



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**FOTOGRAFIA DIGITAL NO PROCESSO DE *SHADE MATCHING*  
COM RECURSO DO PROTOCOLO ELAB**

Trabalho submetido por  
**Carolina de Castro Fraga Costa**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

**setembro de 2021**





**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**FOTOGRAFIA DIGITAL NO PROCESSO DE *SHADE MATCHING*  
COM RECURSO DO PROTOCOLO ELAB**

Trabalho submetido por  
**Carolina de Castro Fraga Costa**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por  
**Prof. Doutor Mário Cruz Polido**

**setembro de 2021**



## **DEDICATÓRIA**

Aos meus avós, Pais e meu crescimento profissional.



## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Mario Cruz Polido pela orientação ao longo do desenvolvimento deste projeto e toda disponibilidade de ajuda, apoio e motivação, bem como o cuidado e rigor exigidos durante todo o percurso.

Ao meu colega e doutorando João Neves, pela constante ajuda, conselhos, cuidado e prontidão imprescindíveis à realização deste trabalho. Um enorme obrigada por todo o interesse e apoio demonstrado durante o decorrer de todo o trabalho.

Ao instituto Universitário Egas Moniz, por proporcionar uma experiência, aprendizagem e desenvoltura ao longo destes últimos dois anos, são memórias e ensinamentos de excelência que sempre guardarei comigo ao longo da vida.

A minha família, pelo constante apoio, compreensão e presença ao longo de todo este percurso acadêmico, pelo investimento na minha educação de excelência e por acreditarem, com paciência e sabedoria, de modo a possibilitar a realização deste sonho que abrirá porta a outros sonhos e ambições.

Aos meus amigos, por todo o carinho, apoio e conselhos, que sentiram meus altos e baixos, repletos de momentos reflexivos, de estudo e organização, a ouvir-me repetir por um milhão de vezes que iria conseguir alcançar meus objetivos a me dar forças para concluir esta caminhada. A Alick, Hendrick, Amanda, Lucas e Laís que mesmo distantes, pararam o tempo deles para ouvir-me e ajudar-me com a solução de algumas questões que nossa área de Medicina Dentária proporciona e toda disponibilidade de querer crescer como profissionais.





## RESUMO

A utilização de imagens digitais para obter uma combinação precisa das cores é um assunto de grande interesse dos investigadores em Medicina Dentária, pois, a utilização de uma fotografia padronizada, favorece uma cor final mais próxima da realidade. Além disso, este tipo de conceito permite que a aquisição da cor, seja obtida através de instrumentos fáceis de serem usados nas práticas clínicas e laboratoriais, como as câmaras digitais.

A presente revisão narrativa tem como objetivo elucidar a possibilidade de estabelecer um método alternativo para a avaliação de cor, utilizando o programa eLABor\_aid. Para a elaboração deste trabalho foi efetuada uma pesquisa nas bases de dados PubMed/Medline e Science Direct.

Podemos concluir que é de fundamental importância como auxílio do médico dentista a utilização de um protocolo fotográfico, de modo a obter uma previsibilidade final do caso através da sobreposição das imagens, de modo que se possa obter uma correta interpretação e precisão de cores dentárias.

**Palavras-chave:** Fotografia Digital; Medicina Dentária; Protocolo ELAB; Seleção de Cor.



## **ABSTRAT**

The use of digital images to obtain an accurate combination of colors is a subject of great interest to dental researchers. In addition, this type of concept allows color acquisition to be achieved through instruments that are easy to use in clinical and laboratory practices, such as digital cameras.

Therefore, the present literature review aims to elucidate the possibility of establishing an alternative method for color evaluation, using the eLABor\_aid program. For the elaboration of this work, a search was carried out in the PubMed / Medline and Science Direct databases. The inclusion criteria included the availability of the full text of free access and clarity in the methodological details.

We can conclude that it is of fundamental importance that the dentist uses a photographic protocol that improves and facilitates his communication with the dental laboratory, so that a correct interpretation and precision of dental colors can be obtained. The use of a standardized photo favors a final color closer to reality, in addition to allowing a final predictability of the case through the overlapping of the images.

**Key words:** Digital Photography; Dentistry; Prototype ELAB; Color Selection.



# ÍNDICE GERAL

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>I. INTRODUÇÃO.....</b>                       | <b>13</b> |
| <b>II. DESENVOLVIMENTO.....</b>                 | <b>17</b> |
| <b>1. Conceitos sobre cor e luz.....</b>        | <b>17</b> |
| 1.1. Aspetos físicos.....                       | 18        |
| 1.2. Aspetos psicofísicos .....                 | 19        |
| <b>2. Organização da cor.....</b>               | <b>19</b> |
| 2.1. Cores do sistema aditivo .....             | 20        |
| 2.2. Cores do sistema subtrativo .....          | 22        |
| <b>3. Propriedades óticas.....</b>              | <b>23</b> |
| 3.1. Propriedades óticas primárias .....        | 24        |
| <b>4. Propriedades óticas secundárias .....</b> | <b>27</b> |
| 4.1. Translucidez.....                          | 27        |
| 4.2. Metamerismo .....                          | 28        |
| 4.3. Fluorescência .....                        | 28        |
| 4.4. Opalescência.....                          | 29        |
| <b>5. Dimensões das cores dos dentes.....</b>   | <b>30</b> |
| <b>6. Métodos de seleção da cor.....</b>        | <b>32</b> |
| 6.1. Método Visual .....                        | 32        |
| 6.2. Método Digital.....                        | 36        |
| 6.3. Sistema L*a*B* .....                       | 38        |
| 6.4. Método Espectofotométrico .....            | 40        |
| 6.5. Método Colorimétrico .....                 | 42        |
| 6.6. Método e-Lab .....                         | 44        |
| <b>III. CONCLUSÃO.....</b>                      | <b>47</b> |
| <b>IV. BIBLIOGRAFIA.....</b>                    | <b>49</b> |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> - Esquematização da colorimetria através da sua determinação em escala visual (Adaptado de Silva & Martins., 2003). .....                                                      | 17 |
| <b>Figura 2</b> - Esquematização do olho humano e suas respectivas características que determinam a visualização das cores (Adaptado de Silva & Martins., 2003). .....                         | 18 |
| <b>Figura 3</b> - Esquematização do daltonismo (Adaptado de Silva, & Martins., 2003). .....                                                                                                    | 19 |
| <b>Figura 4</b> - Esquematização dos círculos cromáticos do sistema RGB (Adaptado de Silva, & Martins., 2003). .....                                                                           | 21 |
| <b>Figura 5</b> - Sistema Subtrativo. (A) Cores-pigmento opacas; (B) Cores-pigmento translúcidas (Adaptado de Miranda, 2019). .....                                                            | 22 |
| <b>Figura 6</b> - Sistema Subtrativo. Espectro de luz visível (Silva, 2018). .....                                                                                                             | 31 |
| <b>Figura 7</b> - Árvore de cores de Munsell (Goldstein, 2000). .....                                                                                                                          | 32 |
| <b>Figura 8</b> - Escala VITA Clássica (Fonte: <a href="https://www.vita-zahnfabrik.com">https://www.vita-zahnfabrik.com</a> ). .....                                                          | 33 |
| <b>Figura 9</b> - Escala VITA 3D-Master (Fonte: <a href="https://www.vita-zahnfabrik.com">https://www.vita-zahnfabrik.com</a> ). .....                                                         | 34 |
| <b>Figura 10</b> - Sistema de Cores CIEL*a*b* (Miranda, 2019). .....                                                                                                                           | 38 |
| <b>Figura 11</b> - Espectrofotômetro s Vita Easyshade (Dias et al., 2015). .....                                                                                                               | 41 |
| <b>Figura 12</b> - Colorímetro ShadeEye utilizado na pesquisa (Adaptado de Oliveira, 2016). .....                                                                                              | 43 |
| <b>Figura 13</b> - Foto tirada com protocolo fotográfico e-LAB® durante a fase de aplicação da cerâmica em A. Sobreposição de imagens da prótese pronta em B (Hein, Tapia, Bazos, 2017). ..... | 44 |





## ÍNDICE DE TABELAS

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> - Esquematização do percentual de RGB (Adaptado de Silva & Martins., 2003).<br>.....        | 22 |
| <b>Tabela 2</b> - Esquematização das cores no espectro visível (Adaptado de Silva, & Martins., 2003). ..... | 24 |



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**CIE** - Comissão Internacional de Iluminação

**L\*** - Parâmetro de Luminosidade CIELab

**a\*** - Parâmetro do eixo verde-vermelho CIELab

**b\*** - Parâmetro do eixo amarelo-azul CIELab

**nm** - Nanômetro

**RGB** - Red, Green and Blue em inglês, ou seja, vermelho, verde e azul.



## I. INTRODUÇÃO

A utilização de imagens digitais para “*matching*” de cores está sendo cada vez mais desenvolvida, sendo um assunto de grande interesse para os investigadores. As suas vantagens, comparativamente aos restantes métodos de aquisição de cor, tornam as câmaras digitais instrumentos fáceis de serem utilizados nas práticas clínicas e laboratoriais (Todorović et al., 2013).

Quando processadas e configuradas, estas imagens constituem uma ferramenta de grande importância para a obtenção de detalhes, sendo este também um dos motivos pelos quais as câmaras digitais são consideradas materiais disponíveis para melhorar no avanço da obtenção de uma escala de cor adequada (Chu et al., 2011; Mahn et al., 2021; Silva & Martins, 2003; Trasferetti & Davanzo, 2001).

O interesse pela investigação na seleção de uma tonalidade adequada de cor tem vindo a crescer significativamente ao longo de décadas na medicina dentária estética. A manifestação cromática dos tecidos dentários, a qual é determinada pelo conhecimento dos fenómenos óticos, bem como a sua aplicação clínica nos tratamentos restauradores, são fatores imprescindíveis para a obtenção de uma excelência estética (Chu et al., 2011; Mahn et al., 2021).

Contudo, quando aplicada aos dentes, esta seleção de cor ganha maior complexidade, dadas as suas diferentes cores, texturas e características cromáticas. Desta forma, uma seleção feita com precisão é fundamental para minimizar os erros na prática clínica, oferecendo um correto diagnóstico ao profissional e uma estrutura final visualmente aceitável para o doente (Todorović et al., 2013).

Apesar da disponibilidade no dia-a-dia de diversas escalas de cores, a correlação visual num ambiente intraoral constitui um verdadeiro desafio (Chu et al., 2011; Silva & Martins, 2003).

É igualmente importante referir algumas condicionantes, nomeadamente a subjetividade do operador, variação de cor da escala do mesmo fabricante em lotes diferentes, variação

da cor entre escalas de diferentes fabricantes a falta de padronização na correlação da cor entre dente e amostra (Bahannan, 2014; Todorović et al., 2013).

Os avanços a nível tecnológico, nomeadamente computadores, internet e sistemas de comunicação afetaram e moldaram significativamente a sociedade moderna (Mahn et al., 2021).

Durante os últimos anos, a medicina dentária foi sujeita a um crescimento de uma nova geração de tecnologias dedicadas à análise, comunicação e verificação de sombras, o que para restaurações diretas e indiretas sempre constituiu um desafio para o médico dentista. O maior e mais popular método para escolha da cor, apesar de todos esses avanços, ainda é o de correlação visual utilizando escalas de cores. Esta preferência deve-se ao fato de o método instrumental estar associado presentemente à utilização de espectrofotómetros ou colorímetros, ou seja, de aparelhos capazes de reproduzir resultados estáveis e elevado grau de precisão, mas de difícil utilização, custo elevado e difícil reprodutibilidade (Chu et al., 2011; Park et al., 2006; Stevenson, 2009).

Geralmente, existe uma distorção nas fotografias dos dentes naturais. Isto ocorre porque as imagens são captadas no consultório sob determinadas condições de variação de luz, balanço de branco, nitidez, incidência do flash e distorção das lentes, mas encontram condições completamente diferentes no laboratório (Bahannan, 2014; Todorović et al., 2013).

Assim, com base neste contexto, a fotografia digital surge como um novo método fotográfico de eleição, devido à sua fácil utilização, custo relativo e disponibilidade na maioria dos consultórios. Idealizado por Hein et al. (2017), o método de aferição de cor através do protocolo eLAB, que aumenta a previsibilidade dos casos de reabilitações anteriores, isolando o fator variável humano da interpretação subjetiva e transformando as aferições em valores quantitativos capazes de serem computados, facilita a captação das cores dos dentes (Alves et al., 2014; Villarroel et al., 2011).

Além disso, o próprio protocolo eLab permite a reprodutibilidade da aquisição da cor através da fotografia, não necessitando de recursos provenientes das escalas de cores (Bahannan, 2014; Mahn et al., 2021; Silva & Martins, 2003).

