis, os cilindros de dentina não poderiam ser mais finos que 1,44mm, 1,30mm e 1,15mm para Filtek Z350-XT, IPS Empress Direct e Charisma Diamond, respectivamente. Os coeficientes determinantes dos cilindros de dentina variaram de 0,707 a 0,932. Quando foi correlacionado com a opacidade dos cilindros de esmalte-dentina variou de 0,524 a 0,716. Mantiveram a espessura da tonalidade do esmalte em 1,0mm, portanto, a opacidade dos compósitos de esmalte variou de 53,7% para o IPS Empress Direct (mais translúcido) a 62,1% para o Charisma Diamond (mais opaco). Logo, os materiais mais translúcidos requerem

incrementos mais espessos para ocultar a cor do substrato subjacente. Não obteve diferença significativa entre as marcas de compósito de dentina na opacidade, a qual foi observada nos cilindros com 1,0mm (61,1 a 64,8%) ou 3,0 mm (88,2 a 88,5%) de espessura; e as opacidades da combinação de cores de esmalte-dentina foram fortemente afetadas pela opacidade de esmalte. Porque os cilindros de esmalte de 1,0mm bloquearam mais de 50% da transmissão de luz. Portanto, com base apenas nas opacidades dos tons de esmalte, pode ser esperado que a redução da espessura de dentina resulte em mudanças mais pronunciadas em ΔE_{00} . O IPS Empress direct e Filtek Z350 XT apresentam resinas compostas de esmalte mais translúcidas (53,7 e 56,4, respectivamente), resultando em aumento da inclinação nas linhas de correlações entre ΔE_{00} e a opacidade dos cilindros de dentina (7,08 e 6,02, respectivamente) ou os pares de cilindros esmaltados (11,59 e 12,37, respectivamente). Devido à manutenção constante da espessura dos cilindros de esmalte durante as medições, a opacidade geral teve redução devido os cilindros de dentina. As análises de regressão apresentaram coeficientes de determinação elevados variando de 0,894 a 0,955, demonstrando que as fórmulas calculadas explicam fortemente a relação entre a espessura dos compósitos de dentina e as alterações na última cor. Portanto, os compósitos de dentina com espessuras entre 1,15mm - 1,44mm não modifica significativamente a cor final das restaurações se tiver um compósito de esmalte com espessura de 1,0mm. Os resultados demonstraram que, apesar das diferenças na opacidade entre os sistemas compostos avaliados, reduções de espessura semelhantes causam alterações de cor perceptíveis e clinicamente relevantes semelhantes (SANTOS; SILVA e FARIA, 2018).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar a influência da espessura da camada de esmalte em estratificações de resina composta.

3.2. Objetivos Específicos

- I. Verificar a influência da espessura da camada de esmalte no valor final;
- II. Analisar a influência da espessura da camada de esmalte na cor final;

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Confeção dos Corpos de Prova

Para realização da pesquisa, foi utilizada a resina composta da marca Vittra APS com as seguintes combinações de cores, conforme o **(quadro 2)**.

COMBINAÇÃO DE CORES UTILIZADAS	
DA3/EA3,5	DB1/EA2
DA3/EA2	DB1/EBL2
DA3/EA1	DBL2/EBL2
DA3/EBL2	DBL2/EA3,5
DA1/EA2	DBL2/EA1
DA1/EA1	DBL2/EA2
DA1/EA3,5	DBL1/EA1
DA1/EBL2	DBL1/EA2
DB1/EA3,5	DBL1/EBL2

Quadro 2. Combinação de cores utilizadas resina Vittra APS.

Foram confeccionados 19 grupos com 3 espécimes de espessuras diferentes, 1 amostra por grupo, totalizando 57 amostras (dentina+ esmalte) e 5 amostras de dentina, padronizadas através do uso de um conformador (Odeme), em formato de discos circulares com 6mm de diâmetro, a qual foi calibrada com paquímetro (Paquímetro Digital Absolute Mitutoyo 150mm) nas espessuras de 4mm de dentina; 4,5mm; 5mm e 5,5mm de dentina e esmalte. A Resina foi colocada no conformador com auxílio de uma espátula, cerca de 2mm e fotopolimerizada, por conseguinte, os outros 2mm, com auxílio de um plástico filme policloreto de vinila (PVC), para evitar que a RC venha aderir na placa de vidro, juntamente com a placa de vidro foi prensada a RC no conformador para que a resina atinja espessura uniforme e fotoativar. A espessura de cada disco foi conferida com o auxílio do especímetro (Iwanson Inox 0/10mm). Todas as amostras foram fotoativadas com o fotopolimerizador LED (Valo, Ultradent, South Jordan, EUA) com uma densidade de potência $> 1.000 \text{ mW/cm}^2$ por 20s na superfície superior e inferior dos discos.



Figura 8. Mesa de trabalho para confecção dos corpos de prova.



Figura 9. Verificando a espessura desejada para confecção do espécime.



Figura 10. Retirada do primeiro incremento de resina.

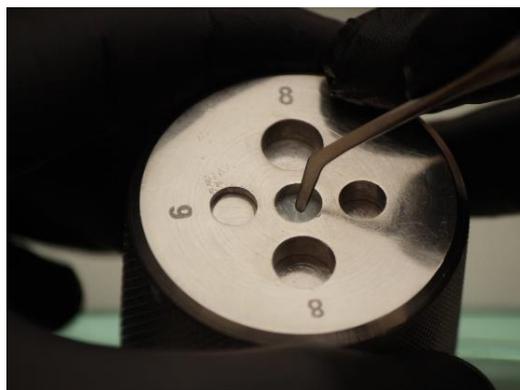


Figura 11. Compactação do primeiro incremento de resina.

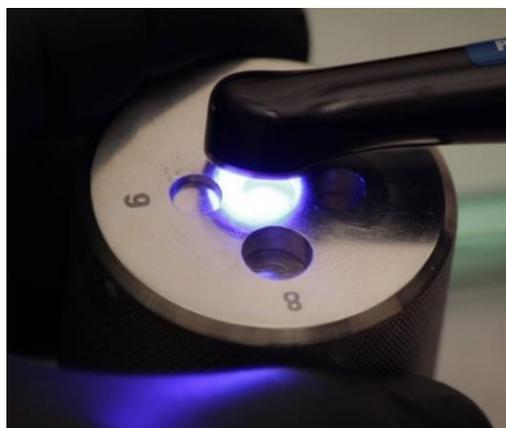


Figura 12. Fotoativação do primeiro incremento.



Figura 13. Restante de incremento de resina, compactação com plástico filme policloreto de vinila (PVC) e placa de vidro para atingir a espessura uniforme.

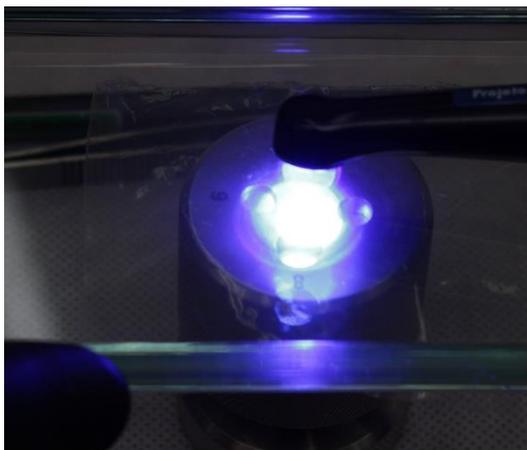


Figura 14. Fotoativação logo após a compactação da resina, juntamente com flastido filme (PVC) e a placa de vidro.



Figura 15. Fotoativação final, sem o plástico filme (PVC) e a placa de vidro.

