

Paulo António Soares Ribeiro

**Espectrofotometria em Medicina Dentária**

**Universidade Fernando Pessoa**

**Faculdade de Ciências da Saúde**

**Porto, 2011**



Paulo António Soares Ribeiro

**Espectrofotometria em Medicina Dentária**

**Universidade Fernando Pessoa**

**Faculdade de Ciências da Saúde**

**Porto, 2011**

Paulo António Soares Ribeiro

## **Espectrofotometria em Medicina Dentária**

---

Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestrado em Medicina Dentária.

## **Resumo**

Neste trabalho o autor apresenta a questão da percepção da cor pelo olho humano em conexão com diferentes técnicas de combinação de cor dentárias. Tanto a medicina dentária estética moderna, como os pacientes, têm exigências muito elevadas no aspecto estético final da restauração dentária. A perfeita reprodução das cores na dentição natural tem grande influência no grau de satisfação dos pacientes na restauração final. Existem diferentes técnicas aplicáveis na selecção de cor dentária. Estas, na sua maioria, são subjectivas e dependentes do ambiente do consultório e das habilidades do médico dentista. O autor da presente revisão bibliográfica sistematizou as diferentes técnicas de selecção de cor para: simplificar este procedimento e fornecer algumas opções de como alcançar o resultado estético perfeito das restaurações. Existem diversas técnicas visuais e instrumentais de selecção de cor sendo discutidas, algumas das suas vantagens e desvantagens. Os espectrofotómetros, como parte integrante das técnicas instrumentais, permitem melhor compreensão da percepção da cor e sua correlação com aspectos clínicos, bem como medição de parâmetros difíceis, como translucidez, matiz, croma e valor. Oferecem ainda maior precisão e exactidão na selecção de cor, em relação aos métodos convencionais, eliminando alguma da sua subjectividade.

## **Abstract**

In this work authors presented issue of color perception by human eye in connection with different techniques of dental color matching. Modern aesthetic dentistry, as well as patients, have very high demands on the final aesthetic appearance of the dental restoration. A perfect reproduction of the natural dentition shades has a great influence on patient's satisfaction with final restoration. There are different possible techniques used in dental color selection. Most of them are subjective and dependent on surrounding's conditions and dentist's skills. The author of this systematic review systematized different techniques of color matching to simplify this procedure and to provide some options on how to achieve the perfect aesthetic result restorations. There are visual and instrumental techniques of dental color matching, and are discussed some of its advantages and disadvantages. Spectrophotometers, as part of the instrumental techniques, allow a better understanding of color perception and its correlation with clinical and measuring parameters that are difficult, such as translucency, hue, chroma and value. They offer even greater precision and accuracy in the shade selection technique, compared to conventional methods, eliminating some of its subjectivity.

## **Dedicatória**

**Aos meus Pais,**

“Matar o sonho é matarmo-nos. É mutilar a nossa alma. O sonho é o que temos de realmente nosso, de impenetravelmente e inexpugnavelmente nosso.”

(Fernando Pessoa)

Porque não existe palavra alguma, que defina tudo aquilo que vocês representam para mim...

Porque semearam em mim, a semente do sonho que hoje vivo, porque nunca vou conseguir agradecer-vos tudo o que por mim fizeram, fazem e farão.

Dedico-vos este trabalho, pois graças a vocês...

“Tenho em mim todos os sonhos do mundo”

(Fernando Pessoa)

## **Agradecimentos**

Aos meus pais e irmão, pela educação e ensinamentos, que nem toda a gente tem o orgulho e a sorte de poder usufruir, pelo total apoio que me ofereceram e por acreditarem em mim...

Á Carina Vicente, por ter sido uma boa companheira, por estar ao meu lado nos bons e maus momentos, e ter tornado este percurso mais luminoso e colorido, por me ter mostrado, um outro lado da vida académica, para além do trabalho que esta demanda...

Ao Mestre Carlos Falcão, pela generosidade de partilhar o seu conhecimento, pela superior orientação e rigor científico, pela constante boa disposição, simpatia e plena disponibilidade, por ter permitido o acesso á sua clinica, e ao seu espectrofotómetro.

A todos os meus amigos e colegas de curso por tornarem esta pequena grande viagem apaixonante e divertida.

Aos verdadeiros amigos, estes levo-os no coração, sempre estiveram ao meu lado durante todo o percurso, e me farão sentir saudades de todos os momentos que partilhamos, eles sabem quem são...

A todos os professores que tive o prazer de conhecer ao longo destes 5 anos, por terem a bondade, simpatia e paciência, de partilharem o seu conhecimento, mesmo o que não se encontra descrito nos livros, alguns deles tenho o orgulho de já os poder chamar de amigos...

## Índice Geral:

<b>Introdução</b> .....	1
<b>Material e Métodos</b> .....	3
<b>Desenvolvimento</b> .....	4
I.    Fisiologia da cor .....	4
1.    Objecto a ser observado .....	5
2.    Observador .....	5
3.    Fonte luminosa ou iluminante .....	6
II.   Parâmetros Colorimétricos .....	9
1.    Tonalidade ou matiz .....	10
2.    Croma ou saturação .....	10
3.    Valor ou intensidade da luz .....	11
4.    Cores Aditivas e Substractivas .....	12
5.    Color space CIEL*a*b* .....	13
III.  Propriedades Ópticas dentárias .....	18
1.    Translucidez e opacidade .....	18
2.    Fluorescência.....	19
3.    Opalescência e Contra-opalescência .....	20
IV.  Sistemas de selecção de cor .....	22
1.    Análise visual da cor: .....	23
1.1.  Escala de cor:.....	23
1.1.1.  Guias de cor baseadas em matiz vs. baseadas em valor. ....	26
2.    Comunicação de cor .....	29

3. Mapas cromáticos.....	29
4. Fotografia digital.....	30
5. Análise de cor através de instrumentos.....	31
5.1. Colorímetros.....	32
5.2. Espectrofotômetros.....	34
V. Espectrofotômetros vs olho humano e técnicas convencionais.....	47
<b>Conclusão.....</b>	<b>52</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>54</b>
<b>Anexos</b>	

## Índice de Figuras

- Fig. 1: A - A cor observada sob diferentes condições de iluminação pode ser completamente diferente em matiz, valor e croma. Nesta figura observa-se a restauração sob uma correcta iluminação. B - A mesma restauração, agora observada sob luz fluorescente aparenta ser completamente diferente em matiz, valor e croma. C - A mesma restauração observada sob uma luz incandescente parece outra vez completamente diferente em matiz, valor e croma (adaptado de Gürel, 2003)..... 7
- Fig. 2: Análise de cor de Munsell modificada com 4 parâmetros (adaptado de Gurel, 2003)..... 9
- Fig. 3: Matiz é simplesmente o tom da cor p. exemplo vermelho, amarelo azul, etc. (adaptado de Gurel, 2003). ..... 10
- Fig. 4: A saturação aumenta á medida que o objecto se torna mais escuro (adaptado de Gürel, 2003)..... 11
- Fig. 5: Se a cor é mais clara, maior o seu valor (brilho); se mais escura, menor o seu valor (adaptado de Gürel, 2003). ..... 11
- Fig. 6: A - Sistema de cor aditivo (RGB). B - Sistema de cor Subtractivo (HMY) ..... 13
- Fig. 7: Coordenadas  $L^* a^* b^*$  (adaptado de Barath et al, 2003). ..... 14
- Fig. 8: Frequentemente o terço médio da coroa tem maior brilho, seguido do terço cervical. O terço incisal normalmente caracteriza-se pelo valor mais baixo devido à absorção de luz nas zonas de transparência e translucidez (adaptado de Magne & Belser, 2004)..... 19
- Fig. 9: A – dente natural no centro colocado com duas placas de resina, com baixa iluminação convencional. B – dente e placas com baixa luz negra (luz de Wood). Pode

observar-se a fluorescência do dente natural e comparar a resposta de luminosidade da placa direita com similar fluorescência do dente natural e comparar a resposta de luminosidade da placa direita com similar fluorescência e da placa esquerda com menor fluorescência (adaptado de Kina & Bruguera, 2008). .....	20
Fig. 10: Três qualidades afectam a qualidade e a quantidade de luz reflectida (adaptado de Geissberger, 2010). .....	21
Fig. 11: A luz reflectida é mais difundida quando a textura da superfície é áspera ou rugosa (adaptado de Geissberger, 2010). .....	22
Fig. 12 Escala <i>Vitapan Classical</i> .....	23
Fig. 13: Guia Chromascop, da Ivoclar (adaptado de Moscardó & Alemany, 2006). .....	25
Fig. 14: <i>vitapan 3D shade master</i> .....	27
Fig. 15: Selecção visual da cor – valor. Selecção visual da cor – matiz e croma (adaptado de Chu et al, 2004). .....	29
Fig. 16: Esboço de mapa cromático (adaptado de Magne & Belser, 2004). .....	30
Fig. 17: Esquema de funcionamento básico de um espectrofotómetro. ....	35
Fig. 18: Iluminação a 45° e observação a 0°, a mais indicada para o uso clínico.....	37
Fig. 19: <i>Shofu's Shade NCC</i> .....	39
Fig. 20: A – <i>Spectroshade</i> . B - Azulejos de calibração. ....	40
Fig. 21: A – Luz dirigida ao dente a 45°. B - A imagem do dente é exibida no ecrã do dispositivo, de modo a que o posicionamento possa ser verificado. ....	41

Fig. 22: <i>Spectroshade</i> .....	42
Fig. 23 Vita Easyshade. ....	43
Fig. 24: <i>Vita Easyshade</i> colocação .....	44
Fig. 25: The Crystaleye Spectrophotometer® (adaptado de Odaira et al, 2011). ....	45
Fig. 26: Tipos de dispositivos, áreas de medição e custo relativo (adaptado de Chu et al, 2010).....	47
Fig. 27: Selecção de cor por método visual vs espectrofotómetro (adaptado de Paul et al, 2004).....	49
Fig. 28: Comparação de diferença de cor $\Delta E$ (média $\pm$ DP) para 2 coroas vs dente natural (*: P <0,01) (adaptado de Da Silva et al, 2008) .....	50

## **Índice de tabelas**

Tabela 1: Classificação das fontes de iluminação.....	8
Tabela 2: Escala extensa de avaliação visual (EVRSAM).....	16
Tabela 3: Tipo de medição por instrumentos .....	46
Tabela 4: Dispositivos de medição de cor .....	46

## **Abreviaturas e Siglas**

**%** - percentagem

**$\Delta E$**  - Diferença de cor

**CIE** - Comissão Internacional de Iluminação

**CMY** - é a abreviatura do sistema de cores formado por Ciano (Cyan), Magenta (Magenta), Amarelo (Yellow).

**CMYK** - é a abreviatura do sistema de cores formado por Ciano (Cyan), Magenta (Magenta), Amarelo (Yellow) e Preto ("K"ey- do inglês=chave, pois é a base).

**k** - kélvins

**nm** - nanómetro

**p** - valor-*p* é definido como a probabilidade de se obter uma estatística de teste igual ou mais extrema quanto aquela observada numa amostra, assumindo verdadeira a hipótese nula.

**RGB** - é a abreviatura do sistema de cores aditivas formado por Vermelho (Red), Verde (Green) e Azul (Blue)

**UV** – ultravioleta

## Introdução

O interesse na investigação da cor em Medicina Dentária tem aumentado significativamente ao longo das últimas décadas. Quando as palavras-chave cor e medicina dentária foram utilizadas para a pesquisa no Medline, apenas 107 documentos foram encontrados por volta de 1970. Nas décadas subsequentes, este número aumentou de forma exponencial: 409 (1980), 1134 (1990), 2259 (2000) e 4062 (Abril 2010) (Chu et al., 2010).

O interesse crescente na investigação e aplicação da cor em medicina dentária foi acompanhado por avanços tecnológicos significativos (Chu et al., 2010).

A determinação da cor para restaurações directas e indirectas sempre foi um desafio para a medicina dentária estética. Em 1931, Clark, descreveu este problema em “*Color Problems in Dentistry*”. Na última meia década, a medicina dentária tem experimentado o crescimento de uma nova geração de tecnologias dedicadas à análise, comunicação e verificação da cor (Clark, 1931).

A selecção visual de cores é subjectiva, ocorre em condições e métodos nem sempre bem controlados e as guias de cor apresentam deficiências significativas. Vários autores tentaram quantificar objectivamente a cor dos dentes através da identificação de problemas de cor em medicina dentária (Bergen *cit. in* Chu et al 2010). A importância da qualidade e quantidade de luz necessária para analisar adequadamente a cor através do estudo da correlação entre os dentes extraídos e guias de cor, ou o desenvolvimento dos primeiros instrumentos de medição de cor e guias de cor (Yamamoto, 1992, Miller, 1993).

A década de 90 marcou o nascimento de uma nova indústria em medicina dentária, surgem sistemas baseados em instrumentos de medição de cor, como o desenvolvimento do sistema ShadeScan (Cortex Machina, Montreal, Canadá). Este foi o primeiro esforço na direcção de um sistema de análise de cor para medição da superfície total do dente (Evolution of materials, 2000).

As tecnologias actuais de selecção de cor foram desenvolvidas com o intuito de aumentar o sucesso da combinação de cores, comunicação, reprodução e verificação em medicina dentária, em última análise, aumenta a eficiência do trabalho reabilitador estético dentro de qualquer prática.

O objectivo deste trabalho é fornecer uma análise abrangente do estado actual das tecnologias de selecção de cor e instrumentação, mais especificamente do espectrofotómetro e a sua aplicação clínica e investigação na área da medicina dentária.

Tratando-se de uma temática em constante expansão, nos últimos anos, a grande motivação do autor desta revisão bibliográfica foi verificar se o espectrofotómetro é um instrumento fiável, se assegura a melhor selecção de cor em comparação com os métodos convencionais utilizados em medicina dentária, uma vez que este é um dos problemas mais complexos e antigos com que o médico dentista se confronta desde sempre.

## **Materiais e Métodos**

A presente revisão bibliográfica foi baseada em informação científica devidamente publicada. A pesquisa para a revisão sistemática foi realizada manualmente na biblioteca da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, na Faculdade de Ciências da Saúde – Universidade Fernando Pessoa e via *online* através do motor de busca “Google”, assim como as bases bibliográficas de saúde: “*Dental the Clinics*”, “*MEDLINE/PubMed*”, “*ScienceDirect*”, “*Jornal of Dentistry*”, “*Scielo*” e “*B-On*”. Na pesquisa manual, foram seleccionados livros, teses e artigos específicos de revistas científicas no campo da prostodontia e dentistria estética.

### **Estratégia de busca**

Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: *color in dentistry, spectrophotometer and dentistry, spectrophotometry assessment and dentistry* O objectivo dessa estratégia foi realizar a busca com a maior sensibilidade dentro do campo da espectrofotometria em medicina dentária, não estabelecendo outros limites, à excepção do período de publicação e espécie humana.

### **Crítérios de inclusão**

Foram incluídas todas as publicações – artigos originais, teses, revisões, artigos de opinião – editadas no período compreendido entre Janeiro de 1990 e Maio de 2011, obedecendo a três critérios: resumo disponível; conteúdo relevante para o tema estudado; tema fundamental espectrofotometria e cor em medicina dentária.

## **Desenvolvimento**

### **I. Fisiologia da cor**

Os nossos olhos têm dois tipos de células sensíveis à luz: bastonetes, que são responsáveis por definir a forma de objectos e de visão nocturna, e cones, que estão localizados na área central e são responsáveis pela visão diurna, identificação e diferenciação de cores (Silverthorn, 2003).

Junqueira & Carneiro (2008), afirmaram que os estímulos sensoriais realizados pela visão, são realizados pelas unidades receptoras que assumem a forma de cone ou de bastonete. Os bastonetes, cerca de cento e vinte milhões no ser humano, são células finas, alongadas, os quais são os principais receptores para baixos níveis de luz. Os cones, cerca de seis milhões na retina humana, são elementos de percepção de luz em intensidade normal e possibilitam uma visão menos precisa.

Para entender a teoria básica da cor e perceber como é aplicada na combinação de cor dentária, é importante saber como funciona o olho humano. Quando um objecto reflecte comprimentos de onda de luz, de volta para o espectador, ocorre o fenómeno denominado de percepção de cor. A cor de um objecto é composta de comprimentos de onda de luz reflectida na sua superfície. A retina do olho humano contém três tipos de cones, cada qual apreende um dos três comprimentos de onda correspondentes às cores vermelho, verde e azul, respectivamente (Chu et al, *cit. in* Geissberger 2010).