A presente revisão bibliográfica tem como objetivo elucidar a possibilidade de estabelecer um método alternativo para a avaliação de cor, utilizando o programa eLABor\_aid. Para a elaboração deste trabalho foi efetuada uma pesquisa nas bases de dados PubMed/Medline e Science Direct.

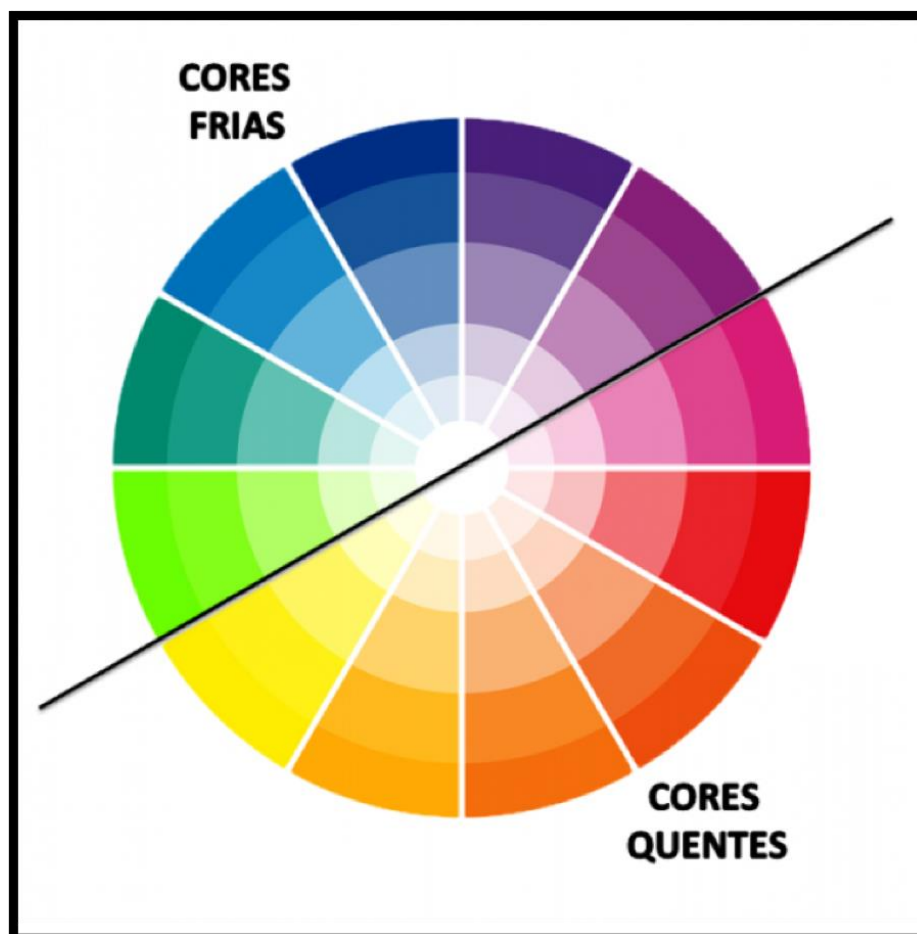




## II. DESENVOLVIMENTO

### 1. CONCEITOS SOBRE COR E LUZ

Partindo do pressuposto que a cor atua como um estimulante para os olhos, o seu aspeto está comumente associado a reações positivas ou negativas. As cores estão presentes no dia-a-dia e, para além disso, a percepção das mesmas está diretamente ligada a diversas esferas da ciência e da arte. A colorimetria é responsável pela quantificação das cores, bem como pela avaliação dos seguintes parâmetros: tom (matiz), saturação (croma) e intensidade (valor) (Figura 1). O matiz é responsável pela sua identificação, já o croma encontra-se relacionado com a sua naturalidade ou pigmentação artificial, e o valor está relacionado com a expressividade que a cor apresenta (Anusavice et al., 2013; Bahannan, 2014; Silva & Martins, 2003).

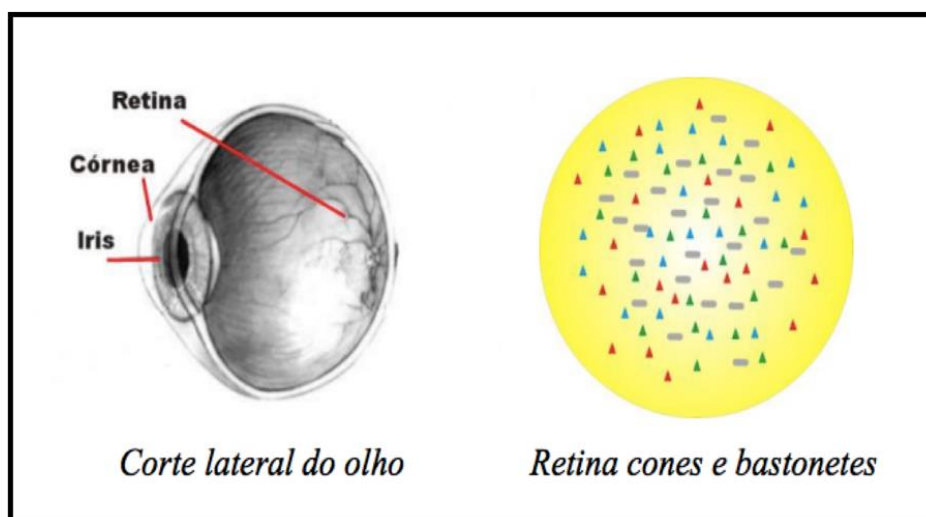


*Figura 1 - Esquematisação da colorimetria através da sua determinação em escala visual (Adaptado de Silva & Martins., 2003).*

### 1.1. Aspetos físicos

O primeiro a caraterizar fisicamente a cor foi Isaac Newton. Foi observado no momento em que a luz branca incidiu sobre um prisma, havendo assim um processo de repartição do espectro de luz. Este processo é representado por uma série de diferentes cores, desde o vermelho até ao violeta, espectro designado por visível, o qual abrange os comprimentos de onda entre 400 a 700 nm (Agrawal & Kapoor, 2013; Westland et al., 2007).

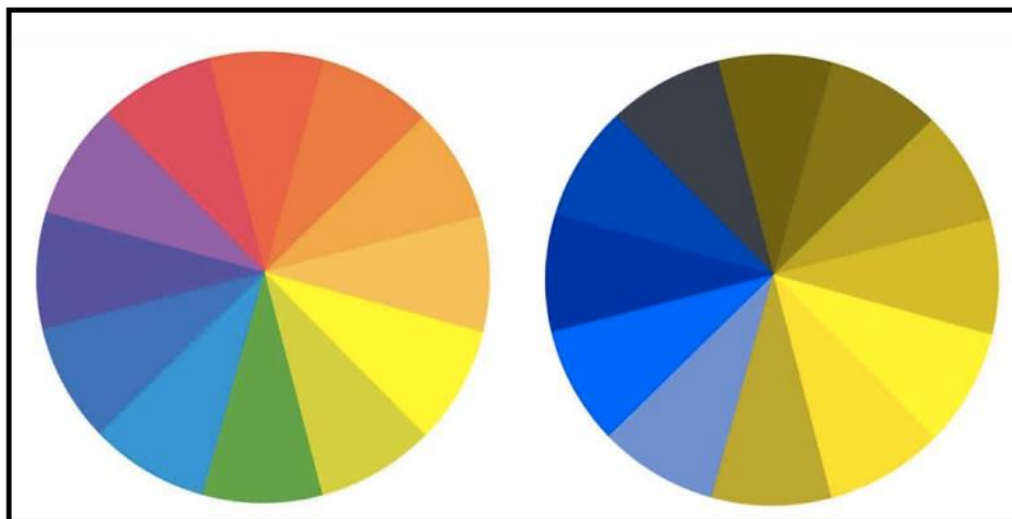
No que diz respeito às cores, a conformação do olho humano exhibe um papel fundamental na percepção das mesmas (Figura 2) (Silva & Martins, 2003; Todorović et al., 2013). A imagem é focada na retina à medida que a luz entra no olho através da córnea e da lente. Esta quantidade de luz é controlada pela íris, a qual pode dilatar ou contrair, tendo em conta a iluminação a que é exposta. Existem na retina, dois tipos de fotorreceptores, os cones e os bastonetes. Os cones são células sensíveis à cor, com comprimentos de onda curtos, médios e longos (verde, azul e vermelho, respetivamente), enquanto que os bastonetes são responsáveis pelo ajuste da percepção da luz e movimento, bem como da luminosidade. Outra questão importante a considerar diz respeito à distribuição de cones, a qual é limitada para uma fóvea central, onde não existem bastonetes (Chu et al., 2011; Park et al., 2006). Ao redor desta fóvea há uma mistura dos dois sensores de cor, única para cada indivíduo, que é responsável por diferenciar as cores entre os observadores de cores normal (Brewer et al., 2004).



**Figura 2** - Esquemática do olho humano e suas respectivas características que determinam a visualização das cores (Adaptado de Silva & Martins., 2003).

## 1.2. Aspetos psicofísicos

A resposta neural capaz de levar à confusão da visão de cores pode ser de origem genética ou adquirida. A desordem de origem genética é designada de “daltonismo”, e pode ocorrer por alteração da sensibilidade, ausência de tipo(s) de cone(s) ou perda de sinais de diferenças de cor, causando aos indivíduos a redução parcial ou total de diferenciação do conteúdo vermelho, verde ou verde-azulado-amarelado, sendo a ausência total rara (Figura 3) (Lehmann et al., 2010; Silva & Martins, 2003). A resposta neural adquirida, por sua vez, é constituída por diversas causas. A emoção afeta o diâmetro pupilar, já o envelhecimento afeta a distinção entre o azul e o roxo, através do amarelamento da córnea. Também a exposição ao sol, lasers e fumos pode ter efeitos adversos. Doenças crônicas, como a diabetes, glaucoma, leucemia, anemia perniciosa e falciforme, esclerose múltipla, Parkinson, doenças hepáticas e alcoolismo, podem comprometer a visão. Para além destes fatores, a automedicação sem aconselhamento médico pode afetar diretamente a visão de cores, incluindo a toma de analgésicos, antibióticos, anti-hipertensivos e contraceptivos (Brewer et al., 2004).



**Figura 3** - Esquematisação do daltonismo (Adaptado de Silva, & Martins., 2003).

## 2. ORGANIZAÇÃO DA COR

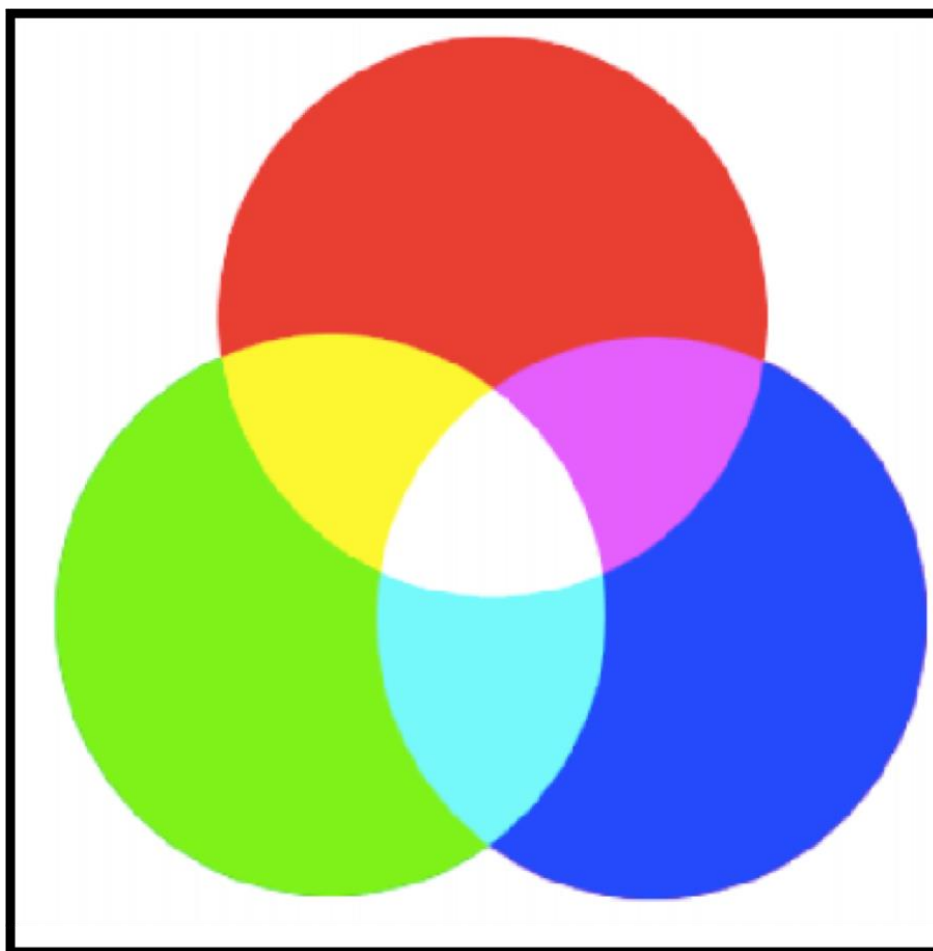
Uma vez desencadeado o processo inicial de percepção da cor, a informação é enviada, através do nervo ótico para o cérebro onde, depois, ocorre o processamento da mesma (Johnston, 2009). A teoria tricromática, baseada na existência de três classes de cones

diferentes, explica a forma como o olho percebe a cor. De acordo com a mesma, cada grupo de cones é sensível a um determinado pigmento, que determina o espectro de absorção a que correspondem (D'incau et al., 2014; Nathans et al., 1986).