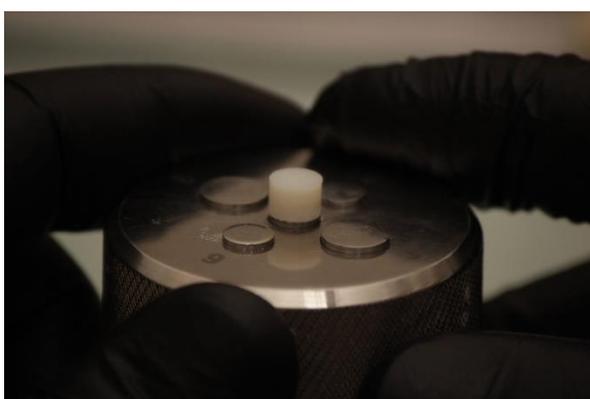


Figura 16. Espécime pronto, na espessura desejada.



Figura 17. Matriz de silicone, o qual será colocado os espécimes para realização das fotografias para o registro da cor.



Figura 18. Corpo de prova pronto para realização da fotografia.

4.1.1. Espessura dos Corpos de Prova

Foram confeccionados 57 espécimes de dentina + esmalte e 5 espécimes de dentina, todos com diâmetro de 6mm. A espessura das amostras estão descritas no **(quadro 3)**.

Tipo de Resina	Espessura
Esmalte (E)	0,5mm
	1mm
	1,5mm
Dentina (D)	4m

Quadro 3. Espessuras dos corpos de prova da resina Vittra APS (FGM).

4.2. Avaliação Colorimétrica

As medições colorimétricas foram realizadas sobre um fundo preto e os corpos de prova colocados em uma matriz de silicone, com altura dos espécimes para não haver interferência da luz. A fotografia foi realizada com a Câmera Digital Nikon D7200, lente de 85mm, ISO 125, F22, distância do foco 11/4 com auxílio do Ring Flash EM-140DG da Sigma calibrada em 1/1 e com um filtro polarizador polar_eyes acoplado.



Figura 19. Equipamento fotográfico utilizado.

As imagens obtidas foram calibradas no software eLAB_prime (HEIN *et al.*, 2020).

Segundo o estudo de HEIN et al (2017) a calibração adequada e ajuste de cores entre dispositivos digitais é necessário para que ocorra um gerenciamento correto das cores. Antes de importar o arquivo clínico RAW para o Adobe Lightroom, é necessário calibrar a câmera DSLR.

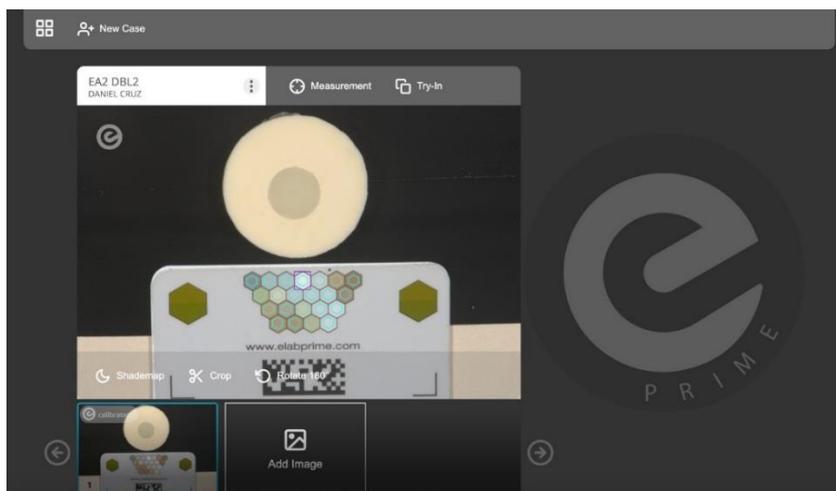


Figura 20. Imagem sendo calibrada no software eLAB_prime.

4.2.1. Classic Color Meter

O registro da cor foi realizado de acordo com a escala de cores CIEL*a*b* a partir do Classic Collor Meter. A diferença de coloração (ΔE) foi utilizado ΔE_{00} , a cor será medida 4 vezes e realizado o cálculo de seu valor médio. Onde, o valor de Δ representa a variação entre o valor inicial e o valor final, em todas as variáveis analisadas (L^* , a^* e b^*).

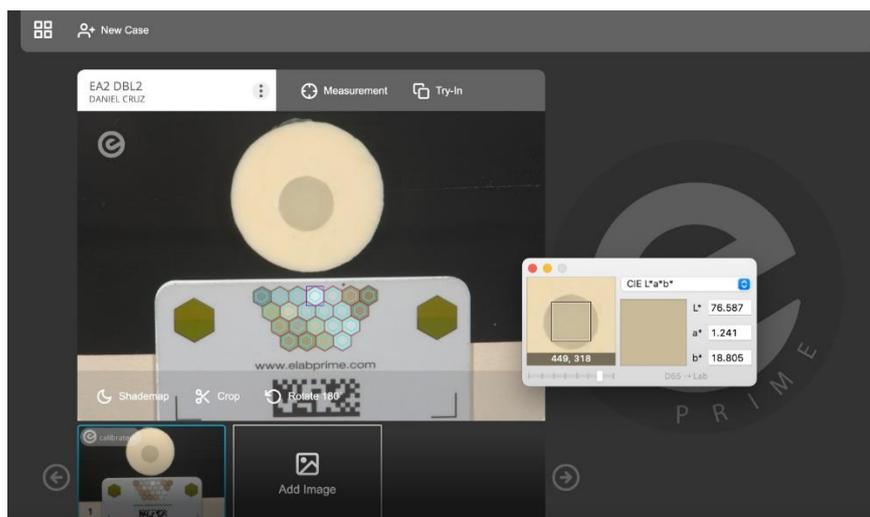


Figura 21. Registro de cor CIEL*a*b* pelo software Classic Color Meter.

4.2.2. CIEDE2000

Foi utilizado o sistema CIEDE2000, pois, é o que apresenta a maior quantidade de cores visíveis ao olho humano. A etapa vai ser calculada via planilha do Microsoft Excel no site Sharma. No sistema CIEDE2000 o Delta E (ΔE_{00}) é a diferença de cor total entre duas amostras de cores com diferenças de: $\Delta L'$, $\Delta C'$ e $\Delta H'$ antes e depois do esmalte. O R_T é responsável pela interação entre croma e diferenças de tonalidade na região azul. As funções de pesagem: S_L , S_C e S_H . Os fatores paramétricos: K_L , K_C , e K_H serão ajustados de acordo com diferentes parâmetros de visualização. A qual é determinada pela seguinte fórmula:

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)}$$

Data		
Sample A*	83,77 -2,35 2,62	
Chroma	3,52	
Hue	131,89	
Sample B*	69,36 -1,74 4,79	
Chroma	5,1	
Hue	109,96	
Δ Chroma	-1,58	
Δ Hue	21,93	
CIE D00	10,56	
CIE 76	14,59	

* You must enter CIELAB values: L, a and b, separated by spaces or tabs. Like example!

Calc

Figura 22. Software usado para calcular o ΔE_{00} (jpereira.net)

4.3. Análise Estatística

Após esse processo, os dados foram apresentados utilizando mediana, média e desvio padrão. A normalidade dos dados foi testada por meio do teste Shapiro-Wilk. As comparações entre as variáveis L^* ao longo do tempo foram feitas por meio do teste de Friedman, com comparação múltipla ajustada pela correção de Bonferroni. A comparação dos deltas foi realizada por meio dos teste de Kruskal-Wallis, utilizando também a comparação múltipla ajustada pela correção de Bonferroni. Foi utilizado o nível de significância estatística de 5% ($p < 0,05$). A análise dos dados foi realizada utilizando o SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp).

5. RESULTADOS

Na **tabela 1** foram observadas diferenças estatisticamente significativas nas medidas de L* ($p < 0,001$). A medida L*0 apresentou valores mais elevados significantes do que as medidas L*2 ($p = 0,034$) e L*3 ($p < 0,001$).

