



Fundamentos

da cor

Universidade Federal de Santa Catarina
Departamento de Expressão Gráfica
Curso de Design

Fundamentos da cor

Prof. Berenice Santos Gonçalves, Dra.

Texto elaborado no âmbito da pesquisa "Cor aplicada ao Design Gráfico: um modelo de Núcleo virtual de aprendizagem baseado na Resolução."

Florianópolis, 2005



Sumário

1 Introdução | 4

2 A percepção da cor | 6

2.1 O estímulo físico | 6

2.2 O processo fisiológico: o olho | 6

2.2.1 as teorias fisiológicas da visão cromática | 7

2.3 O processo cerebral | 8

2.3.1 A cor e os dois hemisférios cerebrais | 9

3 Descrição e representação da cor | 12

3.1 Sistemas baseados em misturas de cores: luzes e pigmentos | 13

3.1.1 Síntese Aditiva | 13

3.1.2 Síntese Substrativa | 13

3.2 Sistemas baseados na percepção da cor | 14

3.2.1 O sistema de Cores Munsell | 15

3.2.2 Sistema de Cores Naturais | 16

3.3 Sistemas baseados na identidade entre cores | 16

3.3.1 Sistema CIE | 17

3.4 Gerenciamento de cores | 17

4 Aparência da Cor | 21

4.1 Conceitos de iluminação que devem ser considerados na visualização das cores | 22

4.1.1 Temperatura da cor | 22

4.1.2 Índice de reprodução de cor - IRC (Color Rendering Index - CRI) | 23

4.2 Fatores que influenciam a interpretação das cores: os fenômenos cromáticos | 23

5 Cor e cognição | 26

5.1 O legado histórico | 26

5.2 Cor e imagem | 27

5.2.1 As contribuições da linguística cognitiva | 28

5.3 Cor e forma | 29

5.3.1 Sistemas de contrastes e harmonias | 30

5.3.1.1 Contrastes | 30

5.3.1.2 Harmonização cromática | 31

6 Considerações Finais | 35

Lista de figuras | 36



Introdução

1 Introdução

No âmbito do projeto gráfico, a cor é um importante elemento para a comunicação e difusão de conceitos e idéias. Pode conduzir o olhar do observador, destacar espaços, integrar ou fragmentar áreas, auxiliar no processo de memorização e no desempenho de tarefas. Muitas vezes a abordagem da cor em várias ciências e expressões, além da sua forte presença na vida cotidiana, torna este tema propício às mais diferentes manifestações.

O processo de percepção e cognição das cores é algo complexo. De um modo simplificado, caracteriza-se o fenômeno cromático como sendo resultante da interação entre uma fonte de luz, um objeto e um observador (Berns, 2000). Observa-se que muitos aspectos da fonte luminosa (propriedades espectrais e a quantidade de luz, por exemplo), do objeto (tamanho e textura) e do observador (por exemplo: sensibilidade espectral, propriedades das lentes, pigmento macular, adaptação luminosa e cromática), e de suas inter-relações, transformam o estudo da cor num tema complexo.

Abordagens como a de Pedrosa (1989), que busca definir cor como uma "sensação produzida por certas organizações nervosas sob ação da luz - mais precisamente como a sensação provocada pela ação da luz sobre o órgão da visão, condicionada à existência de dois elementos: a **luz** e o **olho** (Pedrosa, 1989, p. 17) nos parece insuficiente. Mesmo a conceituação esboçada por Guimarães (2000) que relaciona cor a luz, ao objeto, ao órgão da visão e ao cérebro¹ se mostra limitada diante do campo complexo que nos apresenta Varela (2003). Para o autor, o estudo das cores oferece um microcosmo das ciências cognitivas, pois disciplinas como neurociências, psicologia, inteligência artificial, linguística e filosofia trouxeram importantes contribuições para nossa compreensão das cores (Varela, 2003, p.162). Segundo o autor, a cor sempre é percebida dentro um contexto visual mais abrangente em que todas as sub-redes trabalham cooperativamente, nunca vemos a cor como um item isolado.