Existem dois diferentes sistemas que podem sintetizar as cores, o sistema aditivo e o sistema subtrativo. O sistema aditivo refere-se à obtenção de uma determinada cor através da junção de feixes luminosos, correspondentes às cores primárias (verde, vermelho e azul). Enquanto, no sistema aditivo, as cores primárias apresentam-se mais escuras do que as cores que resultam da sua combinação (Puissegur, 2014). Por outro lado, o sistema subtrativo diz respeito à cor de todos os objetos e aplica-se na interação da luz com o objeto, ocorrendo assim a absorção de certas cores do espectro luminoso por parte do objeto e, posteriormente, a emissão de outras (Giau, 2012). No sistema subtrativo, assim como no aditivo, existem igualmente três cores primárias, nomeadamente, magenta, amarelo e ciano, as quais no sistema aditivo representam as cores secundárias. É importante salientar que no sistema subtrativo a mistura das cores primárias resulta numa cor mais escura do que as suas precursoras (Puissegur, 2014). Na Medicina Dentária utiliza-se o sistema subtrativo, assim uma maior quantidade de pigmentos concede uma estrutura dentária mais escura (Puissegur, 2014).

## **2.1. Cores do sistema aditivo**

No que diz respeito à distinção das cores, as mesmas podem ser categorizadas em cor obtida aditivamente (cor luz) ou cor obtida subtrativamente (cor pigmento). O sistema aditivo, também denominado sistema RGB (Red, Green and Blue, ou seja, vermelho, verde e azul), está associado à emissão de diferentes comprimentos de onda das cores primárias de luz (Figura 4). Este sistema é também conhecido como sistema de Cor e Luz, permitindo a obtenção da cor branca como resultado da soma final das suas cores primárias. Comumente é possível observar o sistema RGB em fotografias, cinema e televisão, assim como nos monitores dos computadores (Lehmann et al., 2010; Silva & Martins, 2003).



**Figura 4** - Esquematização dos círculos cromáticos do sistema RGB (Adaptado de Silva, & Martins., 2003).

Além disso, o sistema RGB baseia-se em proporções específicas de cores para demonstrar uma determinada percentagem referente à soma das cores (Tabela 1) (Lehmann et al., 2010; Meireles et al., 2008; Omar et al., 2008; Silva & Martins, 2003).

Inicialmente este sistema aditivo de cores baseou-se numa teoria de visão colorida tricromática, proposta por Young-Helmholtz, e posteriormente no triângulo de cores de Maxwell (Silva & Martins, 2003).

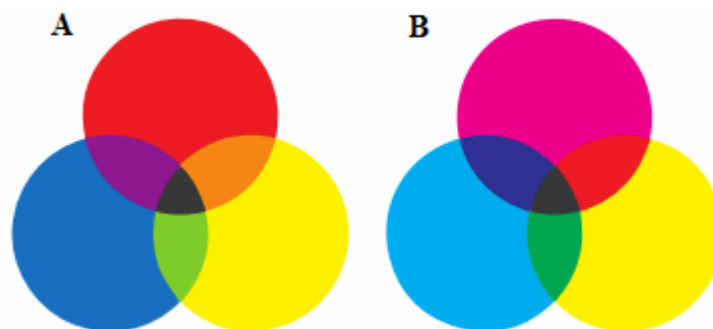
Os modelos aditivos cromáticos são combinados de diversas formas com vista a reproduzir outras cores (Silva & Martins., 2003). O modelo de cores RGB, quando avaliado isoladamente, através da espectropia, não define o significado do tom “vermelho”, “verde” ou “azul”, desta forma, a mistura destas cores não é exata, mas sim referente à média da percepção do olho humano (Brewer et al., 2004; Silva & Martins, 2003).

*Tabela 1 - Esquematização do percentual de RGB (Adaptado de Silva & Martins., 2003).*

| <b>RGB PERCENTUAL</b> |                                                                     |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Branco =</b>       | <b>30% de vermelho + 59% de verde + 11% de azul – cor terciária</b> |
| <b>Amarelo =</b>      | <b>30% de vermelho + 59% de verde – cor secundária</b>              |
| <b>Ciano =</b>        | <b>59% de verde + 11% de azul – cor secundária</b>                  |
| <b>Verde =</b>        | <b>59% de verde – cor primária</b>                                  |
| <b>Magenta =</b>      | <b>41% - cor secundária</b>                                         |
| <b>Vermelho =</b>     | <b>30% - cor primária</b>                                           |
| <b>Azul =</b>         | <b>11% - cor primária</b>                                           |
| <b>Preto =</b>        | <b>0% ( é considerado ausência de informação no RGB )</b>           |

## 2.2. Cores do sistema subtrativo

As cores do sistema subtrativo referem-se a cores associadas à reflexão da luz, com recurso ao uso de pigmentos para obtenção da sua cor. Estas podem ser empregues como: (1) cores-pigmento opacas (utilizadas em pintura natural); (2) cores-pigmento translúcidas (utilizadas em impressões em papel). As cores-pigmento opacas possuem azul, vermelho e amarelo como cores primárias e, a partir destas obtêm-se as restantes. Já as translúcidas apresentam o ciano, a magenta e o amarelo como cores primárias (Pine et al., 2015)(Figura 5).



**Figura 5 - Sistema Subtrativo. (A) Cores-pigmento opacas; (B) Cores-pigmento translúcidas (Adaptado de Miranda, 2019).**

O sistema subtrativo é o que rege a rotina clínica diária na prática da Medicina Dentária. Resina composta e cerâmica, entre outros materiais estéticos têm por base a utilização de pigmentos para a obtenção da coloração e, por esse mesmo motivo, quanto maior for a sobreposição de incrementos, maior a mistura de pigmentos e, conseqüentemente, maior será o escurecimento da restauração (Fondriest, 2004; Pine et al., 2015).

### **3. PROPRIEDADES ÓTICAS**

Na medicina dentária contemporânea é destacado também a estética dentária.

A percepção visual varia de pessoa para pessoa, de região, cultura e crenças. O objectivo da medicina dentária estética tem por base não só a criação de um sorriso estético com os dentes em uma proporção agradável entre si, mas também uma harmonia entre dente, gengiva, lábios e a face do doente (Anusavice et al., 2013; Vadher et al., 2014).

Assim, a medicina dentária tem-se tornado um campo que apresenta cada vez mais materiais e técnicas de tratamento inovadores. No entanto, mesmo com os avanços das técnicas, no que toca à área de dentisteria e prótese, é fundamental compreender os fenómenos ópticos que influenciam o resultado final estético (Anusavice et al., 2013; Vadher et al., 2014).

A reprodução do dente a partir de materiais dentários é um dos aspectos mais desafiantes da medicina dentária. A aquisição da cor natural dos dentes é exigente devido às difíceis características ópticas da dentição natural. Para uma reprodução de êxito é importante ter alguns fatores em consideração sendo estes: compreensão de alguns princípios básicos sobre a percepção das cores, a própria percepção que cada indivíduo tem das cores, a fonte de luz utilizada durante a avaliação da cor e principalmente, as características das estruturas e das superfícies dos dentes e dos materiais restauradores utilizados (Anusavice et al., 2013; Vichi et al., 2011).

Dentre as propriedades óticas podem dividir-se em: primárias (matiz, croma, valor) relacionadas a dimensão de coloração, e também as secundárias (translucidez, opacidade, opalescência, fluorescência, metamerismo e vizinhança) relacionadas com a transmissão da luz através do objeto ou superfície. Este conhecimento é de extrema importância

quando se procura um resultado eficaz de um tratamento restaurador estético (Anusavice et al., 2013).

### **3.1. Propriedades óticas primárias**

As propriedades óticas primárias estão relacionadas com a percepção e dimensão da cor. A variedade de tons de uma determinada cor específica vai ter variados comprimentos de onda, que emitem a tonalidade (Matiz), luminosidade (valor) e grau de saturação (croma) dessa cor (Anusavice et al., 2013; Couto, 2017).

É de grande importância o conhecimento sobre estas propriedades no momento de criar ou reproduzir com precisão aspectos estéticos, em especial na medicina dentária quando nos referimos à estética.

#### **3.1.1. Matiz**

Ao matiz representa a tonalidade da cor que mais predomina num objeto, correspondendo comprimento de onda da luz refletida por esse mesmo (tabela 1). É possível distinguir uma familiaridade de cores, como por exemplo: vermelho, azul, verde, amarelo (Anusavice et al., 2013; Couto, 2017; Volpato et al., 2005).

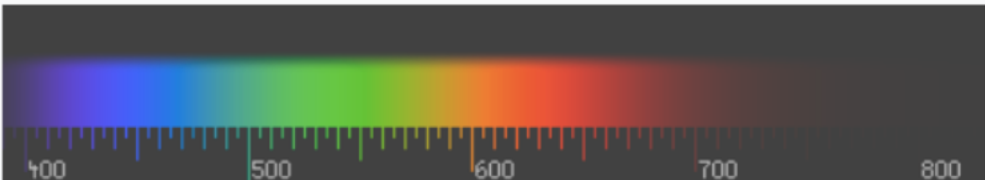
Nos dentes naturais, as variações de matiz são bastante restritas, oscilando entre poucos tons de amarelo e laranja, além de eventuais detalhes azulados e acinzentados na região incisal (Anusavice et al., 2013; Couto, 2017).



**Tabela 2** - Esquematização das cores no espectro visível (Adaptado de Silva, & Martins., 2003).

| Cor      | Comprimento de onda | Frequência    |
|----------|---------------------|---------------|
| vermelho | ~ 625-740 nm        | ~ 480-405 THz |
| laranja  | ~ 590-625 nm        | ~ 510-480 THz |
| amarelo  | ~ 565-590 nm        | ~ 530-510 THz |
| verde    | ~ 500-565 nm        | ~ 600-530 THz |
| ciano    | ~ 485-500 nm        | ~ 620-600 THz |
| azul     | ~ 440-485 nm        | ~ 680-620 THz |
| violeta  | ~ 380-440 nm        | ~ 790-680 THz |

**Espectro Contínuo**



### 3.1.2. Valor

O valor é a luminosidade característica referente de um matiz: quanto maior claridade da cor, maior é o seu valor, isto é o brilho. E quanto mais escura, menor será o seu valor. É por meio desta percepção que se distingue as cores claras das escuras, identificada pela quantidade de luz emitida (Anusavice et al., 2013; Vadher et al., 2014).

Uma maneira simples de observar a escala de valor é através da escala da cor a cinza, nesta escala os objetos com alto valor possuem pequenas quantidades de cinza, o que os torna mais opacos e esbranquiçados. Em objetos com baixo valor, observam-se grandes quantidades de cinza, sendo mais translúcido e acinzentado, permitindo assim uma melhor percepção das variações de luminosidade, desde o preto (valor baixo) ao branco (valor alto). Assim, um valor baixo significa que a absorção da luz é maior e menos luz é refletida do objeto iluminado, sendo a luz restante absorvida ou refletida por direções diferentes (Anusavice et al., 2013; Couto, 2017; Vadher et al., 2014).

Contudo, é a partir desta dimensão de análise da cor que se forma sensações de profundidade ou aproximação de um corpo, relacionada com a opacidade e translucidez,

isto é, quanto maior o valor, mais opaco e esbranquiçado será o objeto e quanto menor o valor, será mais translúcido e acinzentado (Anusavice et al., 2013).

### **3.1.3. Croma**

O croma é a intensidade ou saturação de um determinado tom (matiz), podendo variar entre “claro” e “escuro”: quanto mais escuro se torna o objeto, maior é o seu nível de saturação. Este é o responsável por descrever o tom alaranjado ou amarelado de uma restauração ou dente (Anusavice et al., 2013; Couto, 2017; Volpato et al., 2005).

O croma permite descrever a cor como mais “viva” ou mais “escura”, diferenciando entre: desbotado *Vs* saturado, forte *Vs* pálido e cromática *Vs* pálida, em outras palavras, quanto mais próximo estiver do matiz puro ou cinza, maior o croma. É representado através da distância do eixo do valor acromático em direção ao matiz específico na circunferência do círculo e é diretamente proporcional ao aumento da distância do eixo vertical (Meireles et al., 2008; Omar et al., 2008; Silva & Martins, 2003; Watts & Addy, 2001).