Tabela 1. Comparação dos valores de L*.

	Mediana	Média	DP	Teste Friedman
L*0	77,43a	77,86	5,36	$p < 0,001$
L*1	74,85ab	74,58	3,91	
L*2	74,56b	74,19	3,08	
L*3	72,78b	72,52	3,44	

Legenda: Letras diferentes significam diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Teste de comparação múltipla ajustado pela correção de Bonferroni.

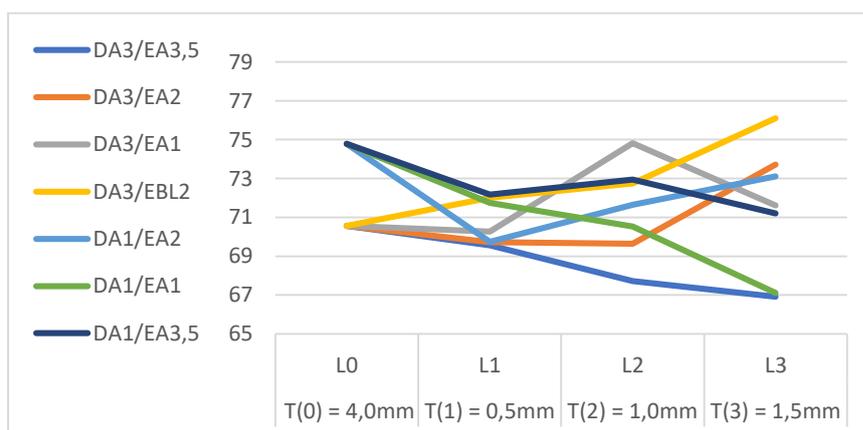


Gráfico 1. a) Comparação dos valores de L* da resina VITTRA APS (FGM).

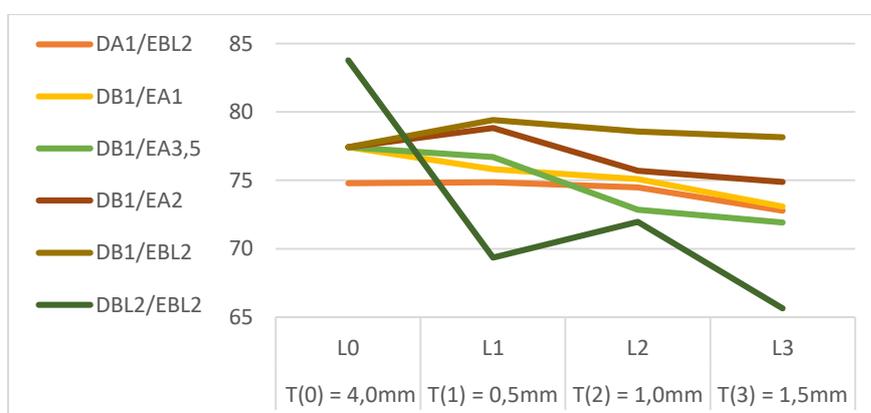


Gráfico 1. b) Comparação dos valores de L* da resina VITTRA APS (FGM).

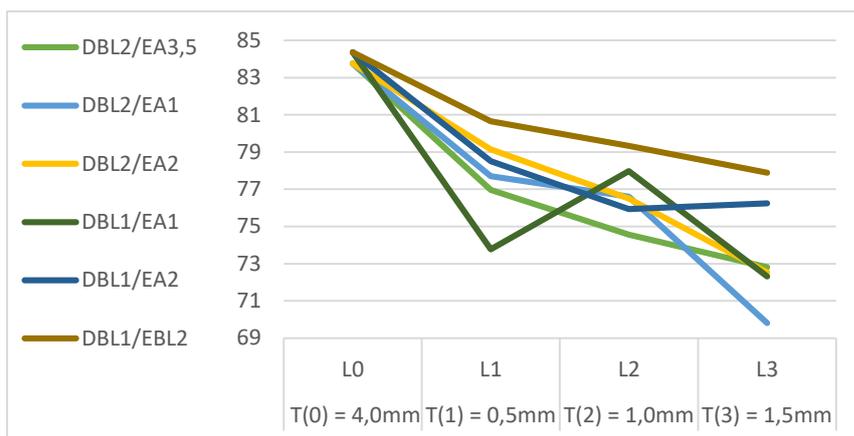


Gráfico 1. c) Comparação dos valores de L* da resina VITTRA APS (FGM).

Comparações múltiplas	Teste	p-valor
L3-L2	0,632	0,790
L3-L1	1,053	0,072
L3-L0	1,789	<0,001
L2-L1	0,421	1,000
L2-L0	1,158	0,034
L1-L0	0,737	0,471

Na comparação entre os deltas E, apresentada na **tabela 2**, houveram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,001$). Observa-se que as variáveis $\Delta E2$ (T0-T2) e $\Delta E3$ (T0-T3) apresentaram valores maiores (todos $p < 0,05$) do que $\Delta E4$ (T1-T2) e $\Delta E5$ (T2-T3).

Tabela 2. Comparação entre os valores de ΔE^* .

	Mediana	Média	DP	Teste Kruskal-Wallis
$\Delta E1$ (T0 -T1)	4,12ab	5,84	3,75	p < 0,001
$\Delta E2$ (T0-T2)	6,80a	7,58	4,54	
$\Delta E3$ (T0-T3)	8,07a	9,34	5,38	
$\Delta E4$ (T1 -T2)	2,58b	2,71	1,58	
$\Delta E5$ (T2-T3)	2,23b	2,77	2,08	
$\Delta E6$ (T1-T3)	3,69ab	4,49	2,18	

Legenda: Letras diferentes significam diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Teste de comparação múltipla ajustado pela correção de Bonferroni.

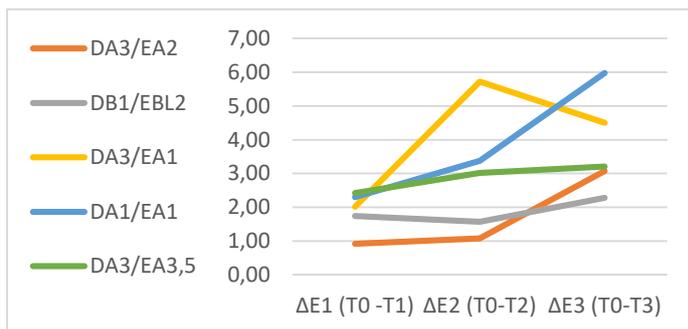


Gráfico 2. a) Comparação entre os valores de ΔE^* da resina VITTRA APS (FGM).

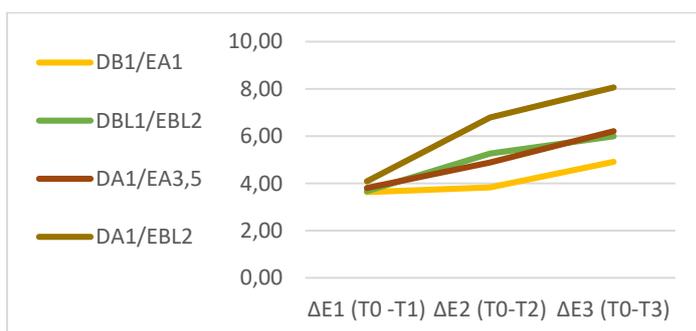


Gráfico 2. b) Comparação entre os valores de ΔE^* da resina VITTRA APS (FGM).