Com a intensidade de iluminação adequada, a pupila do olho abre, para um diâmetro que expõe totalmente a fóvea no centro da retina, que contém um elevado número de células cone. Esta área define o centro do campo visual e oferece a melhor percepção de cores (Chu, Devigus e Mielezsko, 2004).

A percepção da cor é tri-dimensional como um resultado dos três tipos de cone. A cor pode ser especificada pelo seu valor, matiz e croma (Chu, Devigus e Mielezsko, 2004).

Quando a luz atinge os olhos é imediatamente assimilada pelas células presentes na retina. Estas células são, basicamente, divididas em três categorias: com maior sensibilidade ao vermelho, ao verde ou ao azul. Quando a luz activa estes cones, os pigmentos crotolase, clorolase e cianolase, são sintetizados, respectivamente. A quantidade de pigmentos produzidos resulta em X (cones vermelhos), Y (cones verde) e Z (cones azuis), com cada pigmento resultante responsável por um estímulo colorimétrico. Os três pigmentos geram mensagens que são enviadas simultaneamente ao cérebro sob a forma de estímulos, (X, Y, Z) e, de acordo com a concentração de cada pigmento, as cores diferentes do objecto (primário e secundário) são exibidas (Sproull, 2001).

### **1. Objecto a ser observado**

O objecto a ser visualizado pode ter diferentes comportamentos físicos em relação à luz incidente. Se um objecto é transparente, actua como um meio de absorção, permitindo a passagem de luz através dele (transmissão de luz), que nos permite ver através dela (Gürel, 2003). Se um objecto é translúcido, a luz passa através do objecto e parte é reflectida, permitindo a nossa percepção sobre a cor desse mesmo objecto. Se o objecto for opaco, a reflexão da luz ocorre de forma difusa, que é responsável pela sensibilização colorimétrica dos nossos olhos (Knispel, 1991). Da mesma forma, se o objecto absorve toda a luz incidente, não há reflexão. Assim, vê-se uma cor escura ou preta. Se o objecto reflecte completamente a luz incidente, a visão irá identificar um objecto branco. No entanto, se parte da energia da luz é reflectida e parte é absorvida, a imagem é um objecto colorido (Joiner, 2004).

### **2. Observador**

A observação de um objecto pode ser realizada de uma forma visual ou instrumental. Numa análise visual, a percepção da cor é um processo subjectivo que depende da interpretação visual e individual do observador. Se o observador é um indivíduo treinado na análise de cor, estes podem identificar diferenças subtis na cor (Park et al, *cit. in* Odaira et al 2011). Alterações na percepção de cores podem ocorrer com base na

idade, tempo de exposição dos olhos, cansaço ou doença relacionada com a cor, como o daltonismo (Van Der Burght et al, 1990).

Dois tipos de equipamentos têm sido utilizados: colorímetros e espectrofotómetros. Os colorímetros analisam valores para o vermelho, para o verde e para o azul, reflectidos através de filtros que estimulam células foto-receptoras responsáveis pela recepção de estímulos no olho humano. As coordenadas tristimulus X, Y e Z são convertidas automaticamente para L\*, a\*, b\* valores do sistema CIE L\*a\*b\* (Gliese & Petter, 2000).

Os espectrofotómetros medem e registam a quantidade de luz reflectida ou transmitida a partir do objecto através de seu comprimento de onda. Estes dispositivos possuem elevada precisão, sensibilidade para medir cores absolutas e estão equipados com distribuições espectrais de vários iluminantes. Os espectrofotómetros mais precisos são aqueles que contêm esferas integradas, denominadas esferas ópticas, no qual o objecto é exposto à luz em diferentes ângulos e direcções para a sua análise. (Paravina, 2002).

### **3. Fonte luminosa ou iluminante**

Outro factor que influencia o comportamento das cores é a natureza da fonte luminosa, que pode variar, em tipo, intensidade e ângulo de incidência (Culpepper, 1970, Dagg, 2004).

Durante a selecção de cor, um único iluminante pode interferir com a cor observada e confundir o operador. Muitas vezes, é necessário observar a cor com diferentes fontes luminosas (Dagg, 2004, Carsten, 2003).

O iluminante pode ser uma fonte de luz natural ou artificial que, de acordo com sua origem, pode mudar a percepção de cor transmitida pelo objecto. Este fenómeno, que ocorre em função de diferentes energias de iluminação, é conhecido como metamerismo (Dagg, 2004, Johnston & Kao, 1989).

Por exemplo, uma folha branca de papel pode parecer mais azul sob luz fluorescente e mais amarelada sob uma lâmpada, voltando à sua cor original na presença da luz do dia (metamerismo). (Knispel, 1991).



**Fig. 1:** A - A cor observada sob diferentes condições de iluminação pode ser completamente diferente em matiz, valor e croma, aqui observa-se a restauração sob uma correcta iluminação. B - A mesma restauração, agora observada sob luz fluorescente aparenta ser completamente diferente em matiz, valor e croma. C - A mesma restauração observada sob uma luz incandescente parece outra vez completamente diferente em matiz, valor e croma (adaptado de Gürel, 2003).

A Comissão Internacional de Iluminação (CIE) classificou os iluminantes de acordo com seu efeito na percepção da cor, para ajudar na normalização da análise visual e instrumental da cor (McLaren *cit. in* Joiner 2004, Chu et al, 2004).

Os iluminantes padrão são classificados em séries A, B e C, com o acréscimo da recente série D e a hipotética séries E e, extra-oficialmente, a série F (Chu et al, 2004).

**Tabela 1: Classificação das fontes de iluminação**

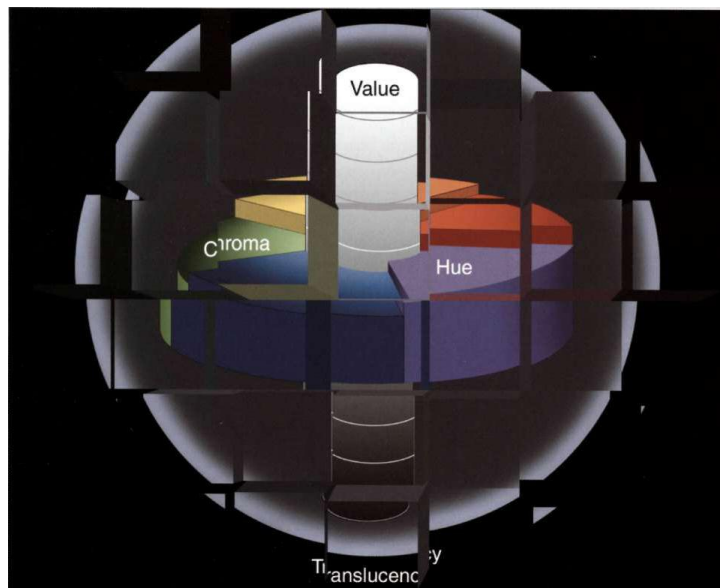
<b>Iluminante</b>	<b>Definição CIE</b>
A	Fonte de luz de tungsténio com temperatura média de 2.856 K, que produz uma luz amarelo-avermelhada. Geralmente usado para simular as condições de luz incandescente.
B	Fonte de luz de Tungsténio acoplada a um filtro de líquido para simular a luz directa do sol com uma temperatura média de 4.874 K.
C	Fonte de luz de Tungsténio acoplada a um filtro de líquido para simular a luz solar indirecta, com temperatura média de 6.774 K. No entanto, não é uma simulação perfeita de sol, pois contém uma grande quantidade de luz ultravioleta necessária para a análise da fluorescência.
D	Série de iluminantes que representam as diferentes condições do dia. Iluminantes D50 e D65 (assim denominados devido às temperaturas de 5.000 K e 6.500, respectivamente) são geralmente utilizadas como iluminantes padrão que correspondem com o espectro da luz azul.
E	É uma fonte de luz teórica, em que uma quantidade igual de energia estaria presente em todos os comprimentos de onda. Actualmente este iluminante não existe, mas esse valor é usado como uma ferramenta para os estudiosos da colorimetria hipotética.
F	Envolve uma série de lâmpadas fluorescentes. Estas têm picos que são evidentes nas suas curvas espectrais e não correspondem a temperatura de cor, portanto, não é considerado oficialmente um padrão de iluminação. No entanto, como a luz fluorescente é amplamente utilizada, a CIE recomenda estas iluminações para avaliar as cores observadas no ambiente fluorescente.

(adaptado de Chu, Devigus, Mieleszko, 2004)

## II. Parâmetros Colorimétricos

Em 1936, Munsell (O'Brien et al, 1989) descreveu as três dimensões da cor: croma, matiz e valor. Esta linguagem tornou-se conhecida em todo o mundo. Assim, tornou-se importante compreender o conceito tridimensional da cor para realizar a análise visual e instrumental.

Compreender a cor requer compreensão das dimensões da cor, ou seja, sua tonalidade, croma, valor e translucidez. Translucidez não é abordada na análise de cor Munsell (Fig. 2), mas pode ser o factor mais importante no resultado final de uma restauração estética. Quando as restaurações são rotuladas como demasiado opacas, como mármore, ou de aparência morta, as limitações estéticas são geralmente o resultado de reprodução inadequada de translucidez. A translucidez, na verdade, é a relação espacial tridimensional ou representação de valor (Gurel, 2003).



**Fig. 2:** Análise de cor de Munsell modificada com 4 parâmetros (adaptado de Gurel, 2003).

## 1. Tonalidade ou matiz

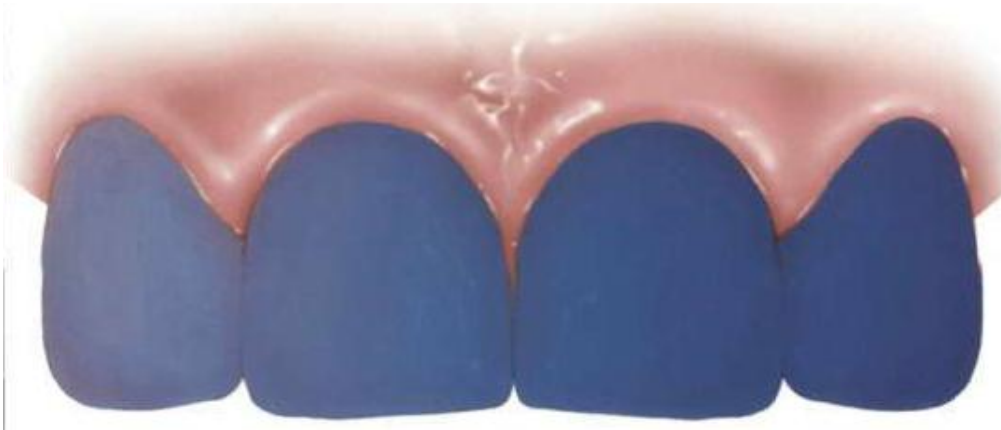
É o primeiro atributo pelo qual uma cor é identificada e distinta: azul, amarelo, vermelho, verde, entre outros (Fig. 3). Esta corresponde ao comprimento de onda da luz reflectida pelos objectos. (Lombardi, 1973, Sproull, 2001, Mayekar, 2001, Gürel, 2003, Davis, 2007, Kina & Bruguera, 2008).



**Fig. 3:** Matiz é simplesmente o tom da cor p. exemplo vermelho, amarelo, azul, etc. (adaptado de Gürel, 2003).

## 2. Croma ou saturação

Indica a pureza da cor, quantificando a sua saturação. Quanto mais clara a cor, menor é a sua saturação. Além disso, a saturação aumenta á medida que o objecto se torna mais escuro (Fig. 4). Por exemplo, o vermelho é uma cor saturada, enquanto o rosa é a mesma tonalidade, mas menos saturada (Sproull, 2001).



**Fig. 4:** A saturação aumenta á medida que o objecto se torna mais escuro (adaptado de Gürel, 2003).

### 3. Valor ou intensidade da luz

É a propriedade que se distingue pela clareza ou escuridão de uma cor. Se a cor é mais clara, maior é o seu valor (brilho), se mais escura, menor é o seu valor (Fig. 5). Um bom exemplo é o brilho do branco total, representada pelo valor máximo na escala de intensidade (100), enquanto o negro, valor absoluto de 0, ou a ausência total de luz. (Sproull, 2001).



**Fig. 5:** Se a cor é mais clara, maior o seu valor (brilho). Se mais escura, menor o seu valor (adaptado de Gürel, 2003).

#### 4. Sistema Aditivo e Subtractivo

Quando os raios de luz de cores diferentes são somados para formar uma mistura, o olho percebe-a como mais luminosa do que as cores originais que foram combinadas para a criar (coloração aditiva). O resultado de misturar cores de luz, é muito diferente de misturar cores dos pigmentos opacos (Fondriest, 2004, Gürel, 2003).

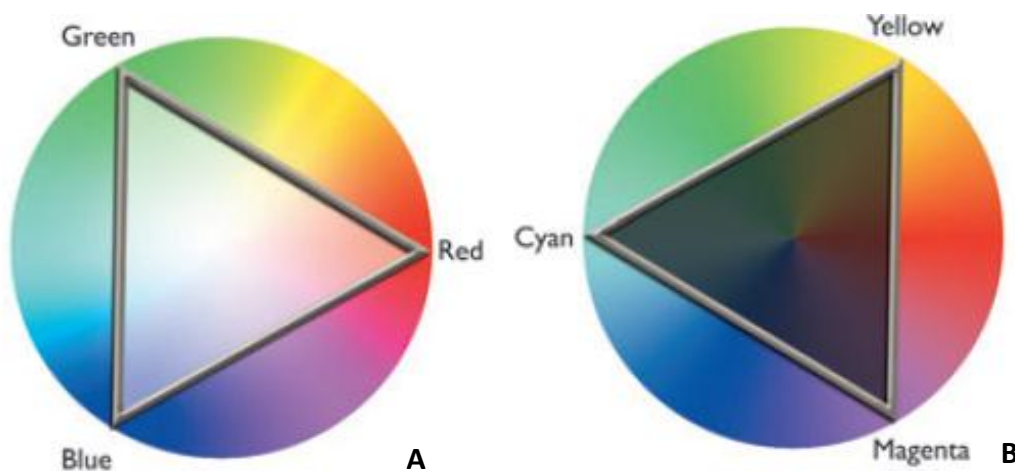
Sempre que se trabalha com corantes (ex. pigmentos, vernizes), há necessidade de lidar com a luz reflectida. Quando um artista ou ceramista dentário trabalha com pigmentos ou porcelanas de opacidades variadas, a quantidade de luz reflectida é reduzida com a adição de cores diferentes (Fondriest, 2004).

Cada uma destas misturas subtractivas é mais escura do que as cores originais combinadas para a criar. Cada pigmento absorve comprimentos de onda diferentes e aumenta a capacidade de absorção da mistura, diminuindo a reflexão (Gürel, 2003, Fondriest, 2004).

As três cores primárias de pigmentos opacos agem de forma diferente quando misturadas, mistura de cinza ou preto. A definição de uma cor primária é que quando se combinam outras cores, esta não pode ser criada. As cores primárias de luz (aditivas) são o vermelho, o verde e o azul-violeta. As cores primárias de pigmentos opacos (subtractivas), são o vermelho, o amarelo e o azul. As cores primárias aditivas quando combinadas produzem o branco. As cores primárias subtractivas, quando combinadas originam o preto (Gürel, 2003, Fondriest, 2004). Além de um modelo aditivo ou subtractivo, as três cores primárias são necessárias para correlacionar os três tipos diferentes de receptores de cores (células em cones) no olho humano (visão de cores tricromáticas). As três cores primárias no modelo aditivo são vermelho, verde e azul (RGB) (Fig. 6A); já no modelo subtractivo, elas são ciano, magenta e amarelo (CMY) (Fig. 6B) (Trussell et al, 2005).

**CMYK** é a abreviatura do sistema de cores formado por Ciano, magenta, amarelo e preto. A letra **K** no final significa **Key** pois o preto que é obtido com as três primeiras

cores, **CMY**, não reproduz fielmente tons mais escuros, sendo necessário a aplicação de preto "puro" (Trussell et al, 2005). O **CMYK** funciona devido à absorção de luz, pelo que as cores que são vistas vêm da parte da luz que não é absorvida. Este sistema reproduz a maioria das cores do espectro visível. É o sistema subtractivo de cores, em contraposição ao sistema aditivo, o **RGB**. (Fondriest, 2004, Trussell et al, 2005).