As conceituações objetivistas assumem que reflexos de superfície devem ser encontrados em algum mundo pré-determinado, independente de nossas capacidades perceptivas e cognitivas. Contrariamente à visão objetivista, as categorias de cores são experienciais;

pertencem ao nosso mundo biológico e cultural compartilhado (Varela, 2003, p.176).

As cores têm uma significação perceptiva e cognitiva imediata na experiência humana. Varela (2003) destaca três eixos fundamentais para discussão acerca do fenômeno cromático: um está relacionado a como as cores aparecem, ou seja, a estrutura da aparência das cores, um segundo eixo discutiria as cores como atributos percebidos das coisas do mundo e por fim as cores seriam discutidas como "categoria experiencial". Varela alerta que esses estágios não são encontrados separadamente na experiência: ela é moldada simultaneamente pelos três. Em geral, as teorias sobre as cores tendem a ter como ponto de partida um ou outro desses três aspectos.

No decorrer deste texto pretendeu-se destacar os fundamentos da cor aplicada ao design gráfico. Portanto, inicia-se o texto discorrendo sobre os processos primários da percepção da cor aspectos físicos e fisiológicos. Em seguida, os modelos e sistemas de representação cromática (que são a base de muitos sistemas técnicos de reprodução de cor importantes para a área de Design) são explicitados. A relativização da aplicação e cognição da cor quanto aos aspectos contextuais, culturais, linguísticos e históricos da cor também são tangenciados.

Em suma, o presente texto tem como principal objetivo ampliar a compreensão acerca do fenômeno cromático, sem pretender esgotá-lo, mas buscando enfatizar, a partir do escopo teórico, fundamentos para a aplicação da cor no design gráfico.

1. Ao propor uma conceituação sobre cor, Guimarães sintetiza: cor é uma informação visual, causada por um estímulo físico, percebida pelos olhos e decodificada pelo cérebro (Guimarães, 2000, p.12). Pastoreau (1997, p. 6) também busca uma abordagem mais abrangente ao explicitar "cor não é nem uma substância, nem uma fração da luz. É uma sensação, a sensação de um elemento colorido por uma luz que o ilumina, recebida pelo olho e comunicada ao cérebro".



A percepção da cor

2 A percepção da cor

2.1 O estímulo físico

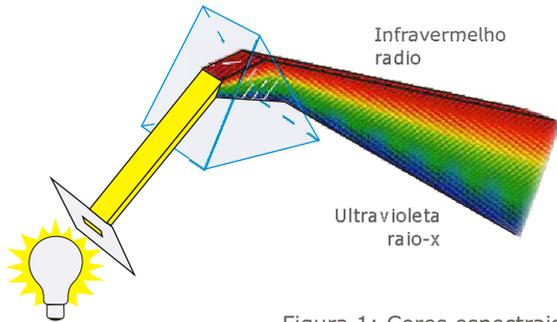


Figura 1: Cores espectrais

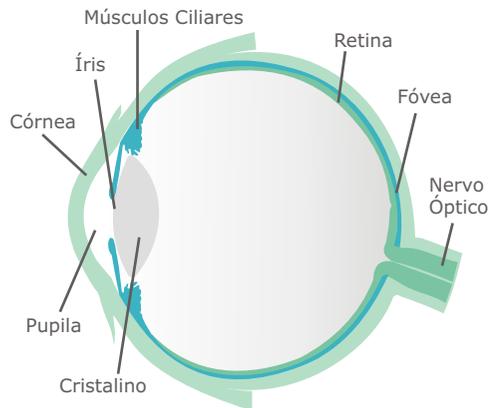


Figura 2: O processo fisiológico: o olho

Fisicamente, quando a luz atinge um corpo, podem ocorrer um ou mais fenômenos que interferirão no processo de percepção da cor. Segundo Pietrocola (1997), estes fenômenos são:

***Dispersão:** ocorre quando a luz passa através de um prisma ou objeto similar. O aparecimento das cores segue sempre a mesma ordem: do mais longo comprimento de onda e baixa frequência vermelho até os estímulos de curto comprimento de onda e alta frequência violeta;

***Difração:** ocorre quando a luz fragmenta-se a partir de um desvio, por ex. quando passa através de uma fenda ou contra um objeto facetado;

***Transmissão:** ocorre quando a luz atravessa o material praticamente sem alteração. Este processo ocorre em materiais transparentes;

***Interferência:** esse fenômeno pode ocorrer quando a luz passa entre películas muito finas, como óleo ou água, em situações que não permitem a completa penetração das ondas de luz. Muito do colorido existente na natureza provém dos mecanismos de absorção e reflexão seletiva das ondas luminosas pela superfície dos corpos. Efeitos cromáticos nas asas de borboletas, asas de patos e pavões ou o atrito entre finas lâminas transparentes são casos em que a coloração ocorre por interferência;

***Absorção e reflexão:** ocorre quando uma determinada quantidade de luz, ao incidir sobre um objeto, é absorvida ou refletida. Alguns comprimentos de onda são absorvidos pelas moléculas de cada superfície, enquanto outros são completa ou parcialmente refletidos pelo objeto, permitindo, assim, a sensação de cor.

São, principalmente, os fenômenos de absorção e/ou reflexão da luz que permitem ao ser humano a sensação cromática (Rautemberg, 1998). Assim, um corpo pode assumir três estados possíveis em relação a cor: quando absorvem toda a luz são negros, quando refletem toda a luz

são brancos e quando absorvem parcialmente a luz, coloridos.

O sistema visual humano está apto a receber estímulos luminosos na faixa entre 400 a 800 nanômetros, entre as faixas do violeta e vermelho². Portanto, é importante definir que luz visível ou radiação visível é energia em forma de ondas eletromagnéticas capazes de excitar o sistema humano olho-cérebro, produzindo diretamente uma sensação visual” (Pereira, s/d). Ao contrário do som ou vibração, que são mecânicas, as ondas eletromagnéticas não necessitam do meio para sua transmissão. Elas se propagam através de sólidos, líquidos ou gases, mas se propagam mais eficientemente no vácuo, onde não há nada para absorver a energia radiante.

Numa extremidade do espectro, como exemplifica a figura 1, de grande comprimento de onda (milhares de metros, de baixa frequência) encontram-se as ondas de rádio, enquanto que na outra ponta estão os “raios gama” e “raio x” com baixo comprimento de onda e alta frequência. Apenas uma pequena parte desta energia radiante é percebida pelo olho humano, chamada luz.

2.2 O processo fisiológico: o olho

O estímulo luminoso penetra os olhos até chegar na retina, onde os receptores absorvem uma porção de luz incidente, gerando sinais que eventualmente serão interpretados pelo cérebro. Em muitos aspectos a formação da imagem é similar ao processo da câmera fotográfica. Segundo Berns (2000), a qualidade da imagem retinal depende do nível de absorção e das propriedades focais da córnea, das lentes, dos fluídos do globo ocular (humor aquoso e humor vítreo). Esses elementos ópticos, mostrados na figura 2, influenciam as propriedades espectrais e espaciais dos receptores de luz.

A **esclerótica** é a camada externa que dá forma arredondada ao olho. É uma membrana branca, opaca e fibrosa. Na sua parte anterior ou frontal mostra-se transparente e mais convexa e recebe o nome de **córnea**: em sua parte posterior reveste o **nervo óptico** (nervo que leva os impulsos até o

2. A física newtoniana especifica da seguinte forma as cores espectrais: violeta 380 a 436 mμ; anil 436 a 480 mμ; azul 480 a 495 mμ; verde de 495 a 566 mμ; amarelo de 566 a 589 mμ; laranja de 589 a 627 mμ e vermelho de 627 a 760 mμ.