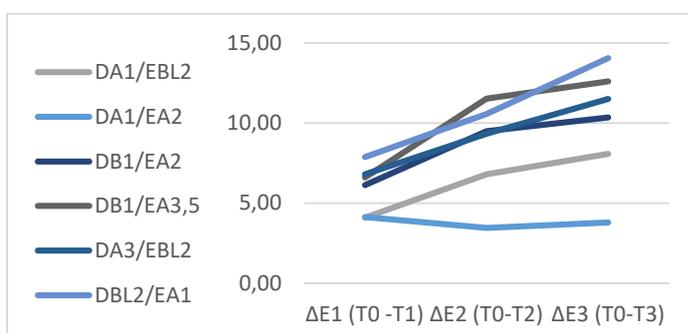


Gráfico 2. c) Comparação entre os valores de ΔE^* da resina VITTRA APS (FGM).

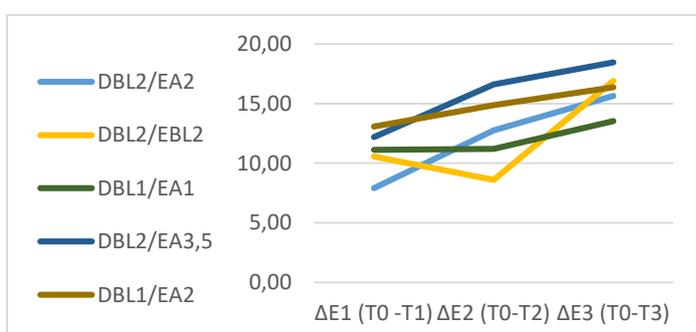


Gráfico 2. d) Comparação entre os valores de ΔE^* da resina VITTRA APS (FGM).

Na **tabela 3** mostra os valores do parâmetro de interpretação de ΔE_{00} de cada grupo de espécimes.

Tabela 3. Parâmetro de interpretação de ΔE_{00} .

RESINAS	GRUPO	ΔE_5 (T2-T3)	ΔE_4 (T1 -T2)	ΔE_6 (T1-T3)	ΔE_1 (T0 -T1)	ΔE_2 (T0-T2)	ΔE_3 (T0-T3)
	DA3/EA3,5	0,89	1,47	2,26	2,42	3,02	3,21
	DB1/EBL2	1,01	1,59	2,59	1,74	1,57	2,28
	DBL1/EBL2	1,02	1,62	2,36	3,67	5,26	5,99
	DB1/EA3,5	1,22	5,41	6,55	6,60	11,52	12,59
	DB1/EA2	1,34	4,07	5,14	6,13	9,48	10,34
	DBL1/EA2	1,80	2,58	3,83	13,09	14,89	16,37
	DA1/EA2	1,85	1,75	3,29	4,12	3,45	3,79
VITRA APS (FGM) NATURAL	DB1/EA1	1,91	0,53	2,35	3,63	3,84	4,92
	DA1/EBL2	2,01	2,93	4,58	4,09	6,80	8,07
	DBL2/EA3,5	2,23	5,02	7,16	12,21	16,61	18,47
	DA1/EA3,5	2,24	1,63	2,56	3,81	4,89	6,21
	DA3/EA1	2,62	4,74	2,84	2,01	5,72	4,50
	DA1/EA1	2,76	1,17	3,69	2,30	3,38	5,98
	DA3/EBL2	3,24	2,73	5,55	6,80	9,32	11,50
	DA3/EA2	3,46	0,43	3,31	0,92	1,08	3,07
	DBL2/EA2	3,67	5,21	8,46	7,91	12,76	15,66
	DBL1/EA1	4,36	3,67	2,82	11,12	11,21	13,54
	DBL2/EA1	5,22	2,95	6,93	7,87	10,57	14,05
	DBL2/EBL2	9,83	2,00	8,98	10,55	8,61	16,92

Legenda: Combinação Perfeita ($\Delta E_{00} \leq 0.8$); Combinação Aceitável ($\Delta E_{00} > 0.8, \leq 1.8$); Combinação Incompatível ($\Delta E_{00} > 1.8$).

6. DISCUSSÃO

Atualmente, na odontologia restauradora estética, a cor tem um papel fundamental no dia clínico do cirurgião dentista, para que o mesmo consiga restaurar um dente que se integre ao restante da dentição, é necessário usar os materiais com as espessuras e propriedades ópticas corretamente, para que haja sucesso no tratamento, pois mudanças na espessura podem resultar em valores completamente diferentes em croma, matiz, translucidez e opalescência. Portanto, as mudanças de cor da resina de esmalte em várias espessuras tornam-se definitivamente um dos aspectos mais importantes a serem analisados.

De acordo com o nosso trabalho o L0* serviu como referência para avaliarmos se houve diminuição ou aumento no valor de L*. A grande maioria dos grupos obtiveram uma diminuição estatisticamente significativa ($p < 0,001$) nos valores de L1*; L2* e L3*, conforme o aumento das espessuras de esmalte.

Em nosso trabalho, no grupo DBL2/EA2 observou-se que a camada apenas de dentina (L0) mostrou um elevado valor de L* e após a colocação da camada de esmalte houve uma grande queda no valor de L* de 83,77 para 72,54 com 1,5mm (L3*) esmalte. Nesse grupo pudemos observar que com o aumento das espessuras de esmalte o valor de L* diminuiu significativamente. Portanto, houve uma diminuição no valor de L* nas espessuras 0,5mm (L1*); 1,00mm (L2*) e 1,5mm (L3*). Mostrando que a associação dessas duas cores leva a uma queda muito grande no valor de L*. Esse mesmo comportamento foi observado nas combinações DA3/ EA3,5; DA1/ EA1; DB1/EA1; DB1/EA3,5; DBL2/EA3,5; DBL2/EA1 e DBL1/EBL2 que mostraram que houve uma diminuição no valor de L* com o aumento da espessura de esmalte. Resultados semelhantes foram encontrados por FRIEBEL et al (2012) que sustentaram que ao aumentar a espessura da camada de esmalte a restauração parece mais escura (valor de L* menor).

Nos resultados do grupo DBL2/EBL2 a camada apenas de dentina (L0) mostrou um elevado valor de L* e após a colocação da camada de esmalte houve uma grande queda no valor de L* de 83,77 para 65,64 com 1,5mm (L3*) de esmalte. Nas espessuras de 0,5mm (L1*) e 1,0mm (L2*) também obtiveram uma diminuição no valor de L*. Curiosamente, a espessura de 1mm obteve um valor de L* mais alto comparado ao 0,5mm (L1*) e 1,5mm (L3*) de esmalte. Mostrando que a associação dessas duas cores leva uma queda muito grande no valor de L*. Esse mesmo

comportamento foi observado nas combinações DA1/EA3,5; e DBL1/EA1 a qual mostrou que houve uma diminuição no valor de L^* com a maior espessura, porém na camada de 0,5mm ($L1^*$) obteve valor de L^* mais baixo do que com 1mm ($L2^*$) de esmalte. Resultados similares foram encontrados por VILLARROEL et al (2011) ao comparar dois discos de resina composta de dentina (por exemplo, 1mm e 2mm de espessura, respectivamente), ambos cobertos com 1mm de resina de esmalte, o disco mais grosso de resina de dentina apresentará maior opacidade, cor e valor. No entanto, ao comparar dois discos de resina composta de dentina com 1 mm de espessura (por exemplo, sobrepostos com 1 e 2 mm de resina de esmalte), este último apresenta menor valor de L^* e cor. Assim, em relação à camada final de esmalte, é importante ressaltar que uma certa espessura não deve ser negligenciada, pois restaurações com resinas de translucidez excessivamente alta tornam cinzas e demonstram um valor menor (VILLARROEL et al., 2011).