**Fig. 6:** A - Sistema de cor aditivo (RGB). B - Sistema de cor Subtractivo (HMY).

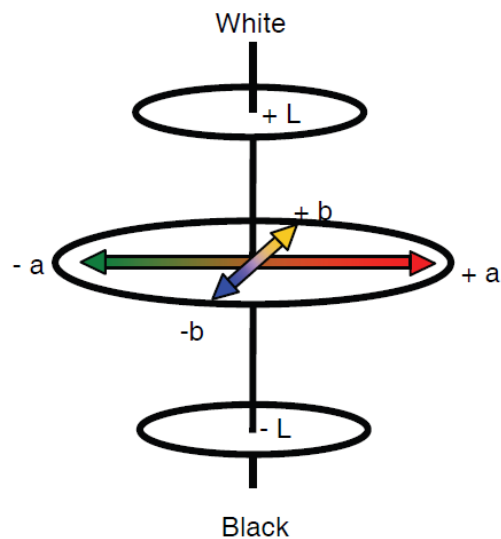
## 5. Color space CIEL\*a\*b\*

A avaliação da cor, seja por meio visual ou instrumental, exige a compreensão dos parâmetros com os quais a cor é expressa e medida. Para melhorar a precisão na comunicação cor de um objecto, a Comissão Internacional de l'Eclairage (CIE) desenvolveu alguns métodos para expressar as curvas espectrais num formato numérico. O método utilizado em medicina dentária é o espaço de cor uniforme, conhecido como CIEL \* a \* b \*(Rosenstiel & Johnston, 1988, Johnston, 2009).

O espaço de cores é uma área numérica que expressa e referênci a cor do objecto, que localiza a cor de um objecto dentro de um espaço de cor 3-dimensional. Aqui, L \* indica a coordenada mais luminosa do objecto, com valores de 0 (preto absoluto) a 100

(branco absoluto). Os valores  $a^*$  e  $b^*$  indicam as coordenadas de cromaticidade, mostrando a posição tridimensional do objecto no espaço de cor e sua direcção (Barath et al, 2003, Baltzer, Kaufmann-Jinoian, 2004).

Quando a coordenada  $a^*$  é positiva ( $+a^*$ ), a cor do objecto tende ao vermelho. Quando essa coordenada é negativa ( $-a^*$ ), a tendência é verde (Fig. 7). Esta coordenação pode variar de  $-90$  a  $70 \Delta a^*$ . A coordenada  $b^*$  indica a direcção para o amarelo ( $+b^*$ ) ou azul ( $b^*$ ), e pode variar de  $-80$  a  $100 \Delta b^*$  (O'Brien et al, 1989, Barath et al, 2003).



**Fig. 7:** Coordenadas  $L^*$   $a^*$   $b^*$  (adaptado de Barath et al, 2003).

Os valores acromáticos de cor são representados no eixo de luminosidade ( $L^*$ ), enquanto a projecção espacial dos dados de cor são apresentados nos eixos de cromaticidade ( $a^*$   $b^*$ ), permitindo a conceptualização dos componentes da mudança de cor cromática. (Knispel, 1991, O'Brien et al, 1997).

Os valores das coordenadas  $L^*$   $a^*$   $b^*$  são obtidos a partir da tristimulares X, Y e Z (gerado pela luz reflectida pelo objecto observado) a partir das equações a seguir, onde os valores  $X_n$ ,  $Y_n$  e  $Z_n$  corresponde ao branco (Gliese & Petter, 2000):

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (1)$$

$$a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}] \quad (2)$$

$$b^* = 200[(X/X_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}] \quad (3)$$

A diferença de cor ( $\Delta E$ ) de dois objectos pode ser determinada através da comparação das diferenças entre os respectivos valores de coordenadas para cada objecto (CIE, 1978).

O espaço entre dois pontos coloridos é calculado como a diferença de cor ( $\Delta E$ ). A magnitude dessa diferença pode ser obtida pela seguinte equação (Gliese & Petter, 2000):

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2} \quad (4)$$

Onde:

$$\Delta L^* = L^*_1 - L^*_2 \quad (5)$$

$$\Delta a^* = a^*_1 - a^*_2 \quad (6)$$

$$\Delta b^* = b^*_1 - b^*_2 \quad (7)$$

O julgamento final da avaliação colorimétrica é visual. Assim, foi necessário estabelecer uma relação entre a análise visual e instrumental. Na obra clássica de Kuehni & Marcus (1979), diferenças de cor entre amostras de  $1\Delta E$  foram considerados aceitáveis por 50% dos observadores em condições ideais de iluminação.

A partir deste trabalho, Johnston & Kao (1989) avaliaram essa relação em medicina dentária. Uma vez que há dificuldade em controlar as condições de luz na cavidade oral,

uma diferença média de até 3,7  $\Delta E$  foi considerado aceitável por aqueles autores, que sugeriram uma escala extensa de avaliação visual (EVRSAM) para entender o significado clínico dos resultados numéricos de avaliação de análise instrumental da cor para materiais dentários (Tab.2).

**Tabela 2: Escala extensa de avaliação visual (EVRSAM)**

$\Delta E$	Importância clínica
0	Excelente estética com escolha de cores precisas, não sendo clinicamente perceptiva, ou somente com grande dificuldade.
2	Diferença muito pequena cor, com uma estética muito boa.
4	Diferença óbvia, mas com uma média aceitável para a maioria dos pacientes
6	Estética pobre mas dentro dos limites de aceitabilidade.
8	Estética é muito pobre e inaceitável para a maioria dos pacientes
10	Estética totalmente inaceitável.

Fonte: Johnston & Kao, 1989

Uma diferença média de até 3,7  $\Delta E$  é considerada aceitável. A perceptibilidade e aceitabilidade dos limiares visuais podem ser quantificadas através da combinação única de métodos de medição visual e instrumental da cor. Embora a maioria dos estudos tenha utilizado dispositivos profissionais (não-dentários) na avaliação de limiar de

medição de cor, este assunto é de excepcional importância na interpretação das diferenças de cor em medicina dentária clínica e de investigação (Paravina, 2009, Odaira et al, 2011).

Quando a diferença de cor entre os objectos comparados podem ser vistos por 50% dos observadores (os outros 50% não notam qualquer diferença), estamos a falar sobre um limite de perceptibilidade 50:50% (Paravina, 2009, Odaira et al, 2011).

Quando a diferença de cor é considerada aceitável, 50% dos observadores (os outros 50% consideram inaceitável), isso corresponde ao limiar de aceitabilidade 50:50% (Paravina, 2009, Odaira et al, 2011).

Uma correspondência de cor em medicina dentária é uma diferença de cor igual ou inferior ao limite anterior. Uma correspondência de cor aceitável é uma diferença de cor igual ou inferior a um posterior (Paravina, 2009).

Na literatura, é frequentemente interpretado que a  $\Delta E^*$ , 1 é o limite de perceptibilidade 50:50 sob condições controladas (50% dos observadores notarão a diferença de cor e 50% não detectam diferença entre os objectos comparados), enquanto um  $\Delta E^*$ , de 2,7 e 3,3 foram considerados 50:50 limiares de aceitação (50% dos observadores iam aceitar a restauração e 50% iram substituí-la por causa da incompatibilidade de cor) (Kuehni & Marcus, 1979, Ragain & Johnston, 2000, Ruyter et al, 1987, Douglas et al, 2007, Lindsey e Wee, 2007, Paravina et al, *cit. in*. Chu et al, 2010, Ishikawa-Nagai et al, 2009).

Vários outros estudos, mais ou menos controlados, relataram a variabilidade de achados em limites de cor visual. Isto, para além da introdução de novas fórmulas de diferença de cor (CIEDE2000), sugere uma abordagem sistemática e padronização de métodos (Kuehni, Marcus, 1979, Ruyter et al, 1987, Ragain & Johnston, 2000, Douglas et al, 2007, Lindsey & Wee, 2007, Ishikawa-Nagai et al, 2009, Paravina et al *cit. in* Chu et al 2010).

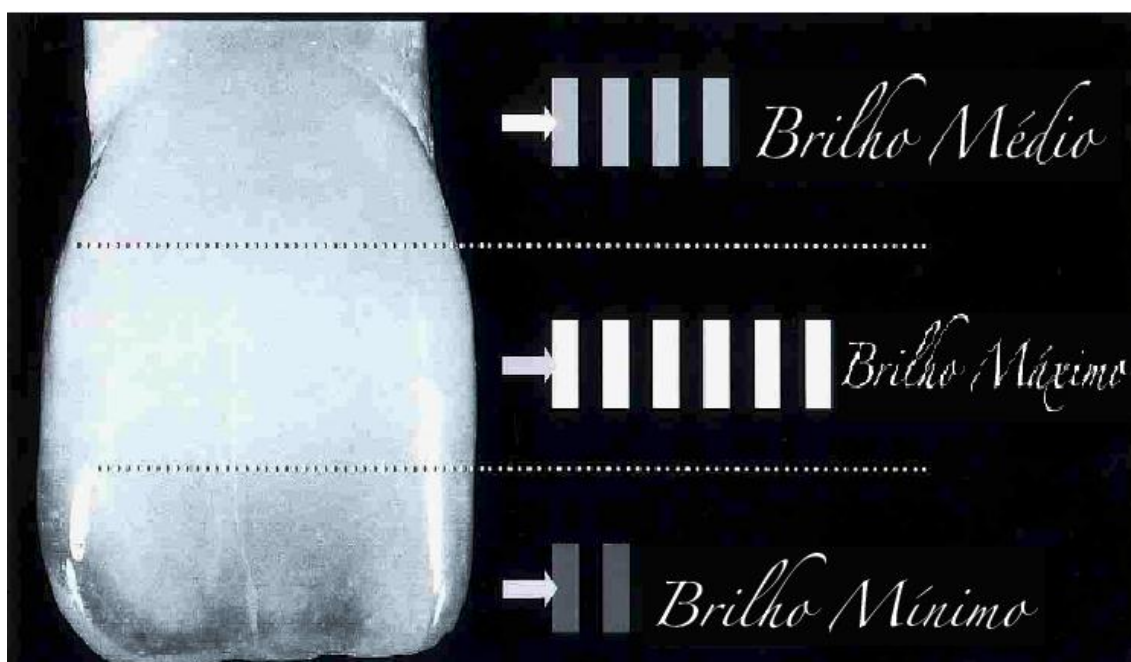
### III. Propriedades Ópticas Dentárias

#### 1. Translucidez e opacidade

A translucidez é abstracta e intangível é difícil de medir e padronizar na actualidade. Esta é melhor representada pelas diferenças de valor. Dentes altamente translúcidos tendem a ser menores em valor, uma vez que permitem que a luz seja transmitida através do dente (maior absorção de luz) e absorver as sombras e a escuridão da cavidade oral e meio ambiente (Gürel, 2003, Kina & Bruguera, 2008, Nassau *cit. in* Moon-Sang et al 2009).

A opacidade está directamente relacionada com a dentina, porque a luz passa através de esmalte atingindo a dentina, que, como um corpo opaco, reflecte a luz novamente. O esmalte dentário é opalescente, onde há dispersão de luz de comprimentos de onda mais curtos do espectro visível, dando ao dente uma aparência azulada na cor reflectida e uma aparência laranja / castanho na cor transmitida (Gürel, 2003, Kina & Bruguera, 2008, Nassau *cit. in* Moon-Sang et al, 2009).

Por outro lado, o esmalte funciona como um objecto translúcido, permitindo a passagem de luz, que permite a visualização da dentina ao mesmo tempo proporcionando a dispersão da luz num comprimento de onda azul por meio dos seus cristais de hidroxiapatite (Joiner, 2004). A translucidez é mais evidente nas bordas incisais dos dentes anteriores. Esta tende a diminuir o valor, ou intensidade de luz, dos dentes. Este efeito pode ser imitado com porcelana translúcida numa restauração (Priest e Lindke, 2000).



**Fig. 8:** Frequentemente o terço médio da coroa é o que tem maior brilho, seguido do terço cervical. O terço incisal normalmente caracteriza-se pelo valor mais baixo, devido à absorção de luz nas zonas de transparência e translucidez (Magne & Belser, 2004).

## 2. Fluorescência

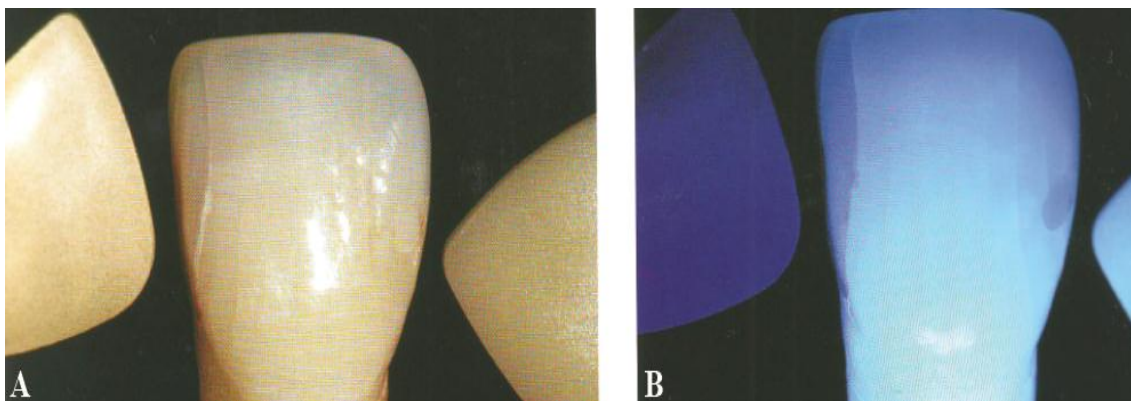
Algumas substâncias têm capacidade de absorver a energia de uma luz não visível (ultravioleta, raios catódicos ou raios-X) e transformá-la numa luz visível, ou seja, com maior comprimento de onda que a radiação incidente (Vanini, 1996).

A fluorescência é, normalmente, avaliada no terço médio de um dente anterior e é, geralmente, observada na gama cor amarela / laranja (Paravina, Powers, 2004).

Quando os dentes naturais são expostos à radiação ultravioleta (UV), é observada fluorescência, com uma banda de espectro de emissão que vai de branco a azul intenso, com um comprimento de onda menor que 400nm. A responsabilidade por esse fenómeno cai sobre a dentina, que tem uma fluorescência muito mais intensa do que o esmalte (três vezes mais fluorescente), devido à presença de uma quantidade maior de pigmento orgânico fotossensível aos raios UV (Paravina, Powers, 2004).

A fim de imitar o comportamento deste fenômeno óptico, algumas cerâmicas dentárias exibem características fluorescentes semelhantes a dentes, a fim de criar um efeito de luminosidade. Metais raros (európio, térbio, cério, e itérbio) têm sido utilizados como agentes de luminescência na composição dos pós cerâmicos, pois mostram uma intensa fluorescência azul-branco e amarelo (Monsenego et al, 1993, Gurel, 2003, Magne & Belser, 2004, Kina & Bruguera, 2008).

Quando uma peça cerâmica não é fluorescente, tende a ter aparência de vitalidade reduzida, apresentando um aspecto acinzentado, principalmente em luzes escuras ou pretas (Monsenego et al, 1993, Gurel, 2003, Magne & Belser, 2004, Kina & Bruguera, 2008).



**Fig. 9:** A – dente natural no centro colocado com duas placas de resina, com baixa iluminação convencional. B – dente e placas com baixa luz negra (luz de Wood). Pode observar-se a fluorescência do dente natural e comparar a resposta de luminosidade da placa direita com similar fluorescência do dente natural e comparar a resposta de luminosidade da placa direita com similar fluorescência, da placa esquerda com menor fluorescência (Kina & Bruguera, 2008).

### 3. Opalescência e Contra-opalescência

Há propriedades dos materiais transparentes ou translúcidos que dão a esses mesmos materiais uma aparência leitosa, com reflexos iridescentes que se assemelham a opala.

Esse fenómeno óptico é atribuído ao esmalte, pois é um tecido altamente mineralizado (Gurel, 2003, Magne & Belser, 2004, Kina & Bruguera, 2008, Cho et al, 2009, Geissberger, 2010).

O esmalte funciona como um filtro e tem a capacidade para, selectivamente, enviar ondas longas, enquanto ao mesmo tempo, reflecte as ondas curtas. Devido a esta reflexão, o esmalte incisal pode ser visto como tendo uma cor branco-azulada. Quando as ondas longas, que foram sendo transmitidas dizem respeito á dentina e são reflectidas, dão um esmalte laranja (um efeito conhecido como contra-opalescência) (Gurel, 2003, Magne & Belser, 2004, Kina & Bruguera, 2008, Cho et al, 2009, Geissberger, 2010).

Efeitos de opalescência podem ser encontrados nos bordos incisais e áreas proximal incisais dos dentes anteriores. Nos dentes posteriores este efeito pode ser observado, nas cúspides e cristas marginais (Gurel, 2003, Magne & Belser, 2004, Kina & Bruguera, 2008, Cho et al, 2009).