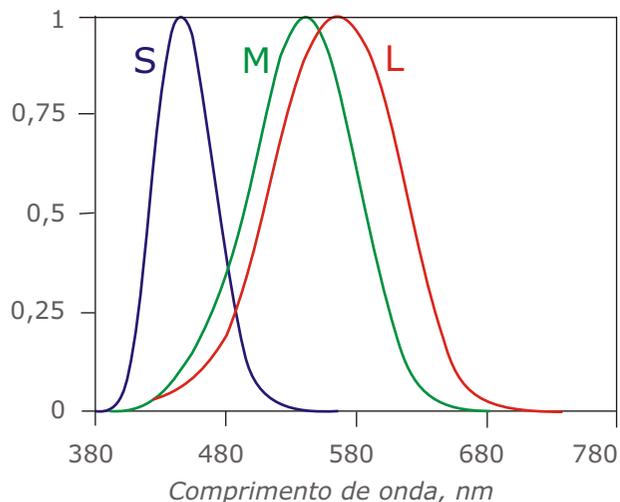


Figura 3: Curvas de sensibilidade

3. As origens precisas desta teoria não são conhecidas, mas dentre os fundadores da teoria tricromática estão incluídos três importantes investigadores do séc XIX: Thomas Young (1802), físico inglês, Hermann von Helmholtz (1866), e James Clerk Maxwell, físico escocês que realizou investigações acerca das radiações eletromagnéticas. Esta teoria também é muito conhecida como a teoria de Young-Helmholtz.

4. A tricromia certamente não é única dos humanos; de fato parece que todas as classes de animais contém alguma espécie com visão tricromática. Alguns animais são dicromatas como esquilos, coelhos, alguns peixes, possivelmente os gatos e alguns macacos das Américas (Varela et.al., 2003).

cérebro).

Após ultrapassar a córnea, a luz atravessa a coróide por um orifício denominado **pupila**. Um anel muscular, a **íris** (a parte colorida dos olhos), envolve a pupila e como num diafragma regula a entrada de luz. Atrás da pupila encontra-se o **crystalino**, uma lente biconvexa que converge os raios luminosos para a camada interior, a retina. O cristalino é rodeado por músculos ciliares que aumentam a refração, alterando a convexidade do cristalino para focalizar as imagens.

Para o processo de visualização das cores, a membrana fotossensível que reveste a parede interna do globo ocular, a **retina**, tem grande importância. Compõe-se de várias camadas, entre elas, a inferior ou nervosa, formada por ramificações do nervo óptico. A camada nervosa é responsável pela visão: compõe-se de cerca de 130 milhões de células, das quais cerca de 100 milhões são os **bastonetes**, sensíveis à luz e a suas mudanças, e cerca de 30 milhões, os **cones**, sensíveis às cores. Enquanto os bastonetes predominam na periferia da retina, os cones predominam no centro da retina, na região da fóvea (ou mácula). No centro da fóvea retiniana está o ponto cego de onde sai o nervo óptico e onde não há cones nem bastonetes. A visão foveal também é usada na distinção de detalhes. Outros meios de refração, o humor aquoso e humor vítreo, preenchem, respectivamente, a área entre a córnea e o cristalino e a cavidade central, atrás do cristalino. O primeiro é líquido e o segundo gelatinoso; ambos são transparentes.

Dentre as duas classes de receptores da retina humana, os cones são os que têm maior sensibilidade para a luz incidente, ou seja, são os nossos receptores de cor e iniciam o envio dos sinais neurais (Berns, 2000).

2.2.1 Asteorias fisiológicas da visão cromática

Segundo Foley (1996), até princípios da década de setenta, ocorria uma disputa na comunidade científica acerca de duas grandes teorias que buscavam explicar a visão cromática: a "teoria tricromática da percepção" e a "teoria dos processos oponentes". Ao longo do debate foi verificado que tais teorias dirigem-se a fases diferentes do processamento visual. A teoria tricromática, processo primário, opera a nível do receptor e se aplica aos cones, enquanto a teoria dos processos oponentes opera em níveis posteriores.