No grupo DB1/EBL2 em relação a camada apenas de dentina ($L0$) observamos que houve um aumento no valor de L^* de 77,43 para 78,16 com 1,5mm ($L3^*$) de esmalte. Mostrando que a associação dessas duas cores levou a um aumento no valor de L^* . Porém, em relação as espessuras de esmalte houve uma diminuição decrescente no valor de L^* com o aumento das espessuras. Os valores que obtivemos foram $L1^*= 79.41$ (0,5mm); $L2^*= 78.57$ (1,00mm) e $L3^*= 78.16$ (1,5mm). Resultados similares foram encontrados por FERRARIS et al (2014) que encontrou uma diminuição no valor, cor e translucidez com o aumento da espessuras da camada de esmalte quando usada uma determinada resina composta (HFO). Quando utilizada a resina composta (HRI) houve um aumento no valor de L^* conforme aumentava a espessura da camada de esmalte e diminuição no cor e translucidez. espessura aumenta. Por outro lado, a espessura deve ser avaliada com cuidado, pois o uso de camadas de esmalte muito espessas pode resultar em uma restauração final de valor de L^* muito alto. A diferença de cor entre os dois materiais examinados é clinicamente perceptível, em todos os casos, exceto na espessura de 0,3mm. No entanto, com exceção de 1,5mm de espessura, essas diferenças de cor permanecem clinicamente aceitáveis. Para ambos os materiais testados, o aumento da espessura reduziu a translucidez.

No grupo DB1/EA2 em relação a camada de dentina ($L0$) observamos um aumento do valor do L^* de 77,43 para 78,82 comparado com a colocação de uma camada de 0,5mm ($L1^*$) de esmalte, no entanto houve uma diminuição no valor de L^*

de 77,43 para 74,89 nas espessuras de 1,00mm (L2*) e 1,5mm (L3*) de esmalte comparado a camada apenas de dentina (L0). Mostrando que a associação dessas duas cores levou a um aumento no valor de L* na espessura de 0,5mm (L1*) de esmalte e uma diminuição no valor de L* nas espessuras de 1,00mm (L2*) e 1,5mm (L3*) de esmalte. Esse mesmo comportamento foi observado no grupo DA1/EBL2 a qual mostrou que houve um aumento no valor de L* na espessura de 0,5mm (L1*) de esmalte e uma diminuição no valor de L* nas espessuras de 1,00mm (L2*) e 1,5mm (L3*) de esmalte. Esta observação mostra a importância do cuidado na seleção da cor da dentina, pois se a mesma apresentar um valor de L* muito baixo, quando colocado o esmalte, dependendo da combinação, haverá uma diminuição ainda maior no valor de L*. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de VICHI et al (2007) mostrou que na técnica de estratificação a proporção das espessuras da camada da base e do material de cobertura teve uma influência importante na cor final da amostra. Quando as espessuras das resinas compostas cromáticas translúcidas aumentam, o valor de L* diminui e o croma aumenta (VILLARROEL et al., 2011).

Em relação a ΔE_{00} nós pudemos observar que houve uma diferença estatisticamente significativa entre os momentos T0 e T2; T0 e T3. Em relação ao grupo DA3/EA1 no momento T3 houve uma diminuição no valor de ΔE_{00} com a espessura de 1,5mm de esmalte. Nas demais combinações de cores no momento T0 e T3 houve um aumento no valor de ΔE_{00} com espessura de 1,5mm de esmalte. Em relação a ΔE_{00} nós pudemos observar que houve uma diferença estatisticamente significativa entre os momentos T0 e T1; T0 e T2. Em relação ao grupo DB1/EBL2; DA1/EA2 e DBL2/EBL2 no momento T1 houve um aumento estatisticamente significativo no valor de ΔE_{00} com a espessura de 0,5mm de esmalte. Nas combinações de cores entre os momentos T1 e T3 houve uma diminuição estatisticamente significativa no valor de ΔE_{00} no grupo DBL1/EA1 em relação aos momentos entre T1 e T2. Nos momentos entre T1 e T2 houve um aumento estatisticamente significativo no valor de ΔE_{00} no grupo DA3/EA1 em relação aos momentos entre T1 e T3. Nas combinações de cores nos momentos entre T2 e T3 houve um aumento estatisticamente significativo no valor de ΔE_{00} nos grupos DA3/EA2 e DBL2/EBL2 em relação aos momentos entre T1 e T3. No entanto nas combinações de cores entre os momentos T2 e T3 houve uma diminuição estatisticamente significativa no valor de ΔE_{00} nos grupos DA3/EA3,5; DB1/EBL2; DBL1/EBL2; DBL1/EA2; DA1/EBL2; DB1/EA2; DBL2/EA3,5; DBL2/EA2 e DB1/EA3,5

em relação os momentos entre T1 e T3. Com isso, pudemos observar que a relação entre os momentos T1-T2 e T2-T3 obtiveram o maior número de combinações com os resultados no valor de ΔE_{00} dentro do limiar de perceptibilidade e aceitabilidade.

Apesar do limiar de perceptibilidade e aceitabilidade publicado por PARAVINA et al (2016) não ser específico para a técnica de fotolorimetria, quando aplicado neste caso, mostrou que, os únicos valores que não são perceptível de cor é no momento T1 e T2 para a combinações DA3/EA2 ($\Delta E_{00}=0.43$) e DB1/EA1 ($\Delta E=0.53$) e no entanto após o momento T2 a diferença de cor era incompatível em todos os grupos com exceção do grupo DB1/EBL2 e DA3/EA2, mostrando que com o aumento da espessura do esmalte altera incompativelmente a cor a partir do T0. No momento T1 e T2 observamos que as combinações de cor DA3/EA3,5; DB1/EBL2; DBL1/EBL2; DA1/EA2; DA1/EA3,5 e DA1/EA1 ficaram dentro da combinação aceitável ($\Delta E_{00} >0.8, \leq 1.8$). Já o momento T2 e T3 mostrou que as combinações DA3/EA3,5; DB1/EBL2; DBL1/EBL2; DB1/EA3,5; DB1/EA2 e DBL1/EA2 também ficaram dentro da combinação aceitável ($\Delta E_{00} >0.8, \leq 1.8$). Por outro lado, no momento T1 e T3 os valores de ΔE_{00} foram superiores ao valor de aceitabilidade, se tornando incompatíveis ($\Delta E_{00} >1.8$). Esses resultados nos mostram a importância da seleção correta da cor da dentina para se alcançar o resultado da cor final do dente. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de FERRARIS et al (2014), o qual mostrou que com o aumento da espessura da camada de esmalte resultou em uma diminuição significativa da translucidez para ambos os materiais testados, proporcionando diferença na cor final. As diferenças de cor no limiar de perceptibilidade $\Delta E = 1,8$ foram visualmente detectáveis em camadas de esmalte compostas iguais ou mais espessas que 0,5 mm.

Segundo IKEDA; MURATA; SANO (2004) avaliaram o parâmetro de translucidez de resinas opacas de cor A3 de três marcas (Palfique Estelite (PE) e Filtek A110 (FA)) e observaram que no aumento das espessuras do esmalte o valor de translucidez diminuía significativamente em ambas. No entanto, em relação a perceptibilidade dos valores de ΔE^* em ambas as marcas os espécimes com espessuras de 1mm apresentaram valores aceitáveis, tornando o limiar de aceitabilidade compatível, por outro lado, quando houve o aumento da espessura para 2mm os valores de ΔE^* foram superiores aos valores de aceitabilidade e se tornaram incompatível ($\Delta E_{00} >1.8$).

Quando comparado com o estudo de KAMISHIMA; IKEDA; SANO (2005), observamos um resultado semelhante, quanto mais espessas as camadas de esmalte menores os valores de translucidez, independentemente da cor, acarretando uma diminuição significativa na opacidade. Em relação ao valor (L^*), as cores opacas apresentaram valores superiores aos do esmalte e corpo em ambos os produtos. Ao comparar os valores (L^*) entre as resinas FS e GD, a cor opaca de GD apresentou um valor superior em comparação com a FS. Porém, a translucidez aumentou exponencialmente com a diminuição da espessura, independente da cor.