**Fig. 10:** Estas três qualidades referidas anteriormente, afectam a qualidade e a quantidade de luz reflectida (adaptado de Geissberger, 2010).

A morfologia da superfície do dente também afecta a quantidade e o tipo de reflexão de luz (Joiner, 2004). As qualidades de textura causadas por imperfeições superficiais (ex.

perikymata, linhas de fenda ou *crack* de esmalte), têm influência na forma como a luz é reflectida, influenciando a percepção da cor dos dentes. A suavidade ou brilho da cor da superfície, também afecta a aparência (Priest e Lindke, 2000, Kina & Bruguera, 2008).



**Fig. 11:** A luz reflectida é mais difundida quando a textura da superfície é áspera ou rugosa (adaptado de Geissberger, 2010).

#### **IV. Sistemas de selecção de cor**

A selecção de cor é o processo de conversão da percepção da cor, numa comunicação da mesma. Determinar uma correspondência de cor adequada, é um dos processos mais críticos e de maior importância nas restaurações estéticas em medicina dentária. Foi, desde sempre, um dos maiores desafios e fonte de frustração. Factores como precisão, predictibilidade e consistência na selecção de cor constituem, ainda hoje, um dilema (Paravina, Powers, 2004, Gürel, 2003).

As universidades não fornecem a prática adequada na educação sobre a cor, e a maioria dos técnicos de laboratório nunca tiveram a oportunidade de trabalhar directamente com pacientes (Paravina, Powers, 2004, Gürel, 2003).

Os sistemas de selecção de cor podem ser divididos em duas categorias: convencional, usando escalas de selecção de cor; e baseadas em tecnologia, análise de imagem digital computadorizada (Paravina, Powers, 2004, Gürel, 2003).

## 1. Análise visual da cor:

### 1.1. Escalas de cor:

Tradicionalmente, a selecção visual das cores, por comparação do dente com escalas de cor, é o método de selecção mais comumente usado em medicina dentária. Este método subjectivo baseia-se em escalas padronizadas, que são compostos de amostras representativas da média das cores presentes na dentição humana. Através deste guia de cores, é possível realizar uma comparação visual com os dentes naturais (Segui et al, 1989, Van der Burgt et al, 1990).



**Fig. 12** Escala *Vitapan Classical*.

As guias de cor são usadas como guias visuais; estas são apenas guias e não respostas definitivas (Gürel, 2003, Moscardó & Alemany, 2006, Paravina, 2009b).

Miller demonstrou que a escala vita clássica era muito baixa em croma e muito alta em valor, quando comparada a amostras de dentes naturais extraídos. Algumas inconsistências inerentes ao fabrico de escalas vita clássicas foram descritas. Por

exemplo, a cor A3 *Vita laminate tabs*, pode variar entre elas apesar de terem sido produzidas pelo mesmo fabricante.

A *Vitapan Classical*, *ivoclar chromascop*, e *vitapan 3D Shade master* são actualmente as escalas mais comuns e populares (Gürel, 2003, Moscardó & Alemany, 2006).

Na escala de cores *vitapan classical*, a matiz é categorizada de acordo com grupos ou famílias, com letras (Fig. 12):

A – Laranja

B – Amarelo

C – Amarelo / cinzento

D – Laranja / cinzento (castanho)

Croma e valor são classificados por um sistema numérico em que:

1 – o menos cromático e maior em valor

4 – o mais cromático e menor em valor

O *Chromascop System* utiliza números em vez de letras para a identificação da cor:

100 – Branco

200 – Amarelo

300 – Laranja

400 – Cinzento

500 – Castanho

Croma e valor são classificados por um sistema numérico em que:

10 – o menos cromático e maior em valor

40 – o mais cromático e menor em valor

(adaptado de Gürel, 2003).



**Fig. 13:** Guia Chromascop, da Ivoclar (Moscardó & Alemany, 2006).

No início de 1990, a Vita introduziu o guia de cores *vitapan 3D shade master* (Fig. 14), com o objectivo de avaliar com precisão a cor de acordo com os três componentes: valor, matiz e croma. Ao contrário da maioria das guias de cor, o *vitapan 3D shade master*, realiza uma análise tridimensional da cor do dente. O espaço de cor ocupado por esta guia, é semelhante à dentição natural, entre o  $a^*$  (vermelho) e  $b^*$  da cor (amarelo) coordenadas do sistema CIE  $L^* a^* b^*$ . Este guia está organizado de uma forma sistemática e lógica, ao contrário da aleatoriedade da guia Clássica (Ahmad, 2006, [http://www.vident.com/interim\\_pages/vita3d.php](http://www.vident.com/interim_pages/vita3d.php)).

Este produto, criado a partir do trabalho pioneiro de Miller e desenvolvido posteriormente por McLaren, melhorou o método de selecção de cor convencional, ao eliminar alguma da sua subjectividade (Gürel, 2003, Moscardó & Alemany, 2006).

Usando este sistema, a selecção de cor é uma progressão lógica de 3 simples passos, permitindo ao profissional encontrar rapidamente a cor desejada.

1 - Determinação de valor (mais luminoso): os profissionais de medicina dentária seleccionam o nível de valor (de 1 a 5, sendo o 1 o mais luminoso (maior valor) e 5, o mais escuro (menor valor) mais próximo ao valor do dente a ser correspondido, então, toma a amostra de tonalidade média (M) do grupo de valor seleccionado.

2 – Determinação de croma: o clínico selecciona a amostra de cor do grupo M com o nível de croma (de 1 a 3, o 1 corresponde ao menos cromático e 3 ao mais cromático) que é mais próximo ao do dente a ser correspondido.

3- Determinação de matiz: o clínico verifica se o dente natural apresenta uma cor mais amarelada (L) ou mais avermelhada (R), que a amostra de cor do grupo M seleccionada no segundo passo. Agora a amostra de cor mais exacta pode ser determinada e a informação gravada na forma de comunicação de cor (Moscardó & Alemany, 2006).

### **1.1.1. Guias de cor baseadas em matiz vs. baseadas em valor.**

As guias de cor baseadas em valor, são o método de selecção de cor mais preciso. Recentemente, a guia de cor *vita classical*, foi reordenada de acordo com um sistema de ordenação em valor (B1, A1, A2, D2, B2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3.5, B4, C3, A4 e C4). O olho humano é mais sensível a alterações em valor do que a subtis alterações em matiz (Moscardó & Alemany, 2006).

Isto é especialmente verdadeiro com as guias de branqueamento, que são as guias de cor que apresentam maior grau de dificuldade em obter uma correspondência exacta. Ao examinar um B1 e um A1, é difícil de dizer qual a lamela que contém mais amarelo e

qual contém mais laranja. Na maioria dos casos, se o valor e croma estão correctos, então a restauração vai ser clinicamente aceitável, mesmo que o matiz seja ligeiramente diferente (Gürel, 2003, Moscardó & Alemany, 2006).



**Fig. 14:** vitapan 3D shade master

Os sistemas *Vitapan Classica* e o *Ivoclar Chromascop* comunicam a cor por um sistema de números crescentes (Rosenstiel, 2001, Gürel, 2003, Geissberger, 2010).

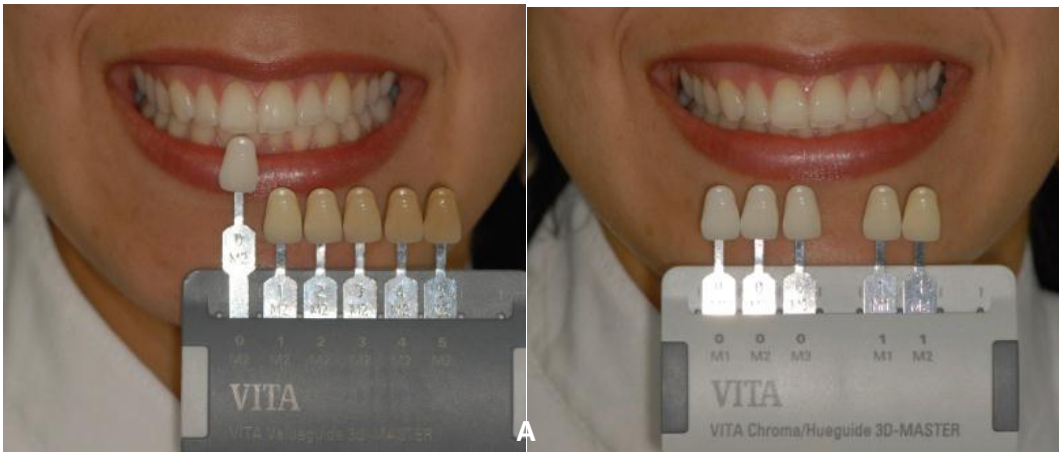
A selecção de cor através da utilização de escalas é um método muito complexo porque o processo de selecção pode ser influenciado por variáveis que vão desde a interpretação da natureza tridimensional da cor, a influências ambientais. As selecções podem ser inadequadas, devido a factores tais como fadiga, *stress*, exposição prévia dos olhos à luz, individualidade visual do observador, experiência, idade, fadiga do olho humano, posicionamento inadequado do objecto, influência luminosa do meio ambiente, metamerismo e variáveis fisiológicas (ex. daltonismo), que podem levar a inconsistências e enganos (Cal et al. 2004, Caroli et al, 2007).

Além disso, o olho humano pode detectar pequenas diferenças na cor. Contudo, a capacidade de comunicar essas diferenças em termos de magnitude e natureza da diferença é muito limitada (Knispel, 1991, Qualtrough, 1994).

Apesar de serem amplamente divulgadas, as escalas pré-fabricadas não são representativas da grande variedade de cores presentes nos dentes naturais. Essas cores não são sistematicamente distribuídas na CIEL \* a \* b e nenhuma das guias de cor disponíveis comercialmente são idênticas (Paul et al, 2002).

Além disso: o material disponível para uso clínico e laboratorial não é o mesmo que o material utilizado nas escalas; a espessura dos dentes da escala não reproduz a situação clínica; a maioria das escalas não tem nenhuma infra-estrutura metálica ou cerâmica; o grau de translucidez da porção incisal; e as caracterizações e pigmentação no terço cervical das escalas fazem com que a comparação com os dentes naturais se torne muito difícil. Esses factores podem requerer que o observador se acostume a uma única escala, a fim de evitar erros durante a selecção visual de cor (Sproull, 1973, Van der Burgt et al, 1985, O'Brien et al, 1990, Sproull, 2001, Paul et al, 2002).

Como escalas de cores têm limitações, alguns factores devem ser tomados em conta para melhorar a sua utilização: a selecção da cor deve ser realizada no início do processo, quando os dentes ainda não estão desidratados e o profissional não está cansado, a escala de cores deve ser mantida no mesmo plano dos dentes inferiores anteriores para que a luz que incide sobre eles possa ser reflectida no mesmo plano para o observador, a escala e os dentes devem ser levemente humedecidos para facilitar a reflexão da luz, o operador deve olhar num máximo de 10 a 15s em cada matiz e descansar, olhando para um fundo cinza neutro entre as observações, o paciente deve estar coberto com uma protecção de cor clara para que a cor de suas roupas não confunda o operador, o ambiente deve fornecer a quantidade e a qualidade de luz indirecta natural, normalmente entre 11 e 14 horas, finalmente, o comportamento óptico da cor escolhida deve ser reavaliado, com diferentes iluminações artificiais (por exemplo, luz incandescente e luz fluorescente), em busca de um metamerismo marcado que possa inviabilizar a cor escolhida. (Chu et al, 2004).



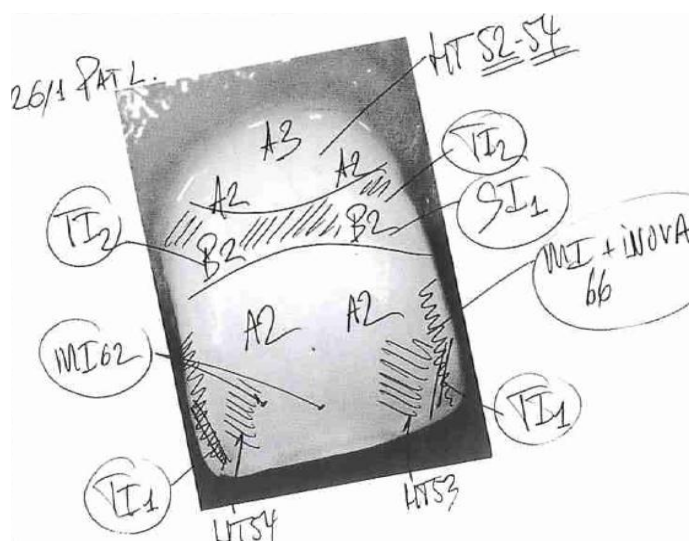
**Fig. 15:** A - Selecção visual da cor – valor. B - Selecção visual da cor – matiz e croma (Adaptado de Chu et al, 2004).

## 2. Comunicação de cor

A comunicação precisa de cor é um dos requisitos mais importantes para a concretização trabalho estético excelente. Isto pode ser conseguido pela união de dois métodos: os mapas cromáticos e fotos digitais (Chu et al, 2004, Kina & Bruguera, 2008).

## 3. Mapas cromáticos

Como os dentes são compostos por diferentes tonalidades de cor e efeitos ópticos, é necessário identificar: a cor predominante (terço médio), áreas que diferem da cor predominante (cervical e incisal) e a presença de áreas translúcidas, efeitos fluorescentes, efeitos opalescentes e mamelões. Toda esta informação deve ser gravada e registada num mapa (Fig. 16). Estes mapas cromáticos são documentos eficientes na comunicação de variações de cores ao laboratório (Magne & Belser, 2004).



**Fig. 16:** Esboço de mapa cromático (Adaptado de Magne & Belser, 2004).

#### 4. Fotografia digital

A fotografia digital pode servir como referência para a selecção de cor. Estas são um excelente método de comunicação com o laboratório, especialmente quando o técnico do laboratório, o medico dentista e o paciente, não se encontram na mesma cidade. A fotografia deverá ser tirada com o dente e a escala de cor que foi escolhida (Miyashita, 2005, Blaes, 2002, Wee et al, 2006).

Se for para usar cerâmica translúcida em restaurações para a reabilitação de um paciente, é importante fotografar os dentes preparados com a escala de cores em posição de informar o técnico do laboratório da cor do substrato. Áreas translúcidas são melhor avaliadas em fotografias tiradas com um fundo preto, porque impede que a luz reflectida a partir da boca atinja o esmalte novamente (Blaes, 2002, Miyashita, 2005, Wee et al, 2006).

Programas de edição de imagem podem ser utilizados para analisar as dimensões e características de cor, do formato e textura do dente. A fotografia pode ser digitalmente convertida para escalas de cinzentos, porque o “valor” corresponde a qualidade (e não quantidade) de cor cinzenta, a escala de cinzentos dum objecto colorido corresponderá a

imagem do seu “valor”. Assim será possível comparar o “valor” da escala com o dente natural, confirmando a selecção de “valor”. Uma outra técnica que pode ser utilizada é aumentar o contraste (+50%) e diminuir a luminosidade (-50%) da fotografia digital. A imagem resultante irá permitir mostrar as zonas translúcidas, o formato preciso dos mamelões, a presença do halo opalescente no bordo incisal e as manchas brancas e *cracks*, porque são informações valiosas para que o técnico do laboratório de prótese construa a prótese adequadamente (Blaes, 2002, Miyashita, 2005).

Uma abordagem diferente para a correspondência de cor digital é obtida com o *Clear Match System* (Smart Technology, Hood River, Oregon). Este é um sistema de *software* que requer um PC plataforma Windows e uma câmara digital. Para calibrar correctamente o sinal digital a cores, um preto e branco padrão e uma escala guia de cores, devem ser incluídos em cada fotografia. Um mapeamento de cores detalhadas são fornecidas, este contém um banco de dados com as escalas de cor padrão industriais e informações e guias de cor personalizados, podem ser inseridos no banco de dados do sistema. Como este sistema é único *software*, é o mais razoável (Gupta et al, 2009, Chu et al, 2010).

## **5. Análise de cor através de instrumentos**

Como complemento aos tradicionais sistemas guias de cor, sistemas electrónicos de selecção de cor são especialmente úteis quando se tenta misturar uma restauração numa dentição já existente (Paul et al. 2002).

Estes também podem fornecer informações valiosas sobre as subtilezas de proporções de “valor” ou como as cores mudam ao longo da superfície do dente. Os resultados podem então ser mapeados antes de enviar as informações para o laboratório de prótese dentária em forma de receita impressa ou em formato electrónico (Paul et al. 2002).