O croma correlaciona-se com os níveis de saturação, tonalidade e quantidade de pigmentação que possui. Por exemplo, nas resinas utilizadas no consultório dentário o croma é identificado por uma numeração gradual de 1 a 4, codificando a saturação da resina de forma crescente. Na rotina clínica, a escolha do croma pode ser feita por comparação direta através de escalas de cores visuais ou de forma indireta através de equipamentos especializados, dependendo da experiência do profissional. A porção cervical média do elemento dentário é o primeiro lugar tomado como referência para a seleção de croma com os terços médio e incisal, quase sempre com um ou dois graus de saturação mais baixos. O canino é geralmente o dente com maior grau de saturação em casos em que o segmento anterior é observado. As intensidades de saturação menores correspondem aos doentes mais jovens, e mais elevados aos doentes com idade mais avançada ou dentes mais saturados (Park, et al., 2006).

#### 4. PROPRIEDADES ÓTICAS SECUNDÁRIAS

As condições de visualização são extremamente importantes e tem variáveis a depender da fonte de luz, hora do dia, condições do ambiente, ângulo em que o dente é visto e limpeza do dente afetarão a sua cor aparente (Baratieri, 2011; Couto, 2017)

Ao referirmos as a propriedades óticas secundárias estão relacionadas com meio externo ao redor do objeto, influenciando a sua percepção, as propriedades secundárias conectam-se com as primárias e resultam na aparência de coloração do tratamento após concluído (Anusavice et al., 2013; Baratieri, 2011; Couto, 2017).

##### 4.1. Translucidez

O sistema de Munsell não engloba a translucidez, apesar de ser um dos fatores com grande importância no resultado final de uma restauração estética. O valor como é uma dimensão abstrata é muito difícil de medir ou padronizar (Park et al., 2006; Sproull, 1973).

No esmalte, a quantidade relativa de luz que passa por uma certa espessura, atribuída também com as variedades de mineralização e porosidade, é expressa pela translucidez ou coeficiente de transmissão. O coeficiente de transmissão do esmalte depende do comprimento de onda de luz incidente, ou seja, quanto maior for o comprimento de onda de luz, maior o efeito translúcido sobre a estrutura. Toda a matéria translúcida acromática colocada sobreposta a um objeto produz tons mais acinzentados devido à redução da luz refletida, onde materiais opacos se apresentam mais refletidas e luminosas devido ao seu valor (Alves et al., 2014; Villarroel et al., 2011).

A translucidez é uma propriedade importante das resinas compostas, uma vez que é um meio de análise da quantidade e qualidade de reflexão de luz (Azzopardi et al., 2009; Kim & Park, 2013). Define-se como a propriedade que um material apresenta de permitir a passagem de luz, que se espalha de modo que os objetos não possam ser vistos de forma clara através do material (Pérez et al., 2010). É geralmente medida através do parâmetro de translucidez (PT) (Arimoto et al., 2010; Kaizer et al., 2016; Khashayar et al., 2014)), método baseado no sistema CIE  $L^*a^*b^*$ . Este sistema refere-se à diferença de cor de um objeto de espessura uniforme analisado sobre fundo branco e preto, correspondendo à visão humana sobre a translucidez (Johnston et al., 1995). Quanto maior o valor de PT,

maior é a translucidez do objeto. Num objeto opaco, o PT é zero. Para reproduzir as propriedades óticas inerentes dos substratos dentários, foram desenvolvidas resinas compostas com diferentes níveis de translucidez. Resinas compostas mais opacas são utilizadas para ocultar a estrutura dentária com alteração da cor, enquanto resinas mais translúcidas são utilizadas para reproduzir o esmalte (Ryan et al., 2010).

#### **4.2. Metamerismo**

A luminosidade, o objeto e o operador são alguns dos fatores que influenciam a escolha da cor (Bahr et al., 2015).

A luminosidade é considerada, por Bahr et al. (2015), como fator predominante na seleção de cor. Assim, através da aplicação de diversas fontes de luz, podem ocorrer alterações na percepção do objeto, originando um fenómeno designado por metamerismo. Sendo isto, quando dois objetos aparentam ter a mesma cor sob um certo tipo de luz, mas quando se apresentam sobre luzes diferentes possuem também cores diferentes (Corcodel et al., 2015). Este fenómeno justifica-se pelo facto de a cor ser uma reflexão de comprimentos de onda característicos, que ao não serem emitidos de igual forma pela fonte de luz, não irão ser refletidos, resultando assim numa percepção diferente da cor conforme a fonte de luz (Alves et al., 2014). Desta forma, é importante saber qual a luz mais confiável para diminuir as incorreções (Corcodel et al., 2015).

Diante esta questão, é notável ter em conta as várias fontes luminosas durante a observação da cor.

A iluminação pode ser uma fonte de luz natural, como a luz do dia, ou artificial, que conforme a sua origem pode mudar a percepção da cor de um objeto. Por isso, é importante escolher a cor que demonstra menor variação visual sob as diferentes fontes luminosas. Nas provas de cor, é importante confirmar alterações de cor sobre diferentes fontes de iluminação (Anusavice et al., 2013; Couto, 2017).

#### **4.3. Fluorescência**

A fluorescência é determinada pela capacidade de captação da luz pelo material dentário, sendo que esta ocorre em todos os comprimentos de onda. Trata-se de uma propriedade

que faz com que os dentes pareçam mais esbranquiçados e mais claros na luz do dia, ou sob luzes artificiais, como lâmpadas fluorescentes, flashes, ou luz negra, ou seja, quanto maior a luz maior a fluorescência. Este fenômeno é determinado especialmente pela dentina, que possui bastante colagénio e material orgânico com elevada quantidade de aminoácidos, que reproduzem esta fluorescência, tal como o triptofano, resultando numa fluorescência três vezes maior que a do esmalte. No esmalte, a fluorescência é atribuída aos seus componentes orgânicos, que constituem menos de 2% da sua composição total do esmalte (Monteiro et al., 2012).

A fluorescência natural dos tecidos dentários é um importante componente que deve estar reproduzida nas restaurações de resinas compostas e materiais cerâmicos, o que confere às restaurações uma maior vitalidade e luminosidade o mais semelhante á de um dente vital. Quando exposto a uma radiação UV, os dentes apresentam uma fluorescência predominantemente esbranquiçada com um ligeiro tom azul, sendo que a dentina se apresenta muito mais fluorescente do que o esmalte por conta da sua composição (Anusavice et al., 2013; Vadher et al., 2014).

#### **4.4. Opalescência**

A opalescência é uma propriedade ótica que consiste na refração de raios de luz na superfície do esmalte (Anusavice et al., 2013).

Ao possuir esta propriedade o esmalte dentário aparenta diferentes colorações sob diferentes orientações dos raios luminosos. Quando a luz é direta sob o esmalte este aparenta uma cor branco-azulada, mas sob luz indireta confere-lhe uma cor alaranjada, podendo ser notada pela dentina, devido à estrutura à dentina subjacente (Anusavice et al., 2013; Couto, 2017).

Este fenômeno encontra-se na dentição através dos cristais de hidroxiapatite presentes no esmalte, bem como nos prismas. Os comprimentos de onda da luz têm diferentes graus de reflexão, absorção e transmissão através do dente e materiais dentários, de acordo com a translucidez destes. A iluminação transmite raios vermelhos e espalha raios azuis dentro do seu corpo, pela dentina e o esmalte, isto principalmente no bordo incisal. Deste modo, o esmalte incolor apresenta um azulado. O efeito opalescente do esmalte aclara o dente e

confere-lhe profundidade ótica e vitalidade (Anusavice et al., 2013; Couto, 2017; Raptis et al., 2006).

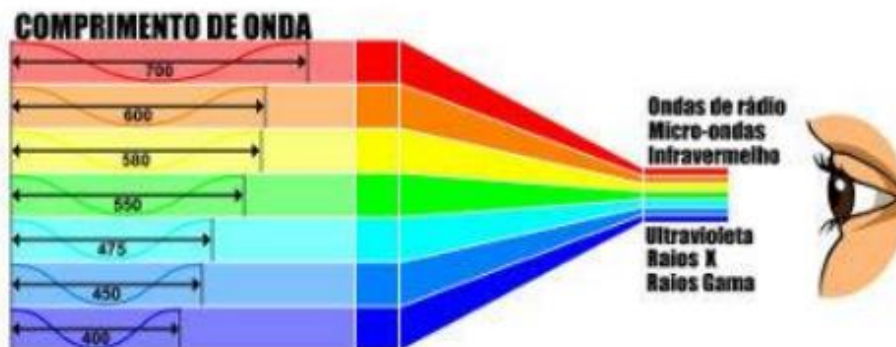
Pode-se observar, com as mudanças na Medicina Dentária contemporânea, a presença de resinas compostas “pseudo opalescentes”, que simulam esse efeito azulado e são principalmente utilizadas nos bordos incisais, típicos dos doentes jovens (Baratieri, 2011).

É também importante ressaltar que a opalescência do esmalte natural é, em geral, superior à da maioria das resinas compostas (Correia et al., 2005).

## **5. DIMENSÕES DAS CORES DOS DENTES**

A cor do dente é determinada por um fenómeno combinado pela associação das propriedades óticas e a luz (Jahangiri et al., 2002), sendo essencialmente definida pela cor natural da dentina, ou seja, pelos fatores de coloração intrínsecos, como também por fatores extrínsecos ou uma combinação dos dois (Watts & Addy, 2001). A coloração intrínseca está relacionada com as propriedades de dispersão e absorção da luz pelo esmalte e pela dentina, enquanto que a coloração extrínseca está associada à absorção de substâncias, como chá, vinho tinto, clorexidina, pela superfície de esmalte, podendo causar uma mancha extrínseca (Joiner, 2004).

A definição de cor está associada à tríade: (1) comprimento de onda, (2) percepção ocular (3) componentes psicológicos (Hirata et al., 2011). A dentisteria operatória estética e restauradora é dependente de diferenças estruturais entre materiais restauradores e tecidos dentários. Os principais efeitos óticos devem ser reproduzidos pelas nuances de cor, tanto no esmalte como na dentina. A decisão definitiva sobre a tomada de cores deve estar relacionada com a presença da luz, uma vez que não há cor sem luz. A luz é uma forma de energia que é captada pelos nossos olhos por ter um comprimento de onda visível dentro do espectro eletromagnético (Figura 6).

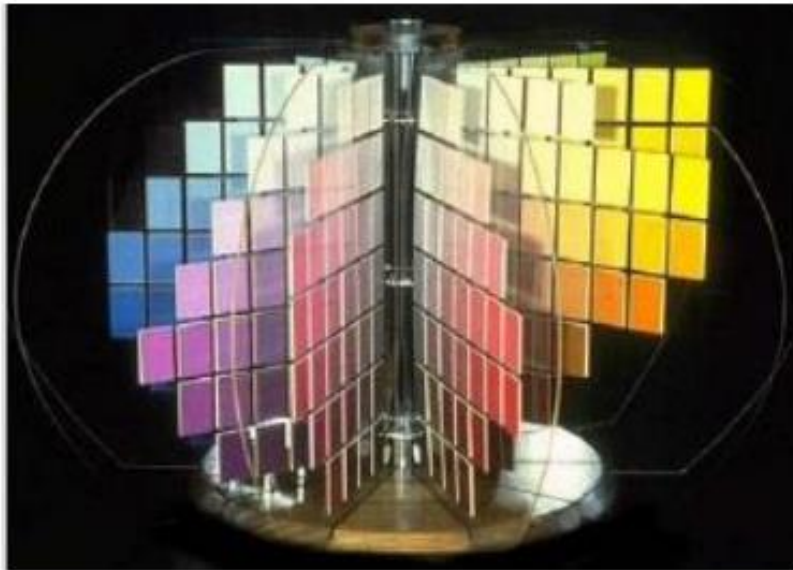


**Figura 6** - Sistema Subtrativo. Espectro de luz visível (Silva, 2008).

A cor é um conceito relativo e depende da percepção de cada indivíduo, portanto, a maior dificuldade em relação à escolha da cor consiste numa interpretação individual apropriada, clara e precisa. Além disso, de referir que a cor pode ser compreendida de formas diferentes dependendo do tipo de iluminação, à qual, os dentes estão expostos. O mais adequado é que a escolha da cor seja feita sob a luz natural, de forma rápida, nos primeiros 5 segundos iniciais de observação, visto que as impressões iniciais são mais definidas (Brunetto et al., 2010; Cha & Lee, 2009).

É fundamental que o Médico Dentista seja capaz de compreender os métodos envolvidos na seleção de cor, para que este processo seja desempenhado de forma uniformizada e correta. Portanto, a compreensão da cor será fundamental para obtenção de um resultado restaurador estético desejável, criando uma harmonia ao sorriso através da cor do dente. Para conseguir identificar adequadamente e reproduzir a cor do dente é necessária uma noção clara na natureza tridimensional da cor (Clark, 1931; Corciolani & Vichi, 2006).