Assim, a teoria tricromática da percepção³ assume que os receptores de cor (cones) são sensíveis a uma parte diferente do espectro. Alguns tipos de cones são sensíveis ao comprimento de onda correspondente ao vermelho, outros ao azul e outros ao verde, como está explicitado na figura 3⁴.

Na figura ao lado, as letras **L**, **M** e **C** são usadas para representar os três tipos de cones com seus picos de sensibilidade para comprimentos de ondas longos, médios e curtos.

Existem mais cones **L** e **M** do que **C**.

O debate atual apresenta uma proporção de 6:3:1 para **L**: **M**: **C**. Devido a essas limitações óticas, baixos comprimentos de luz são percebidos de forma "borrada".

Cada conjunto de cones não tem uma conexão individual com o cérebro. Portanto, formam-se campos de recepção, em que os sinais de cones podem ser enviados juntos ou ser subtraídos por outros. Assim, assume-se que existem três tipos de campos de recepção de cor, chamados de canais oponentes, a saber: o canal **preto-branco** canal de luminância (ou canal acromático), que apresenta alta resolução espacial; o campo **vermelho-verde** cuja resolução espacial é mais baixa que a do canal de luminância; e o canal **amarelo-azul**, com baixa resolução espacial (Berns, 2000).

O fisiólogo Edwald Hering, já no século XIX, dizia que a teoria tricromática não poderia explicar como as luzes vermelho e verde combinam-se para produzir a luz amarela, e que pessoas com visão deficiente confundem vermelho e verde ou amarelo e azul, exclusivamente. Esta teoria mostra que os processos oponentes funcionam num nível superior ao dos receptores. O verde e o vermelho trabalham em oposição; outras classes de células opõem azul e amarelo e outras classes, ainda, manejam o canal preto e branco. Assim, a informação dos três tipos de cones passa para as seis classes de células ganglionares, ativadas respectivamente por comprimentos de onda curta, média e longa. Os sinais oponentes são enviados da retina ao nervo óptico chegando até o cérebro. Os sinais cerebrais são interpretados por processos cognitivos resultando na cor.

A teoria dos processos oponentes, atualizada por Leo Hurich e Dorothea Jameson em 1957, explica, em parte, a estrutura

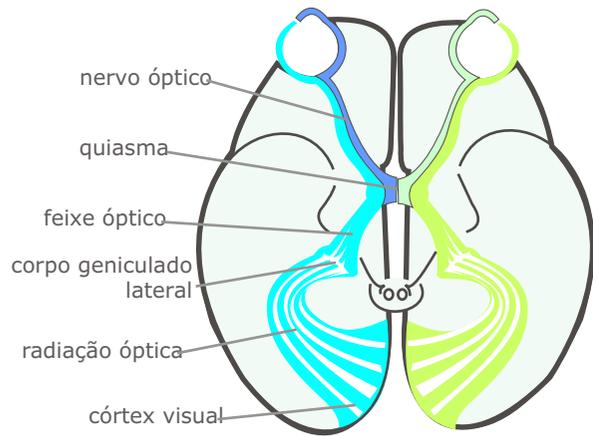


Figura 4: Percurso do olho ao cérebro

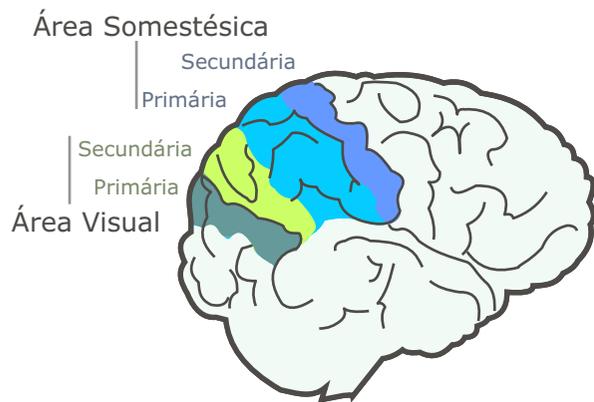


Figura 5: Trasmissoão dos sinais visuais no cérebro

6. Como a imagem projetada na retina é invertida, a imagem da área superior do campo visual é transmitida para a área inferior do córtex visual primário e vice-versa. A área inferior do córtex visual primário está muito mais próxima da área para cor e detalhes, esta disposição funcional indica que a área superior de um campo visual é mais propícia ao uso da cor, que requer percepção e respostas imediatas (Guimarães, 2000).