Estes sistemas podem ser divididos por tipo de tecnologia de digitalização em duas categorias principais: colorímetros e espectrofotómetros. Os colorímetros armazenam

três pontos de dados para matiz, valor e croma, em vez das dezasseis ou mais pontos de dados de reflexão registados por um espectrofotómetro (Paul et al. 2002).

Colorímetros e espectrofotómetros têm sido utilizados em medicina dentária para a determinação, quantificação e comparação de cores na produção industrial de materiais. Os instrumentos foram projectados para uso clínico, a fim de seleccionar a cor na cavidade oral e transmitir os dados para um laboratório, controlando o resultado para restaurações directas e indirectas, branqueamento dentário e para minimizar a percepção visual subjectiva (Sproull, 2001).

A maioria da investigação feita em dentição natural, foi realizada em colorímetros (Goodkind, 1987, Ishikawa-Nagai et al. 1993, Ishikawa-Nagai et al. 1994, Rubino et al, 1994, Joiner et al, 1995, Horn, Bulan-Brady e Hicks, 1998, Okubo et al. 1998, Freedman, 2001).

Assim como na análise visual, cuidados devem ser tomados durante a selecção de uma cor através de instrumentos: os dentes devem estar limpos e secos para a captura da cor, como a presença de placa bacteriana e saliva pode afectar a cor real registada pelo equipamento, a sonda deve tocar na área seleccionada de forma perpendicular e um mínimo de três leituras devem ser realizadas nos terços cervical, médio e incisal do tecido dentário (Chu et al, 2004).

### **5.1. Colorímetros**

O funcionamento do colorímetro é baseado nos princípios da teoria Young-Helmholtz da visão humana, segundo a qual o olho tem "células" que são sensíveis às três cores primárias (Ahmad, 2006). O colorímetro filtra a luz em três zonas do espectro visível (vermelha, verde e azul). Para determinar a cor de um objecto, utiliza filtros foto-díodo para controlar a luz que atinge a amostra; posteriormente, um sensor mede a luz reflectida da amostra (Kim-Pusateri et al, 2009, Chu et al, 2010).

Grande parte da pesquisa em medicina dentária sobre a cor dos dentes naturais e porcelanas, *in vivo* e *in vitro*, foi realizada utilizando colorímetros. Estes instrumentos são projectados para medir directamente a cor recebida pelo olho humano (Goodkind, 1987, Ishikawa-Nagai et al, 1993, Ishikawa-Nagai et al, 1994, Rubino et al, 1994, Joiner et al, 1995, Okubo et al, 1998, Horn, Bulan-Brady e Hicks, 1998, Freedman, 2001).

Os colorímetros são mais fáceis de usar e menos dispendiosos do que os espectrofotómetros. No entanto, são menos precisos devido ao envelhecimento dos filtros e o metamerismo da amostra pode ser um desafio à sua precisão (Kim-Pusateri et al, 2009).

O sistema *ShadeVision* fornece informações de medição de cor, simples, consistentes, confiáveis e quantificáveis, permitindo uma boa comunicação entre o consultório de medicina dentária e o laboratório, melhorando significativamente a segurança de uma correspondência de tonalidade/cor exacta quando comparado com técnicas tradicionais. (Kim-Pusateri et al, 2009, Chu et al, 2010)

As principais desvantagens da utilização de colorímetros devem-se ao facto destes instrumentos serem concebidos para medir superfícies planas, os dentes muitas vezes não o são e podem ter anomalias de superfície, os colorímetros de pequena abertura utilizados em medicina dentária são propensos a efeitos significativos de *edge-loss*, estando a determinação de cor e as medições sujeitas a erros (Van der Burgt et al, 1990, Bolt et al, *cit. in* Joiner, 2004). Outra desvantagem está relacionada com a interpretação da translucidez, visto que, este parâmetro não se encontra incluído nos 3 atributos de cor que o colorímetro avalia (Derbabian et al. 2001).

Os erros sistemáticos são difíceis de controlar, podendo afectar a precisão do instrumento, independentemente do grau de precisão ou controle do meio ambiente (Douglas et al, 1997). Por outras palavras, a concordância inter-instrumento é relativamente pobre em comparação com a fiabilidade intra-instrumento. Por conseguinte, a comparação dos dados colorimétricos com os dentes é desencorajada e a atribuição de significado prático em medições independentes não é confiável.

Douglas et al, 1997, conclui que a correcta aplicação colorimétrica instrumental consiste na exploração, da sua sensibilidade em detectar e medir pequenas diferenças de cor entre amostras de cores semelhantes; uma vez que a medição diferencial é altamente reprodutível entre os instrumentos e representa o uso mais eficaz da avaliação colorimétrica (Douglas, 1997, Joiner, 2004).

O primeiro sistema de imagem digital a cores que combina a análise colorimétrica foi introduzido por Cynovad (Saint-Laurent, Canadá). O *ShadeScan* é um dispositivo portátil com um ecrã LCD a cores que auxilia na localização da imagem e no foco. Através de um cabo de fibra óptica, uma fonte de luz halogena ilumina a superfície do dente num ângulo de 45° e recolhe a luz reflectida a 0° (Gürel 2003, <http://www.cynovad.com/html/produits/ShadeScan/shadeScan.htm>).

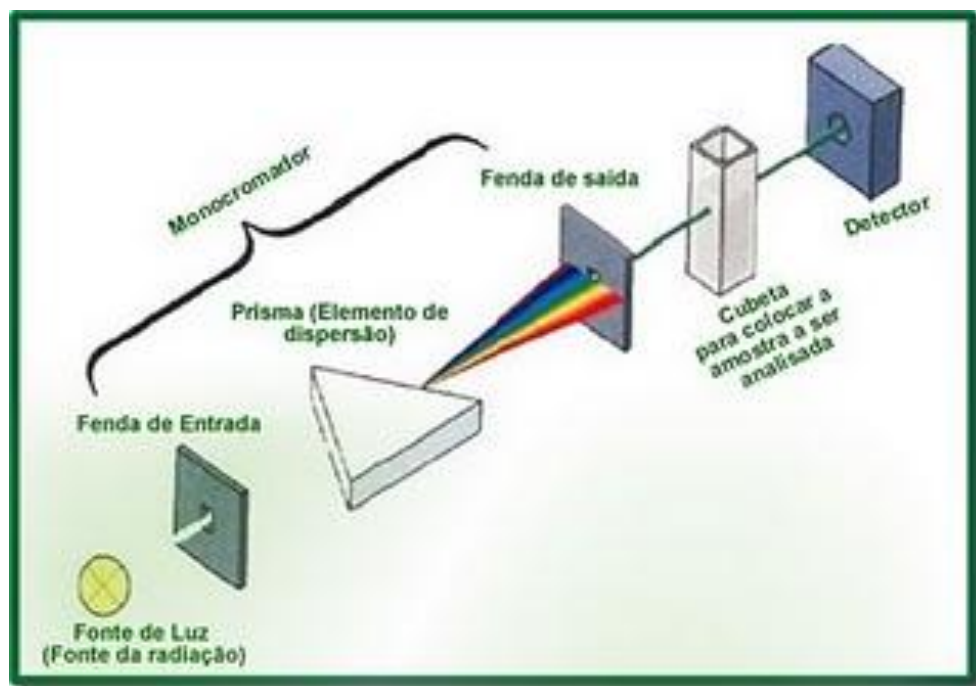
A intensidade da luz e calibração de cinzas e cores padrão são continuamente monitorizados e ajustados para fornecer uma reprodução de cor consistente. A imagem é gravada num cartão de memória, eliminando a necessidade de um computador na sala operatória. Os dados transmitidos podem ser transferidos para um computador com *software* próprio do dispositivo, ou com mapeamento de sombra e translucidez (Paravina, Powers, 2004, Gürel, 2003, <http://www.cynovad.com/html/produits/ShadeScan/shadeScan.htm>).

## 5.2. Espectrofotómetros

Segundo Ghersel e cols. (2007), define-se como espectrofotometria o método da análise de luzes homogéneas. Existem vários aparelhos usados para a aferição de matizes do espectro, destacando-se o espectroscópio e o espectrofotómetro.

O espectroscópio possui, habitualmente, um anteparo com uma fenda localizada no foco de uma lente, por onde passa a luz (matiz) a ser analisada. O espectrofotómetro é o desdobramento do espectroscópio. Compara, de uma maneira mecânica, as intensidades das radiações simples de duas fontes, sendo este composto pela combinação de um monocromador e de um fotómetro (Fig. 16).

Douglas, Steinhauer & Wee (2007), definiram alguns componentes comuns a todos os espectrofotômetros, como é verificado a seguir. O espectrofotómetro contém uma fonte de radiação óptica, que é fraccionada por um prisma ou rede de difracção (monocromador) nos comprimentos de onda que a compõem (luzes monocromáticas). O comprimento de onda seleccionado é dirigido para a solução contida num recipiente transparente (cubeta) (Fig. 17). Parte da luz é absorvida e parte é transmitida. A redução da intensidade luminosa é medida pelo detector (célula fotoeléctrica). O sinal eléctrico de saída do detector depende da intensidade da luz que incidiu sobre ele. O sinal eléctrico é amplificado e visualizado no galvanómetro, e interpretado como uma absorvância, sendo proporcional à concentração da substância absorvente existente na cubeta. Os imensos dados obtidos a partir de espectrofotómetros são então manipulados. É aplicada uma estratégia de redução de dados para os traduzir, num formato útil (ex. curva espectral). (Khurana et al, 2007, Lagouvardos et al, 2009, Kielbassa et al, 2009, Chu et al, 2010).



**Fig. 17:** Esquema de funcionamento básico de um espectrofotómetro.

O espectrofotómetro é um dos instrumentos mais precisos, úteis e flexíveis em medicina dentária. É também o instrumento mais sofisticado, construído para medir a reflexão e transmissão de um objecto observado, dando a sua completa curva espectral. Eles medem a quantidade de energia da luz reflectida por um objecto em intervalos de 1-25 nm ao longo do espectro visível. (normalmente 350-800nm). As vantagens com maior significância das medições do espectrofotómetro incluem a habilidade de analisar os principais componentes duma série espectral e a habilidade de converter as medições espectrofotométricas em várias medidas de cor (Paul et al, 2004).

Os primeiros espectrofotómetros, apesar de serem muito precisos, eram complexos, dispendiosos, difíceis de manusear e de calibrar correctamente. Além disso, eram volumosos, com uma grande abertura para medições, de salientar o grau de dificuldade na medição da cor dos dentes *in vivo*. Por estas razões o seu uso era limitado em investigação laboratorial (Tung, 2002).

Com a evolução da tecnologia de fibra óptica, os fabricantes de materiais dentários são agora capazes de produzir espectrofotómetros com uma boa relação custo/benefício, fáceis de operar, e com uma pequena abertura para a medição (JLL Technology *cit. in* Corciolani et al 2006).

A luz especular contém pouca ou nenhuma informação de cor. O desenvolvimento mais notável, foi a capacidade de excluir todas as medições especulares. Para obter o grau adequado de absorção e dispersão no interior do dente, é necessário que a luz penetre o dente ao nível da dentina, viajando através do esmalte e saindo posteriormente a alguma distância. Isto é possível através da tecnologia de fibra óptica (JLL Technology *cit. in* Corciolani et al, 2006).

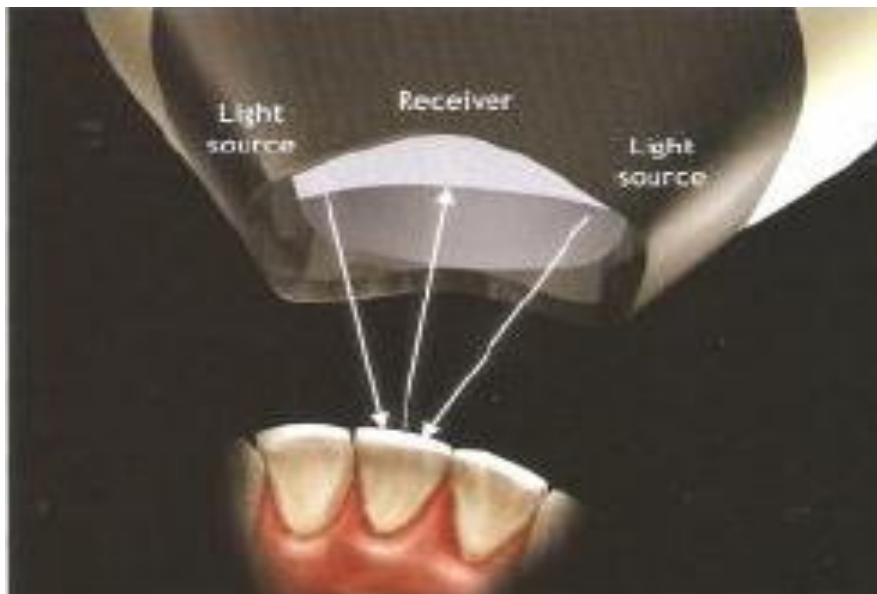
Recentes avanços tecnológicos resultaram em mais sofisticados *CCDs* (dispositivo de cargas acopladas). Isto resultou no desenvolvimento, de novos dispositivos, capazes de medir a cor do dente. Tais dispositivos podem variar, desde *softwares* que podem ser usados em conjunto com imagens tiradas por câmaras digitais, a colorímetros “puros” e espectrofotómetros “puros”, aos dispositivos desenvolvidos mais recentemente em que

a imagem digital é combinada com um colorímetro ou espectrofotómetro. (Ishikawa-Nagai et al, 1994, Paul et al, 2002).

As melhores pesquisas realizadas através de espectrofotómetros, usam o sistema de esfera óptica, no qual o objecto é colocado dentro do espectrofotómetro e exposto à luz de diversos ângulos e direcções. Isto resulta numa análise espectral mais exacta e precisa das propriedades de reflexão do objecto. No entanto, os espectrofotómetros usados em medicina dentária não podem atingir 360° de exposição à luz, uma vez que o dente não pode ser colocado dentro do aparelho. Em vez disso, a luz é dirigida à superfície do dente (Paul S et al, 2002).

Existem dois tipos básicos de configurações ópticas de luz utilizadas nestes tipos de instrumentos: iluminação em 0 graus e observação em 45 graus (0 / 45) ou a iluminação de 45 graus e observação em 0 graus (45 / 0) (Johnston, 2009).

Devido ao acesso limitado conferido pela cavidade oral, apenas a opção de 45 / 0 é apropriada para uso clínico (Fig. 18) (Kao, 1989, Seghi et al, 1989, Judd & Wyszecski *cit. in* Paul et al 2002, Baltzer, Kaufmann-Jinoian, 2005, Johnston & Chu et al, 2010).



**Fig. 18:** Iluminação a 45° e observação a 0°, a mais indicada para o uso clínico.

A maior vantagem de usar um espectrofotómetro para determinação da cor, em comparação com um colorímetro, é a precisão. Os dados espectrofotométricos não são afectados pela luz ambiente, e a quantidade de luz reflectida dos objectos é medida sobre um comprimento de onda espectral completo (Ishikawa-Nagai et al, 2010).

*Shofu's Shade NCC* (Natural Color Concept) Chroma Meter (Shofu Dental, Meillo Park, California) está disponível desde a década de 90 (Fig. 19). É constituído por uma sonda de contacto manual independente, que tem cerca de 3 mm de diâmetro. A sonda é colocada contra o dente, é pressionado o botão para realizar a medição. Isso envia um *flash* de luz para o dente, a partir da periferia da sonda, a luz reflectida é transportada através do centro da sonda até ao detector, onde a luz colectada é uniformemente distribuída através da cor e transmitida para a unidade de acoplamento através de um sinal infravermelho. Existe uma base de dados de amostras de porcelana armazenados na memória, e a correspondência mais próxima, dos dados armazenados é apresentada. A leitura gerada inclui o número do dente, a designação da escala de cor *Vita Lumin* mais aproximada e a opacidade específica (Goldstein, Schmitt, 1993, Yamamoto, 1998).

Goldstein foi o primeiro a relatar este espectrofotómetro na literatura, seguido de Yamamoto. Este sistema realiza medições pontuais de informação para extrapolar a determinação da cor. Esta pode ser uma das suas potenciais desvantagens (Goldstein, Schmitt, 1993, Yamamoto, 1998).

Os dentes são entidades policromáticas que necessitam de fontes de múltiplos pontos de referência, quando se utiliza este sistema, a fim de alcançar uma análise mais representativa da distribuição da cor. Uma correta interpretação das informações é de fundamental importância para um resultado previsível e preciso (Goldstein, Schmitt, 1993, Yamamoto, 1998).