De acordo com Sproull (2001), o Sistema de Ordenação de Cores de Munsell, é o método de eleição para a combinação de cores na clínica dentária, devido a sua consistência, flexibilidade e simplicidade (Figura 7).



*Figura 7 - Árvore de cores de Munsell (Goldstein, 2000).*

## **6. MÉTODOS DE SELEÇÃO DA COR**

Características únicas de cada elemento dentário além da cor, como a translucidez, fluorescência, opalescência, contra opalescência e textura de superfície, fazem com que a determinação da cor na prática clínica constitua um desafio e, na maioria das vezes, não possam ser realizadas em incrementos de cor única (Vanini, 2010). A sua determinação pode ser visual ou instrumental, sendo o método mais comum entre clínicos, a correlação visual entre o dente natural e uma escala de cor, em que a mais popular é a escala VITA (VITA Zahnfabrik) (Stevenson, 2009).

### **6.1. Método Visual**

A análise clínica da cor dentária pode ser realizada tendo como meio diferentes metodologias. Entre estas, o método visual é o mais empregue devido à sua facilidade de aplicação e baixo custo. Entretanto, muitas vezes é considerado contraditório, devido à influência de fatores como a luminosidade, o objeto e o operador (Joiner & Luo, 2017). É descrito na literatura científica como sendo tais fatores e as propriedades físicas do objeto e relacionados com o operador como a experiência, fadiga ocular e género na metodologia de escolha de cor que é aplicada (Afrashtehfar, 2013; Joiner & Luo, 2017).



Destaca-se que, apesar do método visual ser vastamente utilizado devido à sua simplicidade, no entanto alguns dos agentes que influenciam podem resultar numa escolha incorreta da cor do material. A avaliação visual é amplamente realizada com o a ajuda de escalas de cor que são delineadas no croma e no valor, sendo as escalas de cor mais utilizadas a VITA Clássica e a VITA 3D-Master (Joiner & Luo, 2017). A escala VITA Clássica (Figura 8) analisa a cor em duas dimensões, sendo estas o matiz e o croma. Esta escala é composta por 16 amostras de cor que avaliam o matiz e o dividem em 4 grupos, caracterizado pelas letras A, B, C e D, seguindo os seguintes parâmetros:

- A: Corresponde ao vermelho-acastanhado;
- B: Corresponde ao amarelo;
- C: Corresponde ao cinza;
- D: Corresponde ao vermelho.

Cada um destes grupos subdivide-se em números de um a quatro, que avaliam o croma, podendo a sua categorização ser realizada de A1 até D4 (Pegoraro, et al., 2014).



**Figura 8** - Escala VITA Clássica (Fonte: <https://www.vita-zahnfabrik.com>).

A escala VITA 3D-Master (Figura 9) classifica a cor em três dimensões desenvolvidas por Munsell. O matiz, que é classificado pelas “letras” L, R e M, correspondentes às tonalidades amarelada, avermelhado e cores entre as duas tonalidades. Além disso ainda é avaliado por este método a saturação, que é representada pelos números 1, 1.5, 2, 2.5 e

3 (verticalmente). O valor também é possível ser avaliado e é representado pelos números 1, 2, 3, 4 e 5 no sentido horizontal (Freitas et al., 2008).



**Figura 9** - Escala VITA 3D-Master (Fonte: <https://www.vita-zahnfabrik.com>).

Negahdari et al. (2016), avaliaram os dois sistemas da escala visual. Neste estudo, o sistema 3D Master (Vita Zahnfabrik, Germany) apresentou uma maior repetição entre os participantes em comparação com o sistema Vitapan Classical (Vita Zahnfabrik, Germany). Não foram observadas diferenças significativas entre indivíduos do sexo masculino e feminino, na seleção da cor correta com o uso de guias de cores, apesar os participantes do sexo masculino exibirem maior compatibilidade de cor com o uso do guia de cores Vitapan Classical e as mulheres exibirem uma maior percentagem de repetibilidade com o uso do sistema 3D Master.

A diferença de cor entre duas amostras, pode ser determinada pela expressão  $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$  (Villarroel et al., 2011; Alves et al., 2014), em que  $\Delta E$  é utilizado para a quantificação da magnitude dessa diferença. Contudo, o limiar para erros cromáticos numa deteção de diferença de cor intraoralmente é mais elevado devido às estruturas presentes, tal como a mucosa, o fundo da cavidade oral e a sombra provocada pelos lábios (Chu, et al., 2010; Justianwan et al., 2019). Apesar da atual disponibilidade de diversas escalas de cor (ex: VITTA, 3D MASTER), a correlação visual num ambiente intraoral apresenta um verdadeiro desafio (Bahannan, 2014; Kiran et al., 2017; Todorović et al., 2013).

Destacam-se alguns procedimentos que devem ser realizados antes de definir qual a escolha do método visual que vai ser realizada. Stevenson (2009), desenvolveu um fluxograma que deve ser seguido para não ocorrerem erros durante a tomada de cores, como: (1) momento da tomada de cores durante a consulta; (2) cores do ambiente; (3) posição do paciente-observador; (4) prioridade para o brilho (valor) na escala; (4) canino como base para matiz; (5) condições diferentes de luz e de hidratação do dente; (6) completa visualização do dente; (7) terços do dente e magnificação.

Stevenson (2009), salienta que os nossos recetores de luz não são precisos em todos os casos de seleção de cores. Além da constante visualização de cores necessitar de um descanso para voltar a exercer a sua função com normalidade, existem outras variáveis que dificultam o trabalho quando feito exclusivamente pelo olho humano, como as deficiências visuais, a percepção subjetiva da cor, bem como a consciência psicológica e cultural citada por Pedrosa (1999), que faz com que o Médico Dentista adquira vícios durante a seleção de cores.

A escala visual de seleção de cor dentária é realizada através da comparação entre a estrutura dentária cuja cor está sendo escolhida e um dos “dentes” ou “tabs” da escala de cor que está sendo utilizada. Portanto, a cor da escala que mais se aproximar será escolhida para ser utilizada como material restaurador. Sendo assim, foram encontrados trabalhos que avaliaram as escalas desde meados do século passado e relatando algumas limitações das escalas convencionais conhecidas, como o fato de que elas não cobrem todo o espectro de cor dos dentes naturais, não havendo um arranjo lógico da distribuição das cores e apresentarem diferentes propriedades óticas dos materiais em relação ao dente (Sorensen & Torres, 1987; Robert C. Sproull, 1973).

A escala 3D Master (Vita, Alemanha) evidenciou uma maior confiabilidade em diferentes estudos desenvolvidos e também apontaram que a distribuição da cor da escala é mais ordenada quando comparada à distribuição das escalas anteriores (Ahn & Lee, 2008; Corciolani et al., 2009), porém há relatos de que as escalas existentes ainda continuam a apresentar limitações, não sendo específicas para uma dada população nem atendendo totalmente ao seu propósito (Wee et al., 2005).

## 6.2. Método Digital

O método digital estabelece estimativas objetivas da leitura de cor, objetivando oferecer resultados precisos e quantificáveis, aumentando o índice de êxito na seleção e comunicação da cor e facilitando o adequado registo dos parâmetros relacionados às cores em pesquisa científica (Bona et al., 2009; Ishikawa-Nagai et al., 2005; Terry, 2005).

Kim-Pusateri et al. (2009), avaliaram a confiabilidade (capacidade de reprodução entre diferentes avaliadores) e a precisão de quatro aparelhos para seleção de cor. Os resultados demonstraram que eles têm alta confiabilidade, acima de 96% indicando valores de cor previsíveis e acuidade, sendo que encontraram diferenças significativas entre os aparelhos. Os colorímetros analisam os valores para o vermelho, verde e azul, refletidos através de filtros que simulam os recetores do olho humano. Os triestímulos X, Y, Z são convertidos em coordenadas L, a\* e b\* do sistema CIELab. A utilização dos sistemas de coordenadas possibilita a interpretação e define objetivamente os fenômenos físicos na percepção instrumental da cor.

Tung et al. (2002), analisaram o potencial de repetição da leitura de cor de um colorímetro intraoral e compararam a leitura de cor com o método visual através da observação por dois profissionais experientes. Os autores observaram que o aparelho concordou com as suas próprias leituras em 82% dos casos, um nível de concordância superior aos observados pelos profissionais através do método visual (73% dos casos). Analisando de forma comparativa os dois métodos, ambos estiveram de acordo em 55% dos casos. Os autores aferiram que o método digital é superior ao visual. Nos estudos de Horn, et al., (1998), vinte dentes extraídos foram avaliados por cinco indivíduos e por um espectrofotómetro em dois momentos diferentes. Os autores relataram que a avaliação instrumental teve concordância de 80% enquanto a avaliação humana teve concordância de 20 a 60% variando o examinador. Assim, os autores concluem que a avaliação instrumental foi mais confiável e que pode oferecer um método mais previsível e acurado para avaliação de cor *in vitro*.

Uma importante vantagem da leitura digital é a significativa redução do tempo clínico necessário para se determinar da cor dentária (Raigrodski et al., 2006). De acordo com Paul et al. (2004), num estudo *in vivo* comparativo entre diferentes métodos de avaliação de cor em 10 indivíduos e 3 examinadores, a avaliação de cor com o espectrofotómetro

foi superior comparado ao método visual. Nove entre dez coroas realizadas com a seleção objetiva foram preferidas às convencionais quando avaliadas visualmente pós-cimentação e também nove entre dez coroas tiveram a menor diferença de cor medida ( $\Delta E$ ) pelo espectrofotômetro quando a cor havia sido selecionada pelo método objetivo.

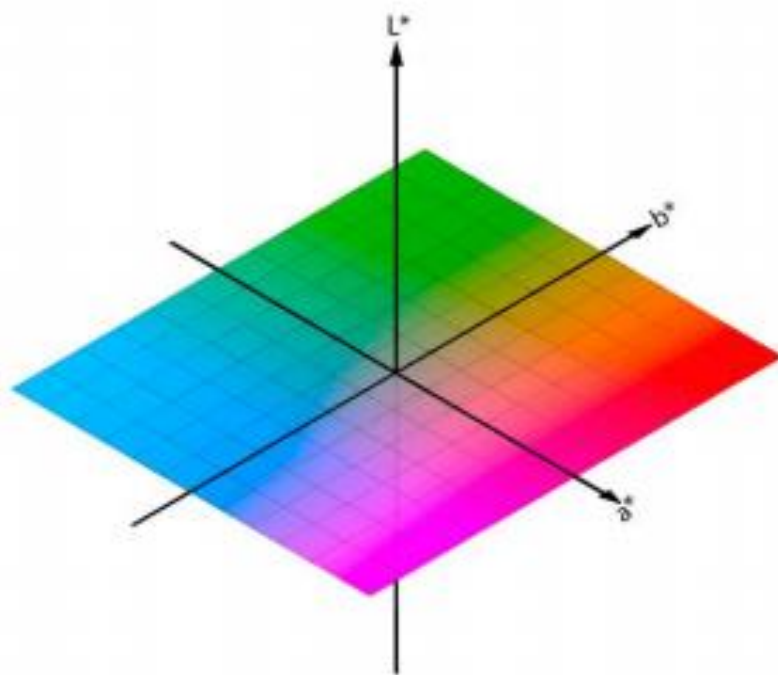
Paul et al. (2002) avaliaram a cor do incisivo central de 30 doentes pelo método digital e visual (sendo empregues três examinadores) em 3 avaliações de cor e obtiveram 26.6% de concordância no método visual e 83.3% de concordância entre as avaliações digitais. Ressalta-se ainda que em 93.3% dos casos o  $\Delta E$  da tomada visual foi superior ao digital, concluindo assim que a análise digital é mais precisa e possui uma maior segurança quando comparada a avaliação visual de cor. Silva et al. (2008), também compararam a eficiência do método digital sobre o convencional; os autores prepararam 72 coroas para 36 doentes, uma pelo método convencional de tomada de cor e outra com auxílio do espectrofotômetro e mediram o  $\Delta E$  de ambas as coroas de estudo. Três examinadores calibrados escolhiam as melhores coroas. Os resultados mostraram que a média de  $\Delta E$  foi significativamente menor para as coroas submetidos ao método digital, tendo estas tido uma menor taxa de rejeição.