É importante conhecer o comportamento colorimétrico da resina composta que está sendo utilizada em cada caso, para que possamos compreender a associação correta das cores, e não apenas somente em relação as espessuras. Segundo o trabalho de HEIN et al (2017) foram avaliados 147 incisivos centrais superiores que apresentaram o valor de L^* entre 71.42 a 78.90. Ao compararmos nossos resultados com estes, conseguimos observar quais combinações de resinas poderiam ser potencialmente utilizadas para restaurar casos na clínica diária. Os maiores desafios encontram-se sempre em dentes com valores de L^* elevados. Clinicamente, para dentes com valores de L^* 78, por exemplo, a combinação que poderia ser utilizada seria DBL1/EA1 com espessura de 1,0mm. Para a combinação com valor de L^* 75 seria o grupo DA1/EBL2 para as espessuras de 0,5mm e 1,0mm; Para as combinações com valor de L^* 71 seriam DA1/EA1 na espessura de 1,0mm. Nas combinações DA1/EBL2; DB1/EA1; DB1/EA3,5 e DB1/EA2, nas três espessuras de 0,5mm; 1,00mm e 1,5mm ficaram dentro do valor de L^* segundo o trabalho de HEIN et al (2017).

Os resultados que obtivemos neste trabalho corroboram com os resultados que estão na literatura, conforme o aumento da espessura da camada de esmalte vai havendo interferência no valor de L^* , conseqüentemente alterando o valor de ΔE_{00} . No entanto, precisamos entender também o comportamento colorimétrico da resina composta da dentina, pois, ao escolhermos uma dentina com o valor de L^* muito baixo, quando colocado a camada de esmalte, dependendo da combinação, ocorre uma maior diminuição no valor de L^* . Portanto, esses resultados nos mostram a importância desse estudo para alcançarmos na cor real do dente e obtermos sucesso no tratamento de restaurações estéticas.

Entre as limitações deste estudo podemos citar a utilização de uma única marca de resina composta e a avaliação de apenas 1 corpo de prova por grupo.

Seria necessário realizar novos estudos com outras espessuras, outras técnicas de estratificação, comparação dos valores obtidos através do protocolo eLAB com o espectrofotômetro, comparar outras marcas de resinas compostas e realizar mais corpos de prova por grupo, pois pode haver diferença nos valores das coordenadas do CIEL*a*b*.

7. CONCLUSÃO

Considerando as limitações do estudo, concluiu-se que diferentes espessuras de resina composta de esmalte variam o valor de L^* e a cor no final da restauração.

REFERÊNCIAS

AHMAD, I. Three-dimensional shade analysis: perspectives of color--Part II. **Practical periodontics and aesthetic dentistry: PPAD**, v. 12, n. 6, p. 557, 2000.

AN, Jung-Sub et al. The influence of a continuous increase in thickness of opaque-shade composite resin on masking ability and translucency. **Acta Odontologica Scandinavica**, v. 71, n. 1, p. 120-129, 2013.

ARDU, Stefano et al. Influence of water sorption on resin composite color and color variation amongst various composite brands with identical shade code: an in vitro evaluation. **Journal of dentistry**, v. 39, p. e37-e44, 2011.

ARIMOTO, Ayako et al. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. **Dental Materials**, v. 26, n. 11, p. 1090-1097, 2010.

BATTERSBY, Paul D.; BATTERSBY, Stephen J. Measurements and modelling of the influence of dentine colour and enamel on tooth colour. **Journal of dentistry**, v. 43, n. 3, p. 373-381, 2015.

BATTERSBY, Stephen J.; BATTERSBY, Paul D. Um modelo óptico relacionando ($L^* a^* b^*$) valores para uma superfície de espalhamento coberta com uma camada de espalhamento a valores ($L^* a^* b^*$) para a superfície descoberta e sua aplicação à cor do dente. **Pesquisa e aplicação de cores**, v. 40, n. 5, pág. 504-517, 2015.

BETRISEY, Emilie et al. The influence of stratification on color and appearance of resin composites. **Odontology**, v. 104, n. 2, p. 176-183, 2016.

BOHREN, Craig F.; HUFFMAN, Donald R. **Absorption and scattering of light by small particles**. John Wiley & Sons, 2008.

BROOK, A. H.; SMITH, R. N.; LATH, D. J. The clinical measurement of tooth colour and stain. **International dental journal**, v. 57, n. 5, p. 324-330, 2007.

BURTSCHER, P. Stability of radicals in cured composite materials. **Dental Materials**, v. 9, n. 4, p. 218-221, 1993.

CATTARUZZA M. Il colore. In: Cattaruzza M, editor. Odontoiatria conservativa restauri adesivi diretti fondamenti sul colore e sue applicazioni. **Viterbo, Italy: Promoden-ACME**; 2001, pp. 112–89

CHU, Stephen J. Precision shade technology: contemporary strategies in shade selection. **Practical procedures & aesthetic dentistry: PPAD**, v. 14, n. 1, p. 79-83; quiz 84, 2002.

CLARY, Jacqueline A. et al. Influence of light source, polarization, education, and training on shade matching quality. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 116, n. 1, p. 91-97, 2018.

DARABI, Farideh et al. Translucency and masking ability of various composite resins at different thicknesses. **Journal of Dentistry**, v. 15, n. 3, p. 117, 2014.

DENEHY, G. E. A direct approach to restore anterior teeth. **American journal of dentistry**, v. 13, n. Spec No, p. 55D-59D, 2000.

EDLÉN, Bengt. The refractive index of air. **Metrologia**, v. 2, n. 2, p. 71, 1966.

EIMAR, Hazem et al. The role of enamel crystallography on tooth shade. **Journal of Dentistry**, v. 39, p. e3-e10, 2011.

FERRARIS, Federico et al. Influence of enamel composite thickness on value, chroma and translucency of a high and a nonhigh refractive index resin composite. **Int J Esthet Dent**, v. 9, n. 3, p. 382-401, 2014.

FRIEBEL, Moritz et al. Optical properties of dental restorative materials in the wavelength range 400 to 700 nm for the simulation of color perception. **Journal of biomedical optics**, v. 14, n. 5, p. 054029, 2009.

FRIEBEL, Moritz et al. Simulation of color perception of layered dental composites using optical properties to evaluate the benefit of esthetic layer preparation technique. **Dental Materials**, v. 28, n. 4, p. 424-432, 2012.

GARTNER, Leslie P. **Tratado de histologia em cores**. Elsevier Brasil, 2007.

GIRIJA, Veerappan; STEPHEN, Hsu Chin-Ying. Characterization of lipid in mature enamel using confocal laser scanning microscopy. **Journal of dentistry**, v. 31, n. 5, p. 303-311, 2003.

HEIN, Sascha; TAPIA, Javier; BAZOS, Panagiotis. eLABor_aid: a new approach to digital shade management. **Int J Esthet Dent**, v. 12, n. 2, p. 186-202, 2017

HEIN, Sascha et al. Objective shade matching, communication, and reproduction by combining dental photography and numeric shade quantification. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 33, n. 1, p. 107-117, 2021.

JOHNSTON, William M. Color measurement in dentistry. **Journal of dentistry**, v. 37, p. e2-e6, 2009.

JOINER, Andrew. Tooth colour: a review of the literature. **Journal of dentistry**, v. 32, p. 3-12, 2004.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentals of physics**. John Wiley & Sons, 2013.

HARIRI, Ilnaz et al. Effects of structural orientation of enamel and dentine on light attenuation and local refractive index: an optical coherence tomography study. **Journal of dentistry**, v. 40, n. 5, p. 387-396, 2012.

HARIRI, Ilnaz et al. Estimation of the enamel and dentin mineral content from the refractive index. **Caries research**, v. 47, n. 1, p. 18-26, 2013.

HASEGAWA, Akira; IKEDA, Ikuo; KAWAGUCHI, Satoshi. Color and translucency of in vivo natural central incisors. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 83, n. 4, p. 418-423, 2000.