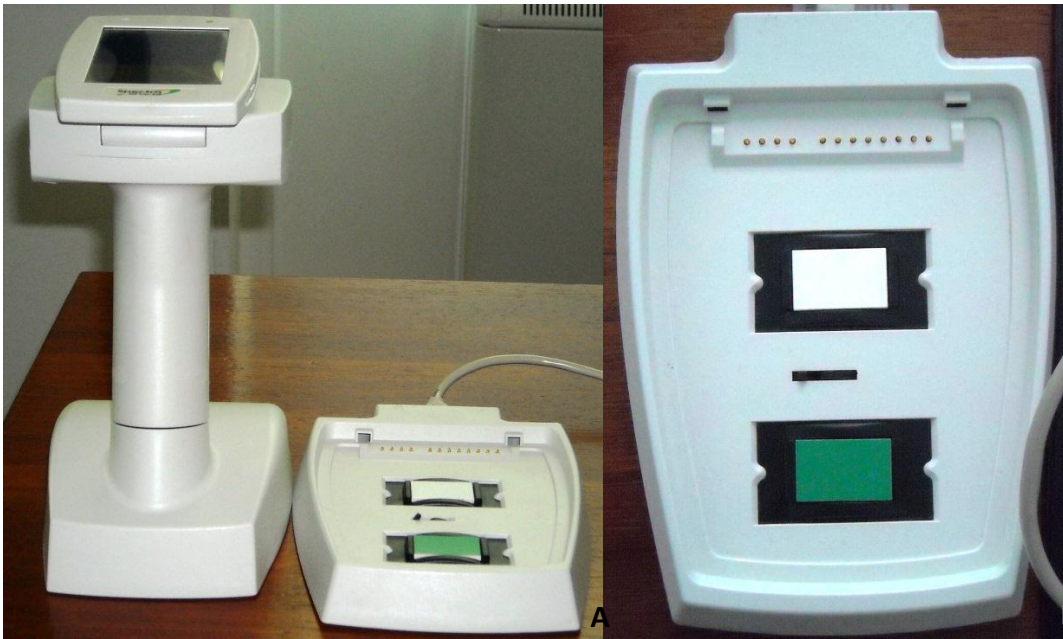
Uma desvantagem adicional deste instrumento é a sua limitação de compatibilidade com o sistema porcelana *Shofu*. No entanto, se a tecnologia for empregue correctamente, fornece informação suficiente e confiável para confecção de restaurações (Goldstein, Schmitt, 1993, Yamamoto, 1998).



**Fig. 19:** Shofu's Shade NCC

O *SpectroShade* (MHT, Niederhasli, Suíça) é o dispositivo de selecção de cor dentária mais complexo em *design* e é o mais complicado em termos de *hardware* (Fig. 20A). Este oferece a maior flexibilidade em termos de análise de cor e de dados colorimétricos é de longe o mais caro. É o único que combina imagem digital a cores com análises espectrofotométricas (Paravina, Powers, 2004, Chu et al, 2010, <http://www.mht.ch/index.php?uri=micro.html>).

A peça de mão é relativamente grande em comparação com os modelos que usam uma sonda de contacto, e o posicionamento pode ser complicado. A calibração é um processo de duas etapas que envolvem o posicionamento da peça de mão contra um azulejo branco e verde (Fig. 20B) (Paravina, Powers, 2004, <http://www.mht.ch/index.php?uri=micro.html>).



**Fig. 20:** A – *Spectroshade*. B - Azulejos de calibração.

A luz, de uma fonte de halogénio é entregue através de feixes de fibra óptica e lentes para a superfície do dente a 45 ° (Fig. 21A). A imagem do dente é exibida no ecrã do dispositivo, de modo a que o posicionamento possa ser verificado (Fig. 20B) (Paravina, Powers, 2004, <http://www.mht.ch/index.php?uri=micro.html>).



**Fig. 21:** A – Luz dirigida ao dente a 45°. B - A imagem do dente é exibida no ecrã do dispositivo, de modo a que o posicionamento possa ser verificado.

A luz incidente quando atinge o dente é monocromática e à medida que esta é reflectida de volta o processo de varredura espectral é efectuado, em larguras de banda de 10 nm por um *CCD* preto e branco. Devido à curva espectral associada a cada *pixel* do *CCD*, são gerados para análise, uma quantidade significativa de dados (Paravina, Powers, 2004, <http://www.mht.ch/index.php?uri=micro.html>).

Podem ser calculadas diferenças de cor entre imagens; pode realizar-se mapas cromáticos de crescente complexidade; também é possível a realização de um mapa cromático para translucidez. O *software* contém referências de guias de cor para a maioria dos sistemas de porcelana, podendo ser adicionadas novas referências (Paravina, Powers, 2004, <http://www.mht.ch/index.php?uri=micro.html>).

A cor mais aproximada e a magnitude da diferença de cor são especificadas a partir da referência da cor guia seleccionada (Fig. 22). Uma imagem digital do dente, o mapeamento de cor e os dados colorimétricos podem ser transmitidos para o laboratório

em formato electrónico ou por impressão (Cherkas, 2001, Paravina, Powers, 2004, Chu, et al, 2010).



**Fig. 22:** Spectroshade

O *Easysshade Vita* (vidente, Brea, Califórnia) é um espectrofotómetro portátil que é constituído por uma peça de mão conectada a uma unidade base por um conjunto de cabos de fibra óptica (Fig. 23). A ponta da sonda de contacto é de aproximadamente 5 mm de diâmetro. E contém 191 mm de diâmetro feixes de fibra óptica. Durante o processo de medição, o dente é iluminado pela periferia da sonda, (a luz provem de uma lâmpada de halogéneo presente na unidade base) e é posteriormente conduzida pela sonda para a superfície do dente (Paravina, Powers, 2004, Chu et al, 2010, [http://www.vident.com/interim\\_pages/product.php#VITAEasysshade](http://www.vident.com/interim_pages/product.php#VITAEasysshade)).

Vários espectrómetros na peça de mão controlam a fonte de luz e medem a luz internamente dispersa. Uma combinação de vários filtros e matrizes de foto díodo recebem a luz que é dirigida através das fibras localizadas no centro da ponta da sonda, desta forma, a reflexão espectral da luz espalhada é medida essencialmente em bandas de 25 nm. Antes da medição, é necessário seleccionar um modo de medição (coroa do

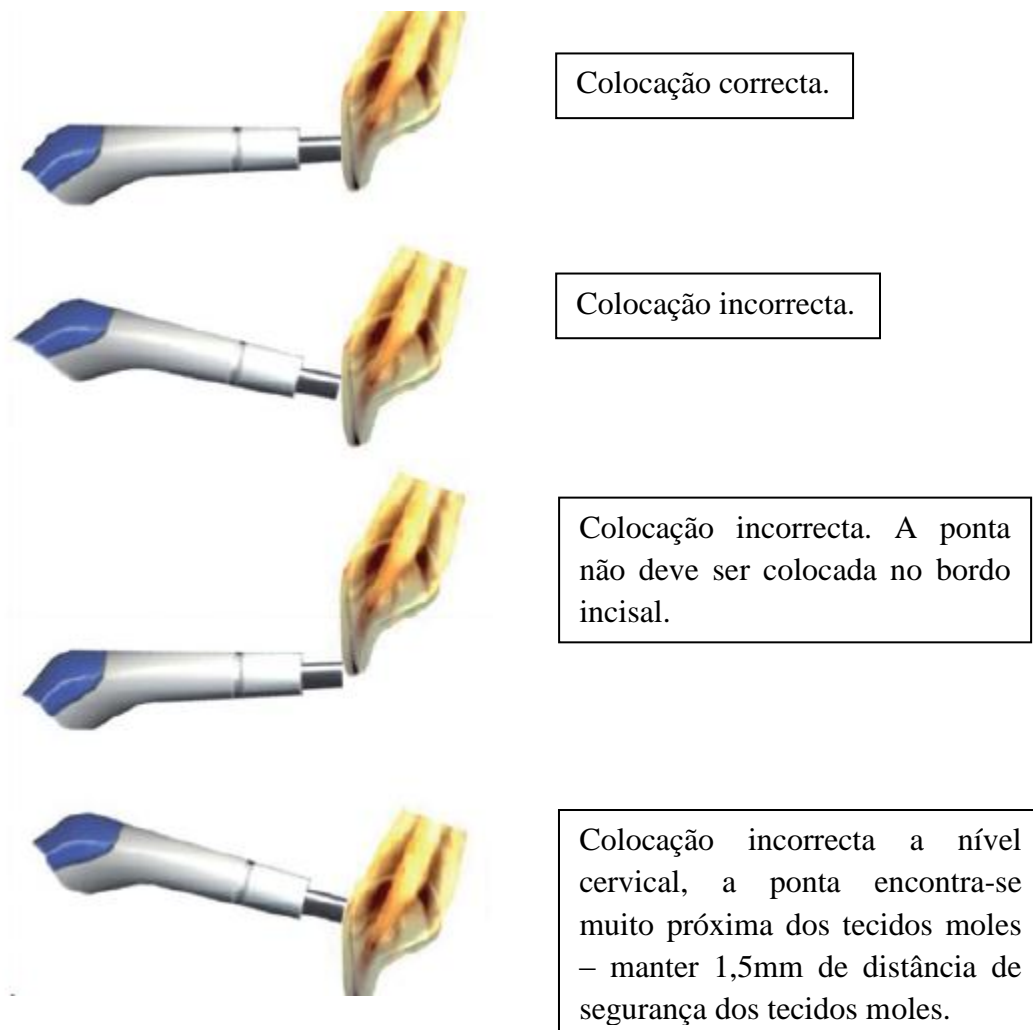
dente, ou guia de cor) (Paravina, Powers, 2004, Chu et al, 2010, [http://www.vident.com/interim\\_pages/product.php#VITA\\_easyshade](http://www.vident.com/interim_pages/product.php#VITA_easyshade)).

Este aparelho apresenta um programa que permite 3 modos de medição: 1. Dente; 2. Tabela de cores; e 3. Restauração. O modo apropriado deve ser seleccionado de acordo com a medição e os dados reportados são específicos de cada modo (Yuan et al, 2007).

Os dados colorimétricos são apresentados com a melhor aproximação entre as escalas *Classical* e *3D-Master* da *Vita*. Os dados da cor dos dentes podem ser adquiridos de uma só vez (o dente como um todo), ou a cor pelos terços cervical, médio e incisal. As informações dos dentes também podem ser apresentadas como  $L^*a^*b$ , valor croma e matiz (Yuan et al 2007, Paravina, Powers, 2004, Chu et al, 2010).



**Fig. 23** Vita Easyshade.



**Fig. 24:** Vita Easyshade colocação.

*CrystalEye* (Olympus, Tóquio, Japão) combina as vantagens de um espectrofotómetro tradicional, com a fotografia digital (Fig. 25). Através do desenvolvimento da tecnologia de processamento óptica e imagem, este produto permite ao praticante corresponder a tonalidade do dente e cor de forma mais precisa e simples em comparação com o espectrofotómetro tradicional (Odaira et al, 2011, Paravina, Powers, 2004, Chu et al, 2010).

A maior vantagem deste sistema reside na existência de “abas de cor virtual” no banco de dados do computador. Estas podem ser cruzadas e sobrepostas visualmente na imagem do dente natural a ser correspondido, oferecendo ao técnico a possibilidade de visualizar as guias de cor/tonalidade corretas. A imagem digital produzida pela *CrystalEye* usa 7 bandas, fonte de luz LED, o que resulta numa representação mais precisa da cor do que os sistemas convencionais com câmaras digitais. Além disso, a imagem produzida pela *CrystalEye* é retirada de dentro da cavidade oral e, conseqüentemente, é desprovida de luz externa, o que pode causar discrepâncias (Paravina, Powers, 2004, Ishikawa-Nagai, 2009, Chu et al, 2010, Odaira et al, 2011).



**Fig. 25:** Crystaleye Spectrophotometer® (adaptado de Odaira et al, 2011).

O *Shade-X* (X-Rite, Grandville, MI) é um espectrofotômetro compacto, sem fio, “*spot measurement*”, com 3 mm de diâmetro da sonda, e contém introduzido na sua base de dados a maioria das guias de cor mais populares. Este tem duas bases de dados para combinar a cor da dentina (mais opaca) e as regiões incisais dos dentes (mais translúcidas) (Paravina, Powers, 2004, Chu et al, 2010).

**Tabela 3: tipo de medição por instrumentos**

<b>Instrumento</b>	<b>Tipo de medição</b>
Digital Shade Guide (Rieth)	Pontual
Easyshade (vita)	Pontual
ShadeEye-NCC (shofu)	Pontual
ICAM (DCM)	Dente Completo
Shadescan (Cynovad)	Dente Completo
Shadevision (X-Rite)	Dente Completo
Spectroshade (MHT)	Dente Completo

(adaptado de Moscardó, Alemany, 2006).

**Tabela 4: Dispositivos de medição de cor**

<b>Dispositivo</b>	<b>Tipo</b>
Shade-Eye, Shofu	Colorímetro
Eyeshade / Easyshade Compact, Vita	Espectrofotómetro
Shade Scan, Cynovad	Colorímetro / digital color imaging
Shade Vision X-rite	Colorímetro / digital color imaging
Spectro Shade Micro, MHT	Espectrofotometro / digital color imaging
Clear Match, Smart Technology	Software (necessita de câmara digital)
Color Scanner 2006, Nuova Franco Suisse	<i>Software</i> (necessita de câmara digital)
DVS11, DV	Espectrofotómetro

(adaptado de Brewer et al, 2004).

**Table 1 – Instruments and software for color matching in dentistry: types, measurement area and relative cost (\$1000-\$7500).<sup>21</sup>.**

Product	Manufacturer	Device type	Measurement area	Relative cost
ClearMatch	Clarity Dental, Salt Lake City, UT	Software, digital image analysis	Complete tooth image	Low
CrystalEye	Olympus America, Center Valley, PA	Imaging Spectrophotometer	Complete tooth image	High
Easyshade Compact	Vident, Brea, CA	Spectrophotometer	5-mm probe diameter	Low
Shade-X	X-Rite, Grandville, MI	Spectrophotometer	3-mm probe diameter	Low
ShadeVision	X-Rite, Grandville, MI	Imaging colorimeter	Complete tooth image	Moderate
SpectroShade Micro	MHT, Niederhasli, Switzerland	Imaging Spectrophotometer	Complete tooth image	Moderate

**Fig. 26:** Tipos de dispositivos, áreas de medição e custo relativo (adaptado de Chu et al, 2010).

## V. Espectrofotómetros vs olho humano e técnicas convencionais

Quando os primeiros instrumentos de medição de cor dentária apareceram, apresentavam uma precisão ligeiramente superior em comparação com as avaliações visuais que foram descritas como inconsistentes (Okubo et al, 1998). Desde essa época, verifica-se a modernização de ambos os meios, visuais e instrumentais, para a correspondência e selecção de cores em medicina dentária (Ishikawa-Nagai et al, 2009, Paravina, 2009).

Mais recentemente, melhores resultados foram relatados com espectrofotómetro específico para uso em medicina dentária, do que usando o método visual em cerca de 47% dos casos, (Fani et al, 2007) que de acordo com estudos independentes, documentaram a supremacia dos espectrofotómetros na selecção de cor em medicina dentária, em comparação com avaliação visual de cor (Da Silva et al, 2008, Gehrke et al, 2009).

Outro jornal reportou que o desempenho do *Easyshade* foi semelhante, ou mesmo melhor que o do dentista, apesar da concordância de dados obtidos através da observação visual e instrumental ter sido qualificada como boa a muito boa (Browning et al, 2009).

Num outro trabalho, verificou-se que a concordância entre os grupos de observadores foi significativamente melhor do que a de cada dispositivo e que aqueles dispositivos não reflectiam a percepção humana (Hugo et al, 2005).

Tem sido demonstrado que as escalas *Vita* de tom clássico não são sistematicamente distribuídos nos espaços de cor relevantes para os dentes humanos, e que existe até mesmo sobreposições (Miller, 1987).

Tem sido relatado que os observadores humanos detectam diferenças de cor de  $\Delta E^*$ , 1 unidade em condições de laboratório padronizadas (Kuehni e Marcus, 1979). Na cavidade oral, no entanto, foi relatado, uma média de  $\Delta E^*$ , 3,7 unidades (Johnston & Kao, 1989).

O espectrofotómetro utilizado no estudo de S. Paul et al, 2002, permitiu um elevado grau de padronização a ser estabelecida para o processo de medição, com um erro total de  $\Delta E^*$ , 0,48 unidades.