São escassos os estudos desenvolvidos que avaliem o uso do método digital e observem uma menor taxa de eficiência quando comparado ao método convencional. Klemetti et al. (2006), analisaram comparativamente a escolha de cor dentária feita por Médicos Dentistas inexperientes e um colorímetro, tendo constatado que a repetibilidade humana e a concordância do aparelho haviam sido baixas. Os autores sugerem que o uso do aparelho no ensino e padronização do processo de seleção de cor pode ser uma eficiente ferramenta. Num estudo desenvolvido por Hugo et al. (2005), os autores observaram a cor de 342 dentes *in vivo* e compararam o método convencional com o digital através de 3 aparelhos. De acordo com os autores, as deficiências dos instrumentos assim como da detecção visual ficaram evidentes no estudo, pois a concordância do método visual (a mesma leitura para todos os examinadores) ficou em 36.7% e para o digital ficou em 9.9% na média para os três aparelhos. Destaca-se ainda, que o melhor nível de ajuste da cor foi realizado pelos examinadores humanos (52.9%) comparada aos aparelhos (31.3% em média).

Um estudo desenvolvido identificou que a cor final deve ser sempre escolhida através de uma análise em conjunto do Médico Dentista e do doente, e que o método digital deveria ser conjuntamente usado como rotina na escolha da cor dentária (Wee et al., 2005).

### 6.3. Sistema $L^*a^*b^*$

O sistema de cor CIE  $L^*a^*b^*$  foi desenvolvido em 1931 pela Commission Internationale de l'Eclairage (CIE, Comissão Internacional de Iluminação), sendo frequentemente usado em estudos sobre a cor. Através da padronização da cor, das fontes de luz e dos observadores, uma cor específica pode ser definida pela sua localização no sistema CIE  $L^*a^*b^*$  pelas coordenadas,  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Quanto à luminosidade, o valor  $L^*$  e o  $L^*$  são proporcionais. As coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  definem as características cromáticas da cor;  $a^*$  refere-se ao eixo vermelho-verde, e  $b^*$  refere-se ao eixo amarelo-azul (Chu et al., 2010; Justiawan et al., 2019) (Figura 10).



**Figura 10** - Sistema de Cores CIE  $L^*a^*b^*$  (Miranda, 2019).

Observa-se que, apesar de duas cores poderem apresentar aparência semelhantes, pode ser realizada a seleção mais adequada através de instrumentos de medição de cor. A distinção de cores ocorre através da comparação numérica e expressa pela variável delta ( $\Delta$ ), onde  $\Delta L^*$  identifica a diferença entre claro e escuro,  $\Delta a^*$  a diferença entre vermelho e verde,  $\Delta b^*$  diferença entre amarelo e azul e  $\Delta E$  a diferença total de cor. A diferença total de cor é essencial ser analisada e pode expressar a percepção real da diferença de cor através da fórmula  $\Delta E = ((L1^* - L2^*)^2 + (a1^* - a2^*)^2 + (b1^* - b2^*)^2)^{0.5}$ .

Tem-se estudado constantemente o conceito sobre diferença de cores na literatura, sendo consistente a existência de uma dificuldade em identificar qual a fórmula mais precisa para calcular se a diferença entre duas cores pode ser ou não percebida e/ou aceitas. Classicamente, tinha-se como padrão a fórmula CIELAB ( $\Delta E^*_{ab}$ ), mas em 2001 a Comissão Internacional de Iluminação (CIE) recomendou o uso da fórmula CIEDE2000 ( $\Delta E^*_{00}$ ) como parâmetro de comparação de cor. Gómez-Polo et al. (2017) desenvolveram um estudo com gengiva artificial, onde foi mostrado haver semelhanças entre as fórmulas CIELAB e CIEDE2000, e ainda no mesmo ano, Miotti et al., 2016 recomenda a segunda fórmula para calcular a diferença de cores entre materiais dentários. Então, apesar da literatura ter encontrado resultados semelhantes entre as duas fórmulas, CIEDE2000 tem sido a recomendada pela CIE, e, por este motivo, será a fórmula de interessante escolha deste presente estudo. O globo ocular humano possui um maior número de bastonetes (que são recetores do brilho) do que cones (recetores de cor), portanto, os seres humanos são mais sensíveis ao brilho (coordenada  $L^*$ ) do que a mudança de croma (coordenada  $a^*$  e  $b^*$ ) como demonstrado por Gómez-Polo et al. (2020).

Sampaio et al. (2019), numa comparação entre seis diferentes métodos fotográficos para obtenção do valor de  $\Delta E$ , demonstraram que fotografias tiradas com filtro polarizador continham cores mais fiéis e consequentemente maior precisão na obtenção dos valores de  $L^*a^*b^*$ . De entre os diversos estudos para calcular os valores de  $L^*a^*b^*$ , a grande maioria utiliza fundos pretos ou brancos para tomada de cores, contudo este estudo pretende conhecer apenas o comportamento da resina composta individualmente, irrelevando a sua relação direta com os dentes ou cavidade oral, e para isso, foi adotado uma cor neutra para que a mesma não sofresse com as interferências cromáticas do meio (Lee, 2007). Por estes motivos, optou pelo uso do protocolo fotográfico eLAB® para

calcular a percepção e aceitação sobre a diferença de cores entre os blocos de resina composta.

#### **6.4. Método Espectrofotométrico**

Resultados significativos foram observados em diferentes estudos, comprovando uma maior precisão com o uso do espectrofotómetro comparativamente aos métodos mais clássicos, como os visuais (Bahannan, 2014; Chu et al., 2011). Com o uso dos espectrofotómetros, é possível medir a quantidade de luminosidade refletida por um objeto no intervalo de 1-25 nm do espectro visível, convertendo essa medição em coordenadas da cor e valores da cor do dente (Chu et al., 2010; Wee et al., 2007).

Um estudo desenvolvido por Kalantari et al. (2017) avaliou de forma comparativa a efetividade dos aparelhos espectrofotómetros Vita Easysshade e Shadepilot (Figura 11). Os resultados apresentados demonstraram que os aparelhos analisados não evidenciaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) e ambos mostraram resultados significativamente melhores nas medições de cor do que o método visual com a escala Vitapan clássica ( $p < 0,05$ ).

Parameswaran et al. (2016) avaliaram de forma comparativa a acurácia das escalas visual e espectrofotométricas (VITA Easysshade <sup>TM</sup>), sendo utilizado dois sistemas de guias de cores: VITAPAN Classical <sup>TM</sup> e VITAPAN 3D Master <sup>TM</sup>. O artigo desenvolvido revelou que o método visual foi melhor que o método espectrofotométrico em termos de exatidão. Entretanto, o espectrofotómetro apresentou melhores resultados de concordância entre os avaliadores, independentemente do guia de cores aplicado. No método espectrofotométrico, o guia de cores VITAPAN Classical <sup>TM</sup> foi mais preciso do que o guia de cores VITAPAN 3D Master.





**Figura 11** - Espectrofotômetro s Vita Easyshade (Dias et al., 2016).

Segundo Marcenzo (1986), os espectrofotômetros são aparelhos constituídos por uma fonte luminosa estável, um dispositivo de radiação monocromática e, por fim, um dispositivo de detecção de radiação. Os espectrofotômetros mais confiáveis são de esfera de integração, chamados óticos esféricos. Nestes espectrofotômetros, o objeto do estudo é exposto à luz em diferentes ângulos e direções durante a sua análise. Como a cavidade oral apresenta uma janela de leitura muito pequena, a luz é difusa e dirigida para a superfície do dente em apenas um sentido (Volpato et al., 2005). As medições de cor espectrofotométricas são capazes de quantificar de forma confiável a cor tanto de dentes como de porcelana dentária. O desempenho da seleção de cor foi significativamente maior pelo método computadorizado nos resultados de Jarad et al. (2005), quando comparados com o método convencional.

Karaman et al. (2019), aplicaram no seu estudo um sistema espectrofotométrico VITA Easyshade, onde foi registrado os valores  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , o sistema analisado conseguiu fornecer medições de cores precisas. Ao examinar a distribuição geral das cores, A2 (29.7%) e A1 (12.9%) foram as cores dentárias mais medidas independentemente do sexo e idade.

Alshiddi & Richards (2015), expuseram como resultado dos seus estudos que a média do  $\Delta E$  para o método espectrofotométrico foi de 3.6 em comparação com 4.2 do método visual, assim, demonstrando que o espectrofotómetro Vita Easyshade foi mais preciso e efetivo do que o método visual Vitapan 3D-Master. No entanto, os autores destacaram que o treino e prática no processo de seleção de cores proporcionaram ao grupo uma melhor combinação de cores visuais.

Kalantari et al. (2017), observaram que, ao comparar o espectrofotómetro Vita Easyshade com a escala Vitapan Classical, foi observado uma diferença considerável entre eles, tendo o espectrofotómetro apresentado resultados significativamente melhores. Os autores também compararam o espectrofotómetro Degudent Shadepilot com a escala Vitapan Classical, e mais uma vez o aparelho espectrofotométrico evidenciou melhores resultados. Quando comparados os espectrofotómetros Vita Easyshade e Degudent Shadepilot, não foram observadas diferenças significativas entre os dois aparelhos. Ainda assim, os resultados deste artigo, demonstram uma melhoria significativa na correspondência de cores por meio do espectrofotómetro comparando com o método visual.

### **6.5. Método Colorimétrico**

A colorimetria pode ser definida como uma tecnologia com o objetivo de quantificar e descrever, por meio de modelos matemáticos, as diferentes percepções humanas em relação à cor. Essa tecnologia destaca-se por ser um meio preciso, efetivo e vastamente funcional para a análise da cor de materiais dentários e a avaliação quantitativa da cor. Estas características abrangem benefícios sobre a avaliação visual, tais como: habilidade, sensibilidade, objetividade e precisão (Yap et al., 1999).

A partir do desenvolvimento de colorímetros e também dos espectrofotômetros, foi possível identificar diferenças de coloração num nível que não era possível apreciar pelo olho humano. Uma questão importante na ciência da cor em Medicina Dentária é o facto de se tornar possível determinar um valor de referência para a avaliação dos resultados do estudo, em termos de  $\Delta E$  (Sim et al., 2001) (Figura 12).



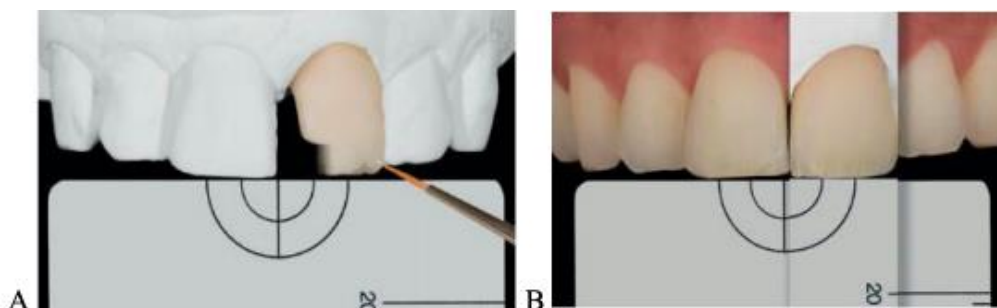
**Figura 12** - Colorimetro ShadeEye utilizado na pesquisa (Adaptado de Oliveira, 2016).

Num estudo desenvolvido por Dancy et al. (2003), quarenta doentes foram analisados por diferentes profissionais com o objetivo de realizar uma seleção de cor através de dois métodos diferentes. Destes doentes vinte foram analisados pelo método visual convencional, e os restantes por fotocolorimetria. Foram construídas quarenta coroas cerâmicas utilizando dois sistemas aleatórios. Na cimentação, foi calculada pelo colorímetro a diferença de cor entre a análise colorimétrica e o método visual, e os resultados obtidos no estudo demonstraram que a média de  $\Delta E$  (número absoluto que indica a diferença de sensação na totalidade da cor, incluindo brilho, tom e saturação) pela avaliação visual foi de 10.49 enquanto no grupo digital foi de 8.99. Os dados não mostraram diferenças estatisticamente significantes entre os diferentes métodos. Assim, os autores afirmaram que o uso de técnicas fotocolorimétricas pode servir como uma alternativa confiável ao método visual de seleção de cor e que este seria um método útil para clínicos com pouca experiência no processo de seleção de cor.

## 6.6. Método e-Lab

O método e-lab é um método fotográfico desenvolvido por Hein et al. (2017), com o intuito de facilitar a comunicação entre o Médico Dentista e os técnicos de prótese na aferição e precisão de cores de restaurações indiretas. Para isto, é necessário: (1) câmara fotográfica DSLR; (2) lente macro e flashes para câmara; (3) cartão de balanço de brancos (white\_balance® gray reference card for dental photography); (4) filtro polarizador padronizado (Polar\_eyes®); (5) software (Lightroom Classic CC®) (Figura 13).

Para uma correta avaliação e determinação das cores dos dentes naturais no CieLab, é necessário um aparelho fotográfico com as corretas especificações (Igiel et al., 2016; Justiawan et al., 2019).



**Figura 13** - Foto tirada com protocolo fotográfico e-LAB® durante a fase de aplicação da cerâmica em A. Sobreposição de imagens da prótese pronta em B (Hein et al., 2017).