HO, C.; SYD, B.; DENT, G. Shade selection. **Australian Dental Practice**, p. 116-8, 2007.

HORIE, Kanako et al. Influences of composite–composite join on light transmission characteristics of layered resin composites. **Dental Materials**, v. 28, n. 2, p. 204-211, 2012.

IKEDA, Takasumi; MURATA, Yukie; SANO, Hidehiko. Translucency of opaque-shade resin composites. **American Journal of Dentistry**, v. 17, n. 2, p. 127, 2004.

INOKOSHI, S. et al. Opacity and color changes of tooth-colored restorative materials. **Operative Dentistry**, v. 21, n. 2, p. 73, 1996.

JOHNSTON, W. M.; KAO, E. C. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. **Journal of dental research**, v. 68, n. 5, p. 819-822, 1989.

JOHNSTON, William M.; REISBICK, M. H. Color and translucency changes during and after curing of esthetic restorative materials. **Dental Materials**, v. 13, n. 2, p. 89-97, 1997.

KAMISHIMA, Naoko; IKEDA, Takatsumi; SANO, Hidehiko. Color and translucency of resin composites for layering techniques. **Dental materials journal**, v. 24, n. 3, p. 428-432, 2005.

KIENLE, Alwin et al. Light propagation in dentin: influence of microstructure on anisotropy. **Physics in Medicine & Biology**, v. 48, n. 2, p. N7, 2002.

KIENLE, A.; MICHELS, R.; HIBST, R. Magnification—a new look at a long-known optical property of dentin. **Journal of dental research**, v. 85, n. 10, p. 955-959, 2006.

KNUETTEL, Alexander R.; BONEV, Slavtcho M.; KNAAK, W. New method for evaluation of in vivo scattering and refractive index properties obtained with optical coherence tomography. **Journal of biomedical optics**, v. 9, n. 2, p. 265-274, 2004.

KUEHNI, Rolf G. The early development of the Munsell system. **Color Research & Application: Endorsed by Inter-Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur**, v. 27, n. 1, p. 20-27, 2002.

LEE, Y.-K.; POWERS, J. M. Calculation of colour resulting from composite/composer layering techniques. **Journal of oral rehabilitation**, v. 31, n. 11, p. 1102-1108, 2004.

LEE, Yong-Keun; LU, Huan; POWERS, John M. Measurement of opalescence of resin composites. **Dental Materials**, v. 21, n. 11, p. 1068-1074, 2005.

LEE, Y. et al. Color and translucency of A2 shade resin composites after curing, polishing and thermocycling. **OPERATIVE DENTISTRY-UNIVERSITY OF WASHINGTON-**, v. 30, n. 4, p. 436, 2005.

LEE, Yong-Keun; YU, Bin. Measurement of opalescence of tooth enamel. **Journal of dentistry**, v. 35, n. 8, p. 690-694, 2007.

LEE, Yong-Keun. Opalescence of human teeth and dental esthetic restorative materials. **Dental materials journal**, v. 35, n. 6, p. 845-854, 2016.

LEGEROS, Racquel Z.; PILIERO, Joseph A.; PENTEL, Leon. Comparative Properties of Deciduous and Permanent (Young and Old) Human Enamel 1. **Gerodontology**, v. 2, n. 1, p. 1-8, 1983.

MCLAREN, Edward A. et al. Luminescent veneers. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, 1997.

MCLAREN, KEITH. Colour space, colour scales and colour difference. **Colour physics for industry. Huddersfield: H. Charlesworth & Co Ltd**, v. 1987, p. 97-115, 1987.

NAEIMI AKBAR, Homan et al. Relationship between color and translucency of multishaded dental composite resins. **International journal of dentistry**, v. 2012, 2012.

OGURO, Rena et al. The role of enamel thickness and refractive index on human tooth colour. **Journal of dentistry**, v. 51, p. 36-44, 2016.

PARAVINA, Rade D. et al. Color difference thresholds in dentistry. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 27, p. S1-S9, 2015.

PARAVINA, Rade D.; PÉREZ, Maria M.; GHINEA, Razvan. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: a comprehensive review of clinical and research applications. **Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry**, [s.l.], v. 31, n. 2, p. 103-112, mar. 2019.

PAUL, S. et al. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. **Journal of dental research**, v. 81, n. 8, p. 578-582, 2002.

RAGAIN, James C. A review of color science in dentistry: Colorimetry and color space. **J Dent Oral Disord Ther**, v. 4, n. 1, p. 1-5, 2016.

ROCHA MAIA, Rodrigo et al. Comparison of light-transmittance in dental tissues and dental composite restorations using incremental layering build-up with varying enamel resin layer thickness. **Restorative dentistry & endodontics**, v. 43, n. 2, 2018.

SANTOS, Sheila Mara Morais; SILVA, Paula Damasceno; FARIA-E-SILVA, André Luis. Color Changes Caused by Reduction on the Dentin Shade Composite Thickness. **Brazilian Dental Journal**, v. 29, n. 5, p. 469-474, 2018.

SCHMELING, Max et al. Translucency of value resin composites used to replace enamel in stratified composite restoration techniques. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 24, n. 1, p. 53-58, 2012.

SHAMMAS, M.; ALLA, R. K. Color and shade matching in dentistry. **Trends in Biomaterials and Artificial Organs**, v. 25, n. 4, p. 172–175, 2011.

SHARMA, Gaurav; WU, Wencheng; DALAL, Edul N. The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. **Color Research & Application**, v. 30, n. 1, p. 21-30, 2005.

SULIMAN, et al. Effect of time on tooth dehydration and rehydration. **Journal of Esthetic And Restorative Dentistry**, [s.l.], v. 31, n. 2, p.118-123, 23 fev. 2019.

TEN BOSCH, J. J.; COOPS, J. C. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. **Journal of dental research**, v. 74, n. 1, p. 374-380, 1995.

VANINI, L. Light and color in anterior composite restorations. **Practical periodontics and aesthetic dentistry: PPAD**, v. 8, n. 7, p. 673, 1996.

VANINI, Lorenzo; MANGANI, Francesco M. Determination and communication of color using the five color dimensions of teeth. **Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry**, v. 13, n. 1, p. 19-26, 2001.

VICHI, Alessandro et al. Influence of thickness on color in multi-layering technique. **dental materials**, v. 23, n. 12, p. 1584-1589, 2007.

VILLARROEL, Milko et al. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 23, n. 2, p. 73-87, 2011.

WALTON, R. E.; OUTHWAITE, W. C.; PASHLEY, D. F. Magnification—an interesting optical property of dentin. **Journal of dental research**, v. 55, n. 4, p. 639-642, 1976.

WANG, Xiao-Jun et al. Characterization of dentin and enamel by use of optical coherence tomography. **Applied Optics**, v. 38, n. 10, p. 2092-2096, 1999.

ZIJP, Jaap R.; JAAP, J. Theoretical model for the scattering of light by dentin and comparison with measurements. **Applied optics**, v. 32, n. 4, p. 411-415, 1993.

ZIJP, J. R.; TEN BOSCH, J. J.; GROENHUIS, R. A. J. HeNe-laser light scattering by human dental enamel. **Journal of dental research**, v. 74, n. 12, p. 1891-1898, 1995.

Disponível em: <<https://blogdografico.wordpress.com/2012/04/24/a-formacao-das-cores-parte-2-2/>> Acessado em 06/03/2023 às 16:22.

Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/Munsell-color-system>> Acessado em 06/03/2023 às 16:33.

Disponível em: <<https://conexao.odontoprev.com.br/transicao-de-restauracoes-esteticas-ed29/>> Acessado em 06/03/2023 às 16:45.

Disponível em: <<https://www.xrite.com/blog/lab-color-space>> Acessado em 06/03/2023 às 16:57.