Isso pode explicar o fato de que, em 83,3% dos casos, todas as três medições espectrofotométricas levaram à selecção da mesma tonalidade. Os três avaliadores humanos escolheram a mesma tonalidade em apenas 46,6% dos casos, tornando a avaliação computadorizada muito mais reproduzível para a selecção (Paul S, et al, 2002).

Em comparação com observações a olho humano, ou às técnicas convencionais, verificou-se que os espectrofotómetros ofereceram um aumento de 33% de precisão e uma correspondência mais objectiva em 93,3% dos casos (Paul S, et al, 2002).

Num outro estudo de S. Paul et al 2004, um aumento de 45% na precisão da espectrofotometria em comparação com a avaliação humana, foi demonstrado pelo facto de que em nove das dez leituras todas as três avaliações espectrofotométricas realizadas eram coincidentes, enquanto a avaliação humana coincidiu em apenas dois casos. O *background* matemático da avaliação espectrofotométrica e melhor uniformização do

procedimento de medição em relação à observação realizada pelo olho humano pode ser responsável por esse achado e, além disso, explicar por que o espectrofotômetro ofereceu maior coincidência em 90% dos casos. A  $P < 0,02$ , o nível de significância para a diferença estatística entre esses dois grupos (avaliação humana vs avaliação por espectrofotômetro) acentua ainda mais esse achado.

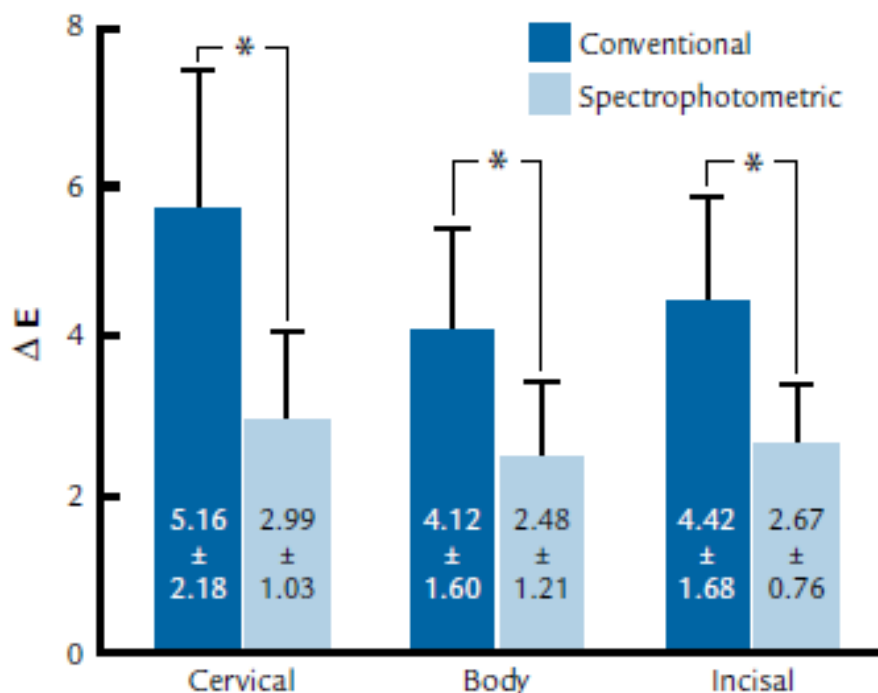
	Patient										Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$\phi H$	A2	B2	C2	B1	A2	A2	B2	B2	B2	A2	
$\phi\Delta E_H$	4.52	2.54	7.46	0.97	3.57	2.67	3.86	4.78	1.70	2.59	$3.47 \pm 1.84$
$\phi SP$	A3	B2	A2	A1	A2	B2	B2	A1	B2	D3	
$\phi\Delta E_{SP}$	2.01	2.14	2.51	0.73	2.36	1.21	1.65	2.57	1.71	2.25	$1.91 \pm 0.59$
$\phi\Delta E_H - \phi\Delta E_{SP}$	2.51	0.40	4.95	0.24	1.21	1.46	2.21	2.21	-0.01	0.34	

$\phi H$  = mean of three human visual shade determinations based on Vita Classic shade guide;  $\phi\Delta E_H$  = mean of three numeric  $\Delta E$  values related to visually determined Vita shades;  $\phi SP$  = mean of three spectrophotometric shade determinations based on Vita Classic shade guide;  $\phi\Delta E_{SP}$  = mean of three numeric  $\Delta E$  values related to spectrophotometrically determined Vita shades;  $\phi\Delta E_H - \phi\Delta E_{SP}$  = difference in  $\Delta E$  value between visual and spectrophotometric color assessments.

**Fig. 27:** Selecção de cor por método visual vs espectrofotômetro (Paul et al, 2004).

Os resultados do estudo de Da Silva et al. (2008) demonstraram que a percentagem de coroas fabricadas usando o sistema espectrofotométrico foi maior do que as realizadas pelo método convencional. As coroas convencionais tinham 12,5 vezes mais probabilidades de ser rejeitadas do que as produzidas usando o sistema espectrofotométrico. Este estudo envolveu coroas para incisivo central superior com o incisivo central contralateral natural. A combinação de cores para imitar um incisivo central natural representa o desafio mais difícil em medicina dentária. Os resultados deste estudo revelaram a eficácia de um espectrofotômetro, corroborando os achados de Paul et al. 2004 (Da Silva et al. 2008).

O rácio de aceitação / rejeição das coroas fabricadas por um método espectrofotométrico, de correspondência de cores, foi significativamente maior do que usando o método convencional. O valor médio  $\Delta E$  para coroas fabricadas usando o método espectrofotométrico foi significativamente menor que os valores para as coroas fabricadas pelo método convencional, para todas as 3 regiões do dente medido ( $P < 0,01$ ) (Da Silva et al. 2008).



**Fig. 28:** Comparação de diferença de cor  $\Delta E$  (média  $\pm$  DP) para 2 coroas vs dente natural (\*:  $P < 0,01$ ). (Da Silva et al, 2008)

Corciolani et al. (2006) avaliou a reprodutibilidade da capacidade de leitura de cor do *Vita Eyeshade*, com um espectrofotômetro de laboratório, os resultados demonstraram uma excelente reprodutibilidade de varredura, o *Vita Eyeshade* mostrou boa precisão na digitalização repetida obtidos, tanto através da fixação da peça de mão do dispositivo de um stand ( $0 < CV < 0,022$ ) e à mão livre ( $0,008 < CV < 0,913$ ). Neste estudo a boa precisão mostrada pelo instrumento em estudo, em comparação com um laboratório, na realização de medidas repetidas, revelou a possibilidade de usá-lo tanto para uso clínico como testes *in vitro*.

O estudo realizado por Odaira et al, 2011 concluiu que o espectrofotômetro *Crystaleye* melhora a precisão de coroas fabricadas. Além disso, os dados numéricos da cor permitem planejar e controlar o tratamento branqueador.

Os resultados deste estudo mostram que o *CrystalEye Spectrophotometer* é um sistema de análise de cores fácil de usar, que produz medições de cores precisas em condições

clínicas. Esse sistema melhora o processo de replicação de cor objectiva (Odaira et al, 2011).

A comparação de dados obtidos através da observação, visual e instrumental é um tema muito interessante, pois revela os prós e contras dos dois métodos. A correspondência visual de cor é subjectiva e influenciada por vários factores. No entanto, este método não é inferior e não deve ser subestimado. Na verdade, de todos os instrumentos de medição de cor "objectivos", foram desenvolvidos com base na sensibilidade visual do "observador padrão" e estes são bons, apenas se corresponderem a essa sensibilidade. Além disso, o menor valor numérico de  $\Delta E^*$ , não correspondem necessariamente a melhor opção por causa da sensibilidade do olho desigual para as diferenças de matiz, valor e croma (Fondriest, 2003, Ishikawa-Nagai et al, 2010, Yoshida *cit. in*, Chu, 2010).

A resposta adequada para a questão da utilização do método visual ou instrumental para a correspondência de cores em medicina dentária é a seguinte: sempre que, possível, usar os dois, pois estes complementam-se conduzem a resultados estéticos previsíveis (Fondriest, 2003, Ishikawa-Nagai et al, 2010, Yoshida *cit. in*, Chu, 2010).

## Conclusão

A medicina dentária é um sector que mistura ciência e arte. Os pacientes procuram cada vez mais a medicina dentária estética contemporânea, o que levou a indústria tecnológica a elevar a fasquia no que se refere aos detalhes estéticos. São múltiplos os factores que influenciam a percepção da cor, ao aproveitar a actual tecnologia de selecção de cor, a subjectividade da avaliação da cor pode ser minimizada e um diagnóstico preciso de tonalidade de cor, de uma restauração é mais facilmente identificado e comunicado.

O conhecimento e uso correto dos sistemas convencionais de medição de cor, é imprescindível se quisermos atender às exigências estéticas de hoje, este juntamente com a entrada gradual de avançados sistemas electrónicos de colorimetria, reduz a possibilidade de falha estética e aumenta a qualidade das restaurações.

Apesar do reduzido número de artigos e estudos sobre estes instrumentos, através desta revisão sistemática podemos concluir que os espectrofotómetros permitem uma melhor compreensão da percepção da cor e sua correlação com aspectos clínicos, bem como medição de parâmetros difíceis, como translucidez, matiz, croma e valor. Oferecem ainda uma maior precisão e exactidão na selecção de cor, em relação aos métodos convencionais, eliminando alguma da sua subjectividade.

Sempre que possível, deve ser usado o método instrumental e visual de selecção de cor, uma vez que eles se complementam conduzindo a resultados estéticos previsíveis.

Para que a escolha, de cores de dentes artificiais e restaurações estéticas, sejam padronizadas, é necessário o uso de um método que possa ser facilmente usado e que evite erros de comunicação. O método proposto para que se obtenha, com menor margem de erro, uma cor próxima do real, utiliza a escala *Vitapan 3D-Master*, por registar de maneira tridimensional as cores e por abranger um método universalmente respeitado. O uso combinado de fotografia digital e do espectrofotómetro digital, servirá de base para uma comparação com a escala visual.

Após esta revisão bibliográfica propomos o seguinte protocolo:

1. Se possível, realizar a análise da cor na presença de um ceramista;
2. Garantir um ambiente clínico agradável, com uma cor neutra ou, alternativamente, usar um cartão cinza neutro por trás dos dentes e guias de cor;
3. Evitar roupas de cores chocantes e cosméticos de cores muito vivas;
4. Humedecer os dentes, evitar a desidratação do esmalte ou dentina;
5. Realizar pelo menos 3 análises espectrofotométricas, de maneira a obter valores reprodutíveis;
6. Fotografar, dentes e guias de cor, usando diferentes condições de iluminação, por exemplo, *flash* (5500K) e luz natural (6500K), para mitigar o metamerismo; luz ultravioleta e luz transmitida, para fluorescência e opalescência, respectivamente;
7. Fotografar a guia(s) de cor escolhida adjacente aos dentes, para análise de cor relativa;
8. Fotografar os dentes numa escala 1:1 para caracterizações detalhadas;
9. Desenhar um mapa de cor;
10. Enviar as imagens digitalizadas, mapa cromático e dados do espectrofotómetro pelo seu *software*, via e-mail para o ceramista e para o paciente.

## Referências Bibliográficas

Ahmad, I. (2006). *Protocols for Predictable Aesthetic Dental Restorations*. Blackwell Munksgaard. 1, pp. 99-106.

Baltzer, A., Kaufmann-Jinoian, V. (2005). Shading of ceramic crowns using digital tooth shade matching devices. *International Journal Comput. Dent.* 8, pp. 129-152.

Baltzer, A., Kaufmann-Jinoian, V. (2004). *The Determination of the Tooth Colors*. *Quintessenz Zahntechnik*. 30(7), pp. 726-740.

Barath, V. S., *et alii*. (2003). Spectrophotometric analysis of all-ceramic materials and their interaction with luting agents and different backgrounds. *Adv Dent Res*, Vol. 17, pp. 55-60.

Bergen, S. F. (1985). Color in esthetics. *New York State Dental Journal*. 5, pp. 470-471.

Blaes, J. (2003). Today's technology improves the shade-matching problems of yesterday. *Journal of Indiana Dental Association*. 81, pp. 17-19.

Cal, E., *et alii*. (2004). Application of a Digital Technique in Evaluating the Reliability of Shade Guides. *Journal of Oral Rehabilitation*. 31, pp. 483-91.

Caroli, A., *et alii*. (2007). Prevalencia de individuos cor-dificientes entre individuos entre alunos de odontologia. *Rev Abeno*.7, pp. 117-121.

Carsten, D. (2003). Successful shade matching: What does it take? *Compend Contin Educ Dent*. 24, pp.175-178.

Cho, M. S., Yu, B., Lee, Y. K. (2009). Opalescence of all-ceramic core and veneer materials. *Dent Mater*, Vol. 25, No. 6, pp. 695-702

Cherkas, L. A. (2001). Communicating precise color matching and cosmetic excellence. *Dent Today*. 4, pp. 52-57.

Chu, S. J., Devigus, A., Mielezsko, A. (2004). *Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry*. Chicago, Quintessence.

Chu, S. J., *et alii*. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of dentistry*. 37, pp. 2-16

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

Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Recommendations on uniform color spaces, color-difference equations, psychometric color terms. Supplement No. 2 of publication CIE No. 15 (E-1.3.1) ed. Paris: Bureau Central de la CIE; 1978

Corciolani, G., Vichi, A. (2006). Repeatability of Colour Reading With a Clinical and Laboratory Spectrophotometer. *International Dentistry SA*. Vol. 8(5)

Culpepper, W. (1970). A comparative study of shade-matching procedures. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 24, pp. 166-73.

Browning, W. D., *et alii*. (2009). A comparison of human raters and an intra-oral spectrophotometer. *Operative Dentistry*. 34, pp. 43-337.

Da Silva, J. D., Nagai, S., Peter, W. (2008). Clinical Performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *Journal of Prosthetic Dentistry*. Vol 99, pp. 362-368

Dagg, H., *et alii*. (2004). The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. *Journal of Oral Rehabilitation*. 31, pp.900-904.

Derbabian, K., et alii. (2001). The science of communicating the art of esthetic dentistry: Part III. Precise shade communication. *J Esthet Restor Dent.* 13, pp. 154-162.

Douglas, R. D., (1997). Precision of in vivo colorimetric assessments of teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry.* 77, pp. 464-470.

Douglas, R. D., Steinhauer, T. J., Wee, A. G. (2007). Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *Journal of Prosthetic Dentistry.* 97, pp. 200–208.

Easysshade [homepage on the internet] disponível em <[http://www.vident.com/interim\\_pages/product.php#VITAEasysshade](http://www.vident.com/interim_pages/product.php#VITAEasysshade)> [Consultado em 06/05/2011]

Evolution of materials. (2000). *Journal of Dental Technology.* 3, 9–10.

Fani, G., Vichi, A., Davidson, C. L. (2007). Spectrophotometric and visual shade measurements of human teeth using three shade guides. *American Journal of Dentistry.* 20, pp. 142-146.

Fondriest, J. (2004). Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies *Journal of Prosthetic Dentistry.* Vol. 91(6) , pp.553.

Geissberger, M. (2010). *Esthetic dentistry in clinical practice*, Edition first published Blackwell Publishing

Ghersel, E. L. de A., Rodrigues, C. R. M. D., Ghersel, H., (2007). Entendendo as cores – parte 1; *Revista Dental Press Estét. Maringá*, 4(2), pp. 41-46

Goldstein, G. R., Schmitt, G. W. (1993). Repeatability of a specially designed intraoral colorimeter. *Journal Prosthetic Dentistry.* 69, pp. 616-619.

Goodkind, R. J., Keenan, K., Schwabacher, W. B. (1987). Use of a fiberoptic colorimeter for an in vivo color measurement of 2830 anterior teeth. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 58, pp. 535-542.

Gupta, K., *et alii*. (2009). Recent advances in shade selection: A clinical guide. *International Journal of Medical & dental Sciences*. 32, pp.456-459.

Gürel, G. (2003). *The Science and Art of Porcelain Laminate Venners*. Berlim, Quintessence Publishing Co. Ltd.

Hugo, B., Witzel, T., Klaiber, B. (2005). Comparison of in vivo visual and computer-aided tooth shade determination. *Clin Oral Investig*. 9, pp. 244-250.

Ishikawa-Nagai, S., *et alii*. (2010). Spectrophotometric analysis of tooth color reproduction on anterior all-ceramic crowns. Part 1. Analysis and interpretation of tooth color. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 22, pp. 42–52.