A imagem digital para a seleção de cores na clínica dentária estética e restauradora, é atualmente um tópico de grande interesse. As câmaras digitais são fáceis de usar, relativamente baratas e estão disponíveis na maioria dos consultórios e laboratórios dentários. As informações de cores obtidas a partir de imagens digitais são relevantes com o auxílio na escolha de cor. Por estas razões, as câmaras digitais são consideradas um dispositivo adequado e prático para o avanço da combinação de cores (Hein et al., 2017).

Os dispositivos informáticos (câmaras fotográficas e monitores) armazenam e exibem as imagens num formato denominado RGB, em que o seu modelo de cores é representado em formato de cubo. Este consiste na mistura de cores de forma aditiva, que é o efeito da projeção de luz de várias cores no mesmo ponto (pixel), obtendo assim uma cor específica por pixel (Kiran et al., 2017; Wilms & Oberfeld, 2018).

Quando chegamos à parte informática, ao realizarmos a transformação do ficheiro RGB (foto) para o sistema CIE XYZ, deparamos com o primeiro obstáculo desta técnica. O sistema CIE Lab apresenta o seu espaço de cor (Espaço XYZ) “fisicamente” menor que o sistema RGB, e além disso, durante a transição de um formato para o outro, adiciona uma nova variável, a luminosidade (Associado à luminosidade/brilho, percepção de claro/escuro - capacidade de refletir a luz do objeto) (Chu et al., 2010; Igiel et al., 2016; Wilms & Oberfeld, 2018).

Hein et al. (2017), ao desenvolverem o protocolo fotográfico chamado eLAB, formaram uma comunicação e correspondência objetiva da cor sem a necessidade de guias de cores. Utilizando uma fotografia digital polarizada, com um cartão de referência cinza com balanceamento de branco padronizado pode-se obter aquisição de imagem padronizada para uma subsequente análise. Destaca-se que a padronização é necessária ao usar a câmara no modo manual. Uma distância definida deve ser selecionada com base na lente da câmara / tamanho do sensor. Para amenizar a influência da luz do ambiente e garantir a sincronização do flash, a velocidade do obturador deve ser definida para 1/125 segundos, com uma abertura de f 22 para assim ser possível uma adequada profundidade de campo. A sensibilidade do sensor de 100 ISO deve ser selecionada e o formato da imagem deve ser definido como RAW. O flash circular externo ou flash lateral deve ser ajustado para saída máxima (1/1) no modo manual.



### III. CONCLUSÃO

Podemos concluir que é fundamental que o Médico Dentista utilize um protocolo fotográfico que melhore e facilite a sua comunicação com o laboratório de prótese dentária, de forma que se obtenha uma correta interpretação e precisão de cores.

Torna-se fundamental a aquisição de uma câmara fotográfica DSLR, bem como os devidos acessórios, como a lente macro, flashes, cartão de balanço de brancos, filtro polarizador padronizado e um *software* para processamento das imagens.

A utilização de uma fotografia padronizada, favorece uma cor final mais próxima da realidade, além de permitir também uma previsibilidade final do caso através da sobreposição das imagens.





## IV. BIBLIOGRAFIA

Afrashtehfar, K. I. (2013). Increased predictability in tooth shade-matching. *Oral Health*, 15(25), 44–45. [www.oralhealthgroup.com](http://www.oralhealthgroup.com)

Agrawal, V., & Kapoor, S. (2013). Color and shade management in esthetic dentistry. *Universal Research Journal of Dentistry*, 3(3), 120–127. <https://doi.org/10.4103/2249-9725.123975>

Ahn, J.-S., & Lee, Y.-K. (2008). Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 100(1), 18–28. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60129-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60129-8)

Alshiddi, I. F., & Richards, L. C. (2015). A comparison of conventional visual and spectrophotometric shade taking by trained and untrained dental students. *Australian Dental Journal*, 60(2), 176–181. <https://doi.org/10.1111/ADJ.12311>

Alves, J. K. G., Aued, N., Soares, F. Z. M., Jacques, L. B., Kaizer, M. da R., & Mallmann, A. (2014). Avaliação da cor de um compósito com espectrofotômetro em diferentes modos de leitura e condições de armazenagem. *Rfo*, 19(1), 101–106.

Analoui, M., Papkosta, E., Cochran, M., & Matis, B. (2004). Designing visually optimal shade guides. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 92(4), 371–376. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2004.06.028>

Anusavice, K., Shen, C., & Rawls, H. R. (2013). *Phillips' Science of Dental Materials* (12th ed.). Rio de Janeiro: Elsevier.

Arimoto, A., Nakajima, M., Hosaka, K., Nishimura, K., Ikeda, M., Foxton, R. M., & Tagami, J. (2010). Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 26(11), 1090–1097. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2010.07.009>

Azzopardi, N., Moharamzadeh, K., Wood, D. J., Martin, N., & Noort, R. van. (2009). Effect of resin matrix composition on the translucency of experimental dental composite resins. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 25(12), 1564–1568. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2009.07.011>

Bahannan, S. A. (2014). Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. *Journal of Dentistry*, 42(1), 48–52. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2013.11.001>

Bahr, M. da L. F., Phillipi, A. G., Oderich, E., & Volpato, C. Â. M. (2015). Avaliação visual da cor mediante diferentes fontes de luz. *Prothesis Laboratory in Science*, 4(14), 129–133.

Baratieri, L. N. (2011). *Medicina Dentária*. São Paulo: Santos.

Bona, A. Della, Barrett, A. A., Rosa, V., & Pinzetta, C. (2009). Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 25(2), 276–281. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2008.09.006>

Brewer, J. D., Wee, A., & Seghi, R. (2004). Advances in color matching. *Dental Clinics of North America*, 48(2), 341–358. <https://doi.org/10.1016/J.CDEN.2004.01.004>

Browning, W. D., Contreras-Bulnes, R., Brackett, M. G., & Brackett, W. W. (2009). Color differences: polymerized composite and corresponding Vitapan Classical shade tab. *Journal of Dentistry*, 37(1), 34–39. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2009.05.008>

Brunetto, J., Volpato, C. Â. M., & Zani, I. M. (2010). Seleção visual da cor em Odontologia. *Rev. Dental Press Estét*, 7(2), 82–100.

Caroli, A. de, Vieira, G. F., & Pereira, C. A. de B. (2007). Prevalência de indivíduos cor-deficientes entre alunos de odontologia. *Abeno*, 7(2), 117–121.

Cha, H.-S., & Lee, Y.-K. (2009). Difference in illuminant-dependent color changes of shade guide tabs by the shade designation relative to three illuminants. *American Journal of Dentistry*, 22(6), 350–356. <https://europepmc.org/article/med/20178211>

Chu, S. J., Devigus, A., Paravina, R., & Mieleszko, A. (2011). *Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry* (2ns ed.). London: Quintessence.

Chu, S. J., Trushkowsky, R. D., & Paravina, R. D. (2010). Dental color matching

instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*, 38(2), e2-16. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2010.07.001>

Clark, E. B. (1931). An analysis of tooth color. *Journal of the American Dental Association*, 18, 2093–2103.

Corciolani, G., & Vichi, A. (2006). Scientific of Colour Reading With a Clinical and a Laboratory Spectrophotometer. *International Dentistry*, 8(5), 62–70.

Corciolani, G., Vichi, A., Goracci, C., & Ferrari, M. (2009). Colour correspondence of a ceramic system in two different shade guides. *Journal of Dentistry*, 37(2), 98–101. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2008.10.001>

Corcodel, N., Helling, S., Rammelsberg, P., & Hassel, A. (2010). Metameric effect between natural teeth and the shade tabs of a shade guide. *European Journal of Oral Sciences*, 118(3), 311–316. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0722.2010.00730.X>

Correia, A., Oliveira, M., & Silva, M. (2005). Conceitos de Estratificação nas Restaurações de Dentes Anteriores com Resinas Compostas. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 46(3), 171–178. [http://www.spemd.pt/rev/rev\\_pdf/46\\_3/artigo5.pdf](http://www.spemd.pt/rev/rev_pdf/46_3/artigo5.pdf)

Couto, S. H. A. Y. F. do. (2017). *Propriedades ópticas da resina composta*. (Tese de Mestrado, Universidade de São Francisco).

D'incau, E., Pia, J.-P., & Pivet, J. (2014). Couleur et choix de la teinte en odontologie. *Jpio Esthetique*, 41–55.

Dancy, W. K., Yaman, P., Dennison, J. B., O'Brien, W. J., & Razzoog, M. E. (2003). Color measurements as quality criteria for clinical shade matching of porcelain crowns. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 15(2), 114–122. <https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.2003.TB00327.X>

Dias, H. B., Carrera, E. T., Bortolatto, J. F., De Andrade, M. F., & De Souza Rastelli, A. N. (2016). LED and low level laser therapy association in tooth bleaching using a novel low concentration H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/N-doped TiO<sub>2</sub> bleaching agent. *Laser Physics*, 26(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1054-660X/26/1/015602>

Fondriest, J. (2004). Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 91(6), 553. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.03.015>

Freitas, A. C. de, Alves, B. P., Rodrigues, A. R. M., & Junior, R. da R. (2008). Avaliação comparativa entre escalas de cores Vitapan Classical e 3D-Master. *RGO*, 56(1), 53–57.

Giau, F. (2012). *Les différentes techniques d'enregistrement de la teinte en prothèse fixée*. (Tese de Mestrado, Université de Nantes).

Goldstein, R. E. (2000). *A estética na odontologia* (2nd ed.). São Paulo: Santos.

Gómez-Polo, C., Montero, J., Gómez-Polo, M., & Casado, A. M. (2020). Comparison of the CIELab and CIEDE 2000 Color Difference Formulas on Gingival Color Space. *Journal of Prosthodontics*, 29(5), 401–408. <https://doi.org/10.1111/JOPR.12717>

Hassel, A. J., Koke, U., Schmitter, M., Beck, J., & Rammelsberg, P. (2006). Clinical effect of different shade guide systems on the tooth shades of ceramic-veneered restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 96(2), 422–426. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2006.03.008>

Hein, S. E., Tapia, J., & Bazos, P. (2017). eLABor\_aid: a new approach to digital shade management. *The International Journal of Esthetic Dentistry*, 12(2), 186–202.

Hirata, T., Hardman-Mountford, N. J., Brewin, R. J. W., Aiken, J., Barlow, R., Suzuki, K., Isada, T., Howell, E., Hashioka, T., Noguchi-Aita, M., & Yamanaka, Y. (2011). Characterization of the Oral Fungal Microbiome (Mycobiome) in Healthy Individuals. *PLoS Pathogens*, 6(1), e1000713. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000713>

Horn, D. J., Bulan-Brady, J., & Hicks, M. L. (1998). Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade. *Journal of Endodontics*, 24(12), 786–790.

Hugo, B., Witzel, T., & Klaiber, B. (2005). Comparison of in vivo visual and computer-aided tooth shade determination. *Clinical Oral Investigations*, 9(4), 36–42. <https://doi.org/10.1007/S00784-005-0014-3>

Igiel, C., Weyhrauch, M., Wentaschek, S., Scheller, H., & Lehmann, K. M. (2016). Dental

color matching: A comparison between visual and instrumental methods. *Dental Materials Journal*, 35(1), 63–69. <https://doi.org/10.4012/DMJ.2015-006>

Ishikawa-Nagai, S., Ishibashi, K., Tsuruta, O., & Weber, H.-P. (2005). Reproducibility of tooth color gradation using a computer color-matching technique applied to ceramic restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 93(2), 129–137. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2004.10.024>

Jahangiri, L., Reinhardt, S. B., Mehra, R. V., & Matheson, P. B. (2002). Relationship between tooth shade value and skin color: an observational study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 87(2), 149–152. <https://doi.org/10.1067/MPR.2002.121109>

Jarad, F. D., Russell, M. D., & Moss, B. W. (2005). The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *British Dental Journal*, 199(1), 43–49. <https://doi.org/10.1038/SJ.BDJ.4812559>

Johnston, W M, Ma, T., & Kienle, B. H. (1995). Translucency parameter of colorants for maxillofacial prostheses. *Undefined*, 8(1), 79–86.