ANEXO 1 – ATA DA DEFESA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE ODONTOLOGIA
DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ODONTOLOGIA

ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 21 dias do mês de março de 2023, às 17:30 horas, em sessão pública nesta Universidade, na presença da Banca Examinadora presidida pelo Professor Analucia Gebler Philippi

e pelos examinadores:

1 – Alessandra cadore,

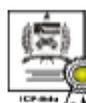
2 - Roberto Amaral,

o aluno Daniel Cruz

apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação intitulado:

influência da espessura da camada de esmalte no valor e na cor final de estratificações de resina composta

como requisito curricular indispensável à aprovação na Disciplina de Defesa do TCC e a integralização do Curso de Graduação em Odontologia. A Banca Examinadora, após reunião em sessão reservada, deliberou e decidiu pela aprovação do referido Trabalho de Conclusão do Curso, divulgando o resultado formalmente ao aluno e aos demais presentes, e eu, na qualidade de presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais componentes da Banca Examinadora e pelo aluno orientando.



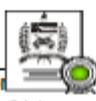
Documento assinado digitalmente
Analucia Gebler Philippi
Data: 30/03/2023 03:36:34-0300
CPF: ***.316.669-**-
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Presidente da Banca Examinadora



Documento assinado digitalmente
Alessandra Cadore
Data: 30/03/2023 06:46:39-0300
CPF: ***.354.329-**-
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Examinador 1



Documento assinado digitalmente
ROBERTO CESAR DO AMARAL
Data: 30/03/2023 07:18:04-0300
CPF: ***.676.939-**-
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Examinador 2



Documento assinado digitalmente
Daniel da Cruz
Data: 30/03/2023 08:10:15-0300
CPF: ***.093.049-**-
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Aluno

ANEXO 2

RESINAS	GRUPO	Natural T(0) = 4,0mm			Natural T(1) = 0,5mm			Natural T(2) = 1,0mm			Natural T(3) = 1,5mm		
		L0	a0	b0	L1	a1	b1	L2	a2	b2	L3	a3	b3
	DBL1/EBL2	84,36	-2,78	1,31	80,66	-1,92	3,98	79,34	-1,47	5,33	77,89	-1,47	5,36
	DBL1/EA1	84,36	-2,78	1,31	73,78	-0,80	11,03	77,98	-0,29	14,04	72,32	0,78	13,47
	DBL1/EA2	84,36	-2,78	1,31	78,51	0,14	17,71	75,94	1,65	18,99	76,25	2,81	21,78
	DBL2/EBL2	83,77	-2,35	2,62	69,36	-1,74	4,79	71,96	-1,73	4,76	65,64	2,74	13,26
	DBL2/EA1	83,77	-2,35	2,62	77,71	-1,19	10,77	76,61	0,10	14,24	69,81	1,08	14,28
	DBL2/EA2	83,77	-2,35	2,62	79,14	-1,46	11,81	76,51	0,96	18,11	72,54	2,81	20,2
	DBL2/EA3,5	83,77	-2,35	2,62	76,96	-0,36	18,17	74,56	3,22	24,39	72,81	5,14	26,45
VITTRA APS (FGM) NATURAL	DA1/EBL2	74,78	3,43	14,99	74,85	2,73	8,77	74,49	1,48	5,32	72,78	0,48	4,37
	DA1/EA1	74,78	3,43	14,99	71,74	3,08	14,97	70,53	2,57	15,42	67,11	2,46	14,31
	DA1/EA2	74,78	3,43	14,99	69,74	3,86	17,76	71,64	3,88	19,48	73,10	5,26	21,14
	DA1/EA3,5	74,78	3,43	14,99	72,17	4,46	20,87	72,94	4,31	23,74	71,21	6,35	25,26
	DA3/EBL2	70,57	5,79	19,09	72,01	3,29	8,45	72,74	1,88	5,49	76,09	0,47	4,33
	DA3/EA1	70,57	5,79	19,09	70,26	4,73	15,68	74,81	1,96	13,83	71,61	2,65	13,01
	DA3/EA2	70,57	5,79	19,09	69,72	5,28	19,53	69,64	4,99	18,81	73,72	4,72	21,48
	DA3/EA3,5	70,57	5,79	19,09	69,56	5,89	23,38	67,72	6,06	22,96	66,91	5,88	21,73
	DB1/EBL2	77,43	-0,51	8,08	79,41	0,24	8,32	78,57	-0,09	6,44	78,16	-0,19	5,23
	DB1/EA1	77,43	-0,51	8,08	75,82	-0,02	13,04	75,09	-0,02	13,07	73,08	0,91	12,89
	DB1/EA2	77,43	-0,51	8,08	78,82	1,69	16,52	75,71	3,63	22,13	74,89	4,88	22,67
	DB1/EA3,5	77,43	-0,51	8,08	76,71	1,99	17,32	72,86	5,56	24,24	71,91	6,12	26,31

Quadro 4. Valores das coordenadas CIEL*a*b* dos corpos de prova.

RESINAS	GRUPO	T(0) = 4,0mm	T(1) = 0,5mm	T(2) = 1,0mm	T(3) = 1,5mm
		L0	L1	L2	L3
	DA3/EA3,5	70,57	69,56	67,72	66,91
	DA3/EA2	70,57	69,72	69,64	73,72
	DA3/EA1	70,57	70,26	74,81	71,61
	DA3/EBL2	70,57	72,01	72,74	76,09
	DA1/EA2	74,78	69,74	71,64	73,10
	DA1/EA1	74,78	71,74	70,53	67,11
	DA1/EA3,5	74,78	72,17	72,94	71,21
VITTRA APS (FGM) NATURAL	DA1/EBL2	74,78	74,85	74,49	72,78
	DB1/EA1	77,43	75,82	75,09	73,08
	DB1/EA3,5	77,43	76,71	72,86	71,91
	DB1/EA2	77,43	78,82	75,71	74,89
	DB1/EBL2	77,43	79,41	78,57	78,16
	DBL2/EBL2	83,77	69,36	71,96	65,64
	DBL2/EA3,5	83,77	76,96	74,56	72,81
	DBL2/EA1	83,77	77,71	76,61	69,81
	DBL2/EA2	83,77	79,14	76,51	72,54
	DBL1/EA1	84,36	73,78	77,98	72,32
	DBL1/EA2	84,36	78,51	75,94	76,25
	DBL1/EBL2	84,36	80,66	79,34	77,89

Quadro 5. Comparação dos valores de L* da resina VITTRA APS (FGM).

RESINAS	GRUPO	$\Delta E1$ (T0 - T1)	$\Delta E2$ (T0 - T2)	$\Delta E3$ (T0 - T3)
	DA3/EA2	0,92	1,08	3,07
	DB1/EBL2	1,74	1,57	2,28
	DA3/EA1	2,01	5,72	4,50
	DA1/EA1	2,30	3,38	5,98
	DA3/EA3,5	2,42	3,02	3,21
	DB1/EA1	3,63	3,84	4,92
	DBL1/EBL2	3,67	5,26	5,99
VITTRA APS (FGM) NATURAL	DA1/EA3,5	3,81	4,89	6,21
	DA1/EBL2	4,09	6,80	8,07
	DA1/EA2	4,12	3,45	3,79
	DB1/EA2	6,13	9,48	10,34
	DB1/EA3,5	6,60	11,52	12,59
	DA3/EBL2	6,80	9,32	11,50
	DBL2/EA1	7,87	10,57	14,05
	DBL2/EA2	7,91	12,76	15,66
	DBL2/EBL2	10,55	8,61	16,92
	DBL1/EA1	11,12	11,21	13,54
	DBL2/EA3,5	12,21	16,61	18,47
	DBL1/EA2	13,09	14,89	16,37

Quadro 6. Comparação entre os valores de ΔE^* da resina VITTRA APS (FGM).