Johnston, W. M., Kao, E. C. (1989). Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *Journal Dent Res*. 68, pp. 819-822.

Johnston, W. M. (2009). Color measurement in dentistry. *Journal of dentistry*. 37, pp. 2-6.

Joiner, A., Jones, N. M., Raven, S. J. (1995). Investigation of factors influencing stain formation utilizing an in situ model. *Advances in Dental Research*. 9, pp. 471-476.

Joiner, A. (2004). Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32, pp. 3-12.

Judd, D. B., Wyszecki, G. (1975). *Color in business, science and industry*. 3rd ed. New York: Wiley.

Junqueira, L. C. U. Carneiro, J. (2008). *Histologia básica- texto e atlas*; ed. 11, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan.

Khurana, R., *et alii.* (2007). A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available color measuring devices. *British Dental Journal*. 203, pp. 675-680.

Kielbassa, A. M., *et alii.* (2009). In vitro comparison of visual and computeraided pre- and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 101, pp. 92-100.

Kim-Pusateri, S., *et alii.* (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 101, pp. 93-99.

Kina, S. e Bruguera, A. (2008). *Invisible – Restauraciones Estéticas Cerâmicas*. São Paulo, Editora Artes Médicas, pp. 23-78

Knispel, G. (1991). *Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth*. *Quintessence Int*, Vol. 22, No. 7, pp. 525-531

Kuehni, R. G., Marcus, R. T. (1979). An experiment in visual scaling of small color differences. *Col Res Appl*. 4, pp. 83-91.

Lagouvardos, P. E., *et alii.* (2009). Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 101, pp. 40–45.

Lindsey, D. T., Wee, A. G. (2007). Perceptibility and acceptability of CIELAB color differences in computer-simulated teeth. *Journal of Dentistry*. 35, pp. 593-599.

Lombardi, R. E. (1974). A Method for the classification of errors in dental esthetic. *J. Prosthetic Dentistry*, 75(2). pp. 169-176.

Magne, P. e Belser, U. (2004). *Restauraciones de Porcelana Adherida en los Dientes Anteriores: Método Biomimético*. Barcelona, Editorial Quintessence.

Mayekar, S. M. (2001). Shades of a color: Ilusion Or Reality?. *Dental Clinics of North America*. 45(1), pp. 155-172.

Miller, L. (1987). Organizing color in dentistry. *Journal of American Dental Association*. pp. 26-40.

Miller, L. (1993). Shade matching. *Journal of Esthetic Dentistry*. 5, pp. 143-153.

Moon-Sang, C., Yu, B., Lee, Y. K. (2009). Opalescence of all-ceramic core and veneer materials dental materials. *Dental Materials*. 25(2), pp. 695-702.

Monsenego, G., Burdairon, G., & Clerjaud B. (1993). Fluorescence of dental porcelain. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 69(1), pp. 106-113.

Moscardó, A. P., Alemany, I. P. (2006). Odontología estética: Apreciación cromática en la clínica y el laboratorio. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 11, pp. 363-368.

Nagai, S. I., *et alii*. (2009). Clinical evaluation of perceptibility of color differences between natural teeth and all-ceramic crowns. *Journal of dentistry*. 37, pp. 57-63.

O'Brien, W. J., Groh, C. L., Boenke, K. M. (1990) A new, small-color difference equation for dental shades. *Journal of Dental Research*. 990(69), pp. 1762-1764.

O'Brien, W. J., Groh, C. L., Boenke, K. M. (1989). A one-dimensional color order system for dental shade guides. *Dent Mater*. 5(6), pp. 371-374.

O'Brien, W. J., *et alii.* (1997) Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dent Mater.* 13(3), pp. 179-85.

Odaira, C., Itoh, S., Ishibashi, K. (2011). Clinical evaluation of a dental color analysis system: The Crystal eye Spectrophotometer. *Journal of Prosthodontic Research.* pp.1-7.

Okubo, S. R., *et alii.* (1998). Evaluation of visual and instrument shade matching. *Journal of Prosthetic Dentistry.* 80, pp. 642-648.

Paravina, R. D. (2002). Evaluation of a newly developed visual shade-matching apparatus. *International Journal Prosthodontics.* Vol. 15(6), pp. 528-234.

Paravina, R. D., Powers, J. M. (2004). *Esthetic color training in dentistry.* St Louis: Elsevier Health Sciences.

Paravina, R. D., *et alii.* (2007). Optimization of Tooth Color and Shade Guide Design. *Journal of Prosthodontics.* 16(4), pp. 269-276.

Paravina, R. D. (2009). Color in dentistry: match me, match me not. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 21(2), pp. 133–139.

Paravina, R. D. (2009b). Performance assessment of dental shade guides. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 37, pp. 15-20.

Paul, S. J., *et alii.* (2002). Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Dent Res.* 81, pp. 578-592.

Paul, S. J., *et alii.* (2004). Conventional visual vs spectrophotometric shade taking for porcelain-fused-to-metal crowns: a clinical comparison. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry.* 24, pp. 222-231.

Preston, J. D. (1980). *Color science and dental art*. St. Louis, MO: Mosby.

Priest, G., Lindke, L. (2000). Tooth color selection and characterization accomplished with optical mapping. *Pract Periodont Aesthet Dent*. 12 (5), pp. 497-503.

Qualtrough, A. J. E., Burke, F. J. T. (1994). *A look at dental esthetics*. Quintessence International. 25, pp.7-14.

Ragain, J. C. Jr., Johnston, W. M. (2001). Minimum color differences for discriminating mismatch between composite and tooth color. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 13, pp. 41-48.

Rosenstiel. (2001) *Contemporary Fixed Prosthodontics*. Mosby, Inc. 3, pp. 592-608.

Rubino, M., *et alii*. (1994). Colour measurement of human teeth and evaluation of a colour guide. *Color Research and Application*. 19, pp. 19-22.

Ruyter, I. E., Nilner, K., Moller, B. (1987). Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dental Materials*. 3, pp. 246-51.

Seghi, R. R., Johnston, W. M., O'Brien, W. J. (1989). Performance assessment of colorimetric devices on dental porcelains. *Journal of Dent Research*. 68, pp. 1755-1759.

Shadescan [homepage on the internet] Disponível em <<http://www.cynovad.com/html/produits/ShadeScan/shadeScan.htm>> [Consultado em 06/05/2011].

Silverthorn, D. U., (2003). *Fisiologia Humana- Uma abordagem integrada*. 2ª Edição. EUA, Austin, Manole.

Spectroshade [homepage on the internet] Disponível em <<http://www.mht.ch/index.php?uri=micro.html>> [Consultado em 06/05/2011].

Sproull, R. C. (2001). Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of colour. *Journal Prosthetic Dentistry*. Vol. 86(5), pp. 453-457.

Sproull, R. C. (1973). Color matching in dentistry. Part II. Practical applications for the organisation of color. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 29, pp. 556-566.

Tung, F. F., *et alii*. (2002). The repeatability of an intraoral dental colorimeter. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 88, pp. 585-590.

Trussell, J. H., Eli, S., Vrhel, M. (2005). Color Image Processing. *Ieee Signal Processing Magazine*. Vol. 14, pp. 14-22.

Van der Burgt T. P., *et alii*. (1985). A new method for matching tooth color standards. *Journal of Dental Research*. 64, pp. 837-841.

Van der Burgt T. P., *et alii* (1990). A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 63, pp. 155-162.

Vanini, L. (1996). Light and color in anterior composite restorations. *Pract Periodontics Aesthetic Dent*. Vol. 8(7), pp. 673-682.

Vitapan 3D Master [homepage on the internet] Disponível em <[http://www.vident.com/interim\\_pages/vita3d.php](http://www.vident.com/interim_pages/vita3d.php)> [Consultado em 06/05/2011].

Wee, A. G., *et al*. (2006). Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dental Materials*. 22, pp. 553-559

Yamamoto, M. (1992). *The value conversion a new concept for expressing the shades of natural teeth*. Quintessence of Dental Technology. 19, pp. 9-13.

Yamamoto, M. (1998). *Development of the vintage halo computer color search system*. Quintessence of Dental Technology. 21, pp. 9-26.

Yuan, J. C. C., *et alii*. (2007). Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 98, pp. 110-119.

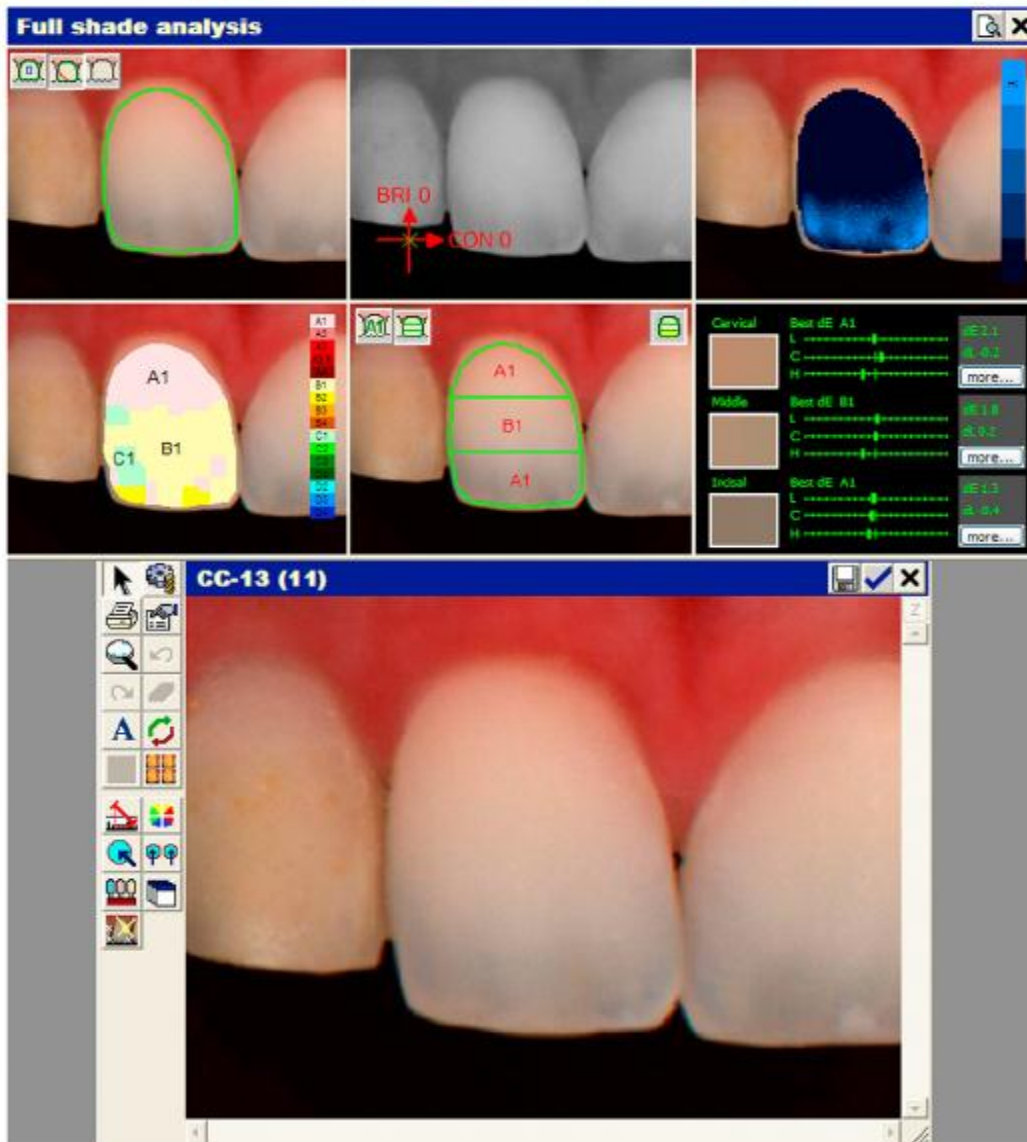
Anexos

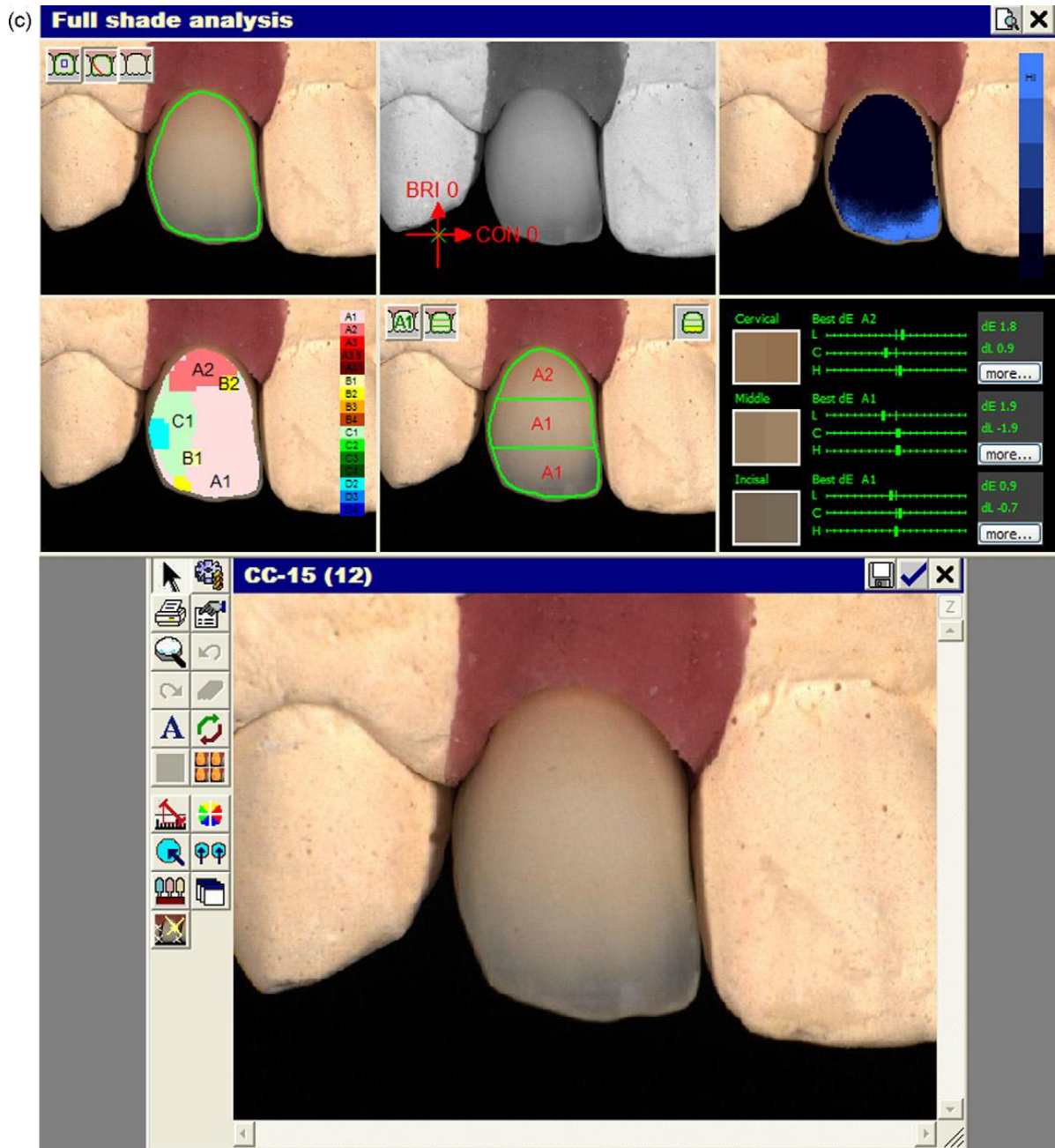
Aplicação clínica do espectrofotômetro *SpectroShade Micro* (adaptado de Chu et al, 2010).

(a)



(b)





(d)



(a) Incisivo lateral congenitamente ausente para ser substituído por um implante e restauração total metalo-cerâmica.

(b) O sistema *SpectroShade Micro* cria um mapa de cores que pode ser convertido para vários guias de cor, sendo neste caso utilizado a escala de cor Vita clássica. Este espectrofotómetro pode dar uma cor geral do dente, ou então, divide o dente em três áreas distintas, cervical, médio e incisal, e fornece informações detalhadas de cor em cada uma dessas áreas e fornecerá uma análise matemática que resulta num valor  $*\Delta E$ .

(c) Pode ser realizada uma verificação virtual de cor, previamente a vinda do paciente, de maneira a poupar tempo de consulta.

(d) Restauração final do dente com um implante e uma coroa com um excelente resultado estético e funcional.