Johnston, William M. (2009). Color measurement in dentistry. *Journal of Dentistry*, 37(1), 2–6. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2009.03.011>

Joiner, A., Jones, N. M., & Raven, S. J. (2016). Investigation of Factors Influencing Stain Formation Utilizing an in Situ Model: *Sage*, 9(4), 471–476. <https://doi.org/10.1177/08959374950090041901>

Joiner, Andrew, & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*, 67S, S3–S10. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2017.09.006>

Joiner, Andrew. (2004). Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32(Suppl.1), 3–12. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2003.10.013>

Justiawan, Wahjuningrum, D. A., Hadi, R. P., Nurhayati, A. P., Prayogo, K., Sigit, R., & Arief, Z. (2019). Comparative Analysis of Color Matching System for Teeth Recognition Using Color Moment. *Medical Devices*, 12, 497–504. <https://doi.org/10.2147/MDER.S224280>

Kaizer, M. R., Almeida, J. R., Gonçalves, A. P. R., Zhang, Y., Cava, S. S., & Moraes, R. R. (2016). Silica Coating of Nonsilicate Nanoparticles for Resin-Based Composite Materials. *Journal of Dental Research*, 95(12), 1394–1400. <https://doi.org/10.1177/0022034516662022>

Kalantari, M. H., Ghorraishian, S. A., & Mohaghegh, M. (2017). Evaluation of accuracy of shade selection using two spectrophotometer systems: Vita Easyshade and Degudent Shadepilot. *European Journal of Dentistry*, 11(2), 196–200. [https://doi.org/10.4103/EJD.EJD\\_195\\_16](https://doi.org/10.4103/EJD.EJD_195_16)

Karaman, T., Altintas, E., Eser, B., Yildirim, T. T., Oztekin, F., & Bozoglan, A. (2019). Spectrophotometric Evaluation of Anterior Maxillary Tooth Color Distribution According to Age and Gender. *J Prosthodont*, 28(1), e96–e102. <https://doi.org/10.1111/JOPR.12783>

Kawaragi, C., Ishikawa, S., Miyoshi, F., Furukawa, K., & Ishibashi, K. (1990). Evaluations by dentists and patients concerning the color of porcelain-fused-to-metal restorations. *Dent J Iwate Med Univ*, 15, 9–17.

Khashayar, G., Bain, P. A., Salari, S., Dozic, A., Kleverlaan, C. J., & Feilzer, A. J. (2014). Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *Journal of Dentistry*, 42(6), 637–644. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2013.11.017>

Kim-Pusateri, S., Brewer, J. D., Davis, E. L., & Wee, A. G. (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(3), 193–199. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)60028-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(09)60028-7)

Kim, D.-H., & Park, S.-H. (2013). Evaluation of Resin Composite Translucency by Two Different Methods. *Operative Dentistry*, 38(3), E76–E90. <https://doi.org/10.2341/12-085-L>

Kiran, R., Walsh, L. J., Forrest, A., Tennant, M., & Chapman, J. (2017). Forensic applications: Fluorescence properties of tooth-coloured restorative materials using a fluorescence DSLR camera. *Forensic Science International*, 273, 20–28. <https://doi.org/10.1016/J.FORSCIINT.2017.01.022>

- Klemetti, E., Matela, A.-M., Haag, P., & Kononen, M. (2006). Shade selection performed by novice dental professionals and colorimeter. *Journal of Oral Rehabilitation*, 33(1), 31–35. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2842.2006.01531.X>
- Lee, Y.-K. (2007). Influence of scattering/absorption characteristics on the color of resin composites. *Dental Materials*, 23(1), 124–131. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2006.01.007>
- Lehmann, K. M., Igiel, C., Schmidtman, I., & Scheller, H. (2010). Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of Dentistry*, 38(2), 65-70. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2010.07.006>
- Mahn, E., Tortora, S. C., Olate, B., Cacciuttolo, F., Kernitsky, J., & Jorquera, G. (2021). Comparison of visual analog shade matching, a digital visual method with a cross-polarized light filter, and a spectrophotometer for dental color matching. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(3), 511–516. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2020.02.002>
- Marcenzo, Z. (1986). *Separation and Spectrophotometric Determination of Elements*, (2nd ed.). Chichester: Ellis Harwood.
- Meireles, S. S., Demarco, F. F., Santos, I. da S. dos, Dumith, S. de C., & Bona, A. Della. (2008). Validation and reliability of visual assessment with a shade guide for tooth-color classification. *Operative Dentistry*, 33(2), 121–126. <https://doi.org/10.2341/07-71>
- Miotti, L. L., Santos, I. S., Nicoloso, G. F., Pozzobon, R. T., Susin, A. H., & Durand, L. B. (2017). The Use of Resin Composite Layering Technique to Mask Discolored Background: A CIELAB/CIEDE2000 Analysis. *Operative Dentistry*, 42(2), 165–174. <https://doi.org/10.2341/15-368-L>
- Miranda, L. O. de. (2019). *Avaliação da alteração cromática em diferentes espessuras de resina através do protocolo eLABor\_aid*. (Tese de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina).
- Monteiro, P., Brito, P., Pereira, J., & Alves, R. (2012). The importance of the optical properties in dental silica-based ceramics. *Journal of the California Dental Association*,

40(6), 476–481. <https://europepmc.org/article/med/22856032>

Nathans, J., Piantanida, T. P., Eddy, R. L., Shows, T. B., & Hogness, D. S. (1986). Molecular genetics of inherited variation in human color vision. *Science*, 232(4747), 203–210. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.3485310>

Negahdari, R., Pournasrollah, A., Rahbar, M., Bohlouli, S., & Pakdel, S. M. V. P. V. (2016). Comparison of Shade Match Compatibility between Vitapan Classical and 3D Master Shade Guide Systems by Dental Students in Tabriz Faculty of Dentistry. *Advances in Bioscience and Clinical Medicine*, 4(1), 4–10. <https://www.journals.aiac.org.au/index.php/ABCMED/article/view/2047>

Oliveira, D. R. P. de. (2016). *Análise da diferença de cor entre duas escalas comerciais: Vitapan classical e Esthet-x*. (Tese de Mestrado, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul).

Omar, H., Atta, O., & El-Mowafy, O. (2008). Difference between selected and obtained shade for metal-ceramic crown systems. *Operative Dentistry*, 33(5), 502–507. <https://doi.org/10.2341/07-129>

Parameswaran, V., Anilkumar, S., Lylajam, S., Rajesh, C., & Narayan, V. (2016). Comparison of accuracies of an intraoral spectrophotometer and conventional visual method for shade matching using two shade guide systems. *Journal of Indian Prosthodontic Society*, 16(4), 352–358. <https://doi.org/10.4103/0972-4052.176537>

Park, J.-H., Lee, Y.-K., & Lim, B.-S. (2006). Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 96(6), 402–411. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2006.10.007>

Paul, S. J., Peter, A., Rodoni, L., & Pietrobon, N. (2004). Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: A clinical comparison. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 92(6), 577. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2004.07.004>

Paul, S., Peter, A., Pietrobon, N., & Hämmerle, C. H. F. (2002). Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal of Dental Research*, 81(8),



578–582. <https://doi.org/10.1177/154405910208100815>

Pecoraro, L. F., Valle, A. L. do, Araújo, C. R. P. de, Bonfante, G., & Bonachella, P. C. R. C. V. (2014). *Fundamentos de Prótese Fixa* (1st ed.). São Paulo: Artes Médicas.

Pedrosa, I. (1999). *Da cor à cor inexistente* (7th ed.). São Paulo: Leo Christiano.

Pérez, M. M., Ghinea, R., Ugarte-Alván, L. I., Pulgar, R., & Paravina, R. D. (2010). Color and translucency in silorane-based resin composite compared to universal and nanofilled composites. *Journal of Dentistry*, 38(2), 110–116. <https://doi.org/10.1016/J.JDENT.2010.06.003>

Pine, K. R., Jacobs, R. J., & Sloan, B. H. (2015). *Clinical Ocular Prosthetics*. Springer International Publishing.

Puissegur, A. (2014). *La Perceptin Visuelle: Un Facteur Determinant Dans La Reconstruction Photomimetique D'un Sourire*. (Tese de Mestrado, Université Paul Sabatier).

Raigrodski, A. J., Chiche, G. J., Aoshima, H., & Spiekerman, C. F. (2006). Efficacy of a computerized shade selection system in matching the shade of anterior metal-ceramic crowns--a pilot study. *Quintessence Int.*, 37(10), 793–802.

Raptis, N. V., Michalakis, K. X., & Hirayama, H. (2006). Optical behavior of current ceramic systems. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 26(1), 31–41. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16515094>

Ryan, E. A., Tam, L. E., & McComb, D. (2010). Comparative translucency of esthetic composite resin restorative materials. *Canadian Dental Association*, 76(1), a84–a84. <https://europepmc.org/article/med/20719098>

Sampaio, C. S., Atria, P. J., Hirata, R., & Jorquera, G. (2019). Variability of color matching with different digital photography techniques and a gray reference card. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(2), 333–339. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2018.03.009>

Silva, C. C., & Martins, R. de A. (2003). A teoria das cores de newton: um exemplo do

uso da história da ciência em sala de aula. *Ciência & Educação*, 9(1), 53–65.  
<https://doi.org/10.1590/s1516-73132003000100005>

Silva, J. D. Da, Park, S. E., Weber, H.-P., & Ishikawa-Nagai, S. (2008). Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 99(5), 361–368.  
[https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60083-9](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60083-9)

Sim, C. P., Yap, A. U., & Teo, J. (2001). Color perception among different dental personnel. *Operative Dentistry*, 26(5), 435–439.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11551006/>

Sorensen, J. A., & Torres, T. J. (1987). Improved color matching of metal-ceramic restorations. Part I: A systematic method for shade determination. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 58(2), 133–139. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(87\)90163-6](https://doi.org/10.1016/0022-3913(87)90163-6)

Sproull, R C. (2001). Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. 1973. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 86(5), 453–457.  
<https://doi.org/10.1067/MPR.2001.119827>

Sproull, Robert C. (1973). Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 29(4), 416–424.  
[https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(73\)80019-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(73)80019-8)

Stevenson, B. (2009). Current methods of shade matching in dentistry: a review of the supporting literature. *Dental Update*, 36(5), 274–276.  
<https://doi.org/10.12968/DENU.2009.36.5.270>

Terry, D. A. (2005). Color matching: part II--objective method. *Practical Procedures & Aesthetic Dentistry*: PPDA, 17(6), 401–402.  
<https://www.mysciencework.com/publication/show/color-matching-part-ii-objective-method-ea0d36df>

Todorović, A., Todorović, A., Gostović, A. S., Lazić, V., Milicić, B., & Djurisić, S. (2013). Reliability of conventional shade guides in teeth color determination. *Vojnosanitetski Pregled*, 70(10), 929–934. <https://doi.org/10.2298/VSP110513019T>

- Trasferetti, B. C., & Davanzo, C. U. (2001). Introdução às técnicas de reflexão especular e de reflexão-absorção no infravermelho: (2) reflexão-absorção. *Química Nova*, 24(1), 99–104. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422001000100017>
- Tung, F. F., Goldstein, G. R., Jang, S., & Hittelman, E. (2002). The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 88(6), 585–590. <https://doi.org/10.1067/MPR.2002.129803>
- Vadher, R., Parmar, G., Kanodia, S., Chaudhary, A., Kaur, M., & Savadhariya, T. (2014). Basics of Color in Dentistry: A Review. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 13(9), 78–85. <https://doi.org/10.9790/0853-13917885>
- Vanini, L. (2010). Conservative Composite Restorations that Mimic Nature. *Journal of Cosmetic Dentistry*, 26(3), 81–101.
- Vichi, A., Louca, C., Corciolani, G., & Ferrari, M. (2011). Color related to ceramic and zirconia restorations: a review. *Dental Mater.*, 27(1), 97–108. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2010.10.018>
- Villarroel, M., Fahl, N., Sousa, A. M. De, & Jr, O. B. D. O. (2011). Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *J Esthet Restor Dent.*, 23(2), 73–87. <https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.2010.00392.X>
- Volpato, C. Â. M., Baratieri, L. N., & Jr., S. M. (2005). Análise intrumental da cor em odontologia: considerações básicas. *R. Dental Press. Estét.*, 2(1), 21–31.
- Watts, A., & Addy, M. (2001). Tooth discolouration and staining: a review of the literature. *British Dental Journal*, 190(6), 309–316. <https://doi.org/10.1038/SJ.BDJ.4800959>
- Wee, A. G., Kang, E. Y., Jere, D., & Beck, F. M. (2005). Clinical color match of porcelain visual shade-matching systems. *J Esthet Restor Dent.*, 17(6), 351–357. <https://doi.org/10.1111/J.1708-8240.2005.TB00468.X>
- Wee, A. G., Lindsey, D. T., Shroyer, K. M., & Johnston, W. M. (2007). Use of a porcelain color discrimination test to evaluate color difference formulas. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 98(2), 101–109. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(07\)60043-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(07)60043-2)

Westland, S., Luo, W., Ellwood, R., Brunton, P., & Pretty, I. (2007). Colour Assessment in Dentistry. *Annals of the BMVA*, 2007(4), 10. <http://www.bmva.org/annals/2007/2007-0004.pdf>

Wilms, L., & Oberfeld, D. (2018). Color and emotion: effects of hue, saturation, and brightness. *Psychological Research*, 82(5), 896–914. <https://doi.org/10.1007/S00426-017-0880-8>

Yap, A. U., Sim, C. P., Loh, W. L., & Teo, J. H. (1999). Human-eye versus computerized color matching. *Oper Dent.*, 24(6), 358–363.