da aparência das cores mostrando como ela resulta das respostas diferenciais dos canais acromáticos e cromáticos. Desta forma, a organização dos matizes em pares mutuamente exclusivos ou antagônicos reflete uma organização oponente subjacente. Ou seja, nunca experienciamos uma cor que seja a combinação de vermelho e verde, ou amarelo e azul, pois os canais cromáticos não podem sinalizar simultaneamente "vermelho" e "verde" ou "amarelo" e "azul". A teoria dos processos oponentes também explica porque alguns matizes são únicos e outros são binários. Matizes únicos resultam de um sinal de um canal cromático, enquanto que o outro canal seria neutro ou balanceado. Por exemplo: o verde único resulta quando o canal vermelho-verde sinaliza "verde" e o canal amarelo-azul está desativado. Já, os matizes binários resultam da interação dos dois canais, um com o outro. Assim, o laranja resulta do canal vermelho-verde que sinaliza o "vermelho" e do canal amarelo-azul que sinaliza o "amarelo" (Varela et.al., 2003, p.165).

Alguns indivíduos apresentam incapacidade para discriminar cores pois sofrem de um distúrbio chamado acromatopsia. No mundo, a incidência de acromatopsia é de menos de um caso em 30 mil pessoas.

O neurologista americano Oliver Sacks (1997) descreve a acromatopsia em povos da Micronésia, especificamente da ilha de Pingelap. Sacks narra que após a morte de 90% dos habitantes da ilha, em consequência de um tufão por volta de 1775, e com o processo de reprodução praticamente endogâmica começaram a surgir características genéticas raras, entre elas, a "doença dos olhos de Pingelap". As primeiras crianças com a doença nasceram na década de 1820, e em poucas gerações, o número de pessoas afetadas havia aumentado mais de 5%. Atualmente, mais de duzentos anos depois do tufão, um terço da população é portadora do gene do "maskun" e, dos setecentos ilhéus, cerca de 57 têm acromatopsia, numa proporção de 1 caso para cada 12 habitantes. O autor narra: "os bebês com a doença dos olhos pareciam normais ao nascer, mas aos dois ou três meses de vida começavam a semicerrar os olhos ou piscar, a apertar os olhos ou virar a cabeça para longe da luz forte; e quando começavam a andar, ficava evidente que não conseguiam enxergar detalhes ou pequenos objetos à distância. Por volta dos 5 anos notava-se que não eram capazes de perceber ou distinguir cores" (Sacks, 1997).

2.3 O processo cerebral

Após passar pela retina, a informação visual segue pelos nervos óticos que se cruzam no centro do crânio, no "quiasma" (figura 4). Ali os feixes originados na metade esquerda da retina de cada olho se juntam formando o feixe óptico que segue em direção ao hemisfério esquerdo do cérebro, onde fazem sinapse no "corpo geniculado lateral" (no tálamo) e formam a radiação óptica que conduz as informações para o "córtex visual primário" do hemisfério direito. Como as imagens são projetadas invertidas na retina, cada metade do campo visual será projetada no centro visual oposto: o hemisfério visual direito no centro visual esquerdo e o hemisfério visual esquerdo no centro visual direito (Guimarães, 2000).

Há uma correspondência entre as áreas da retina e as áreas do córtex visual primário. Para cada área do campo visual direito corresponderá uma área do córtex visual esquerdo e vice-versa. Quanto mais central for a imagem, mais próximos do pólo do córtex visual primário serão os sinais enviados. A área polar, denominada mácula, recebe os sinais provenientes da fóvea retiniana. Como se trata de uma área onde a acuidade visual é maior, a mácula é proporcionalmente maior que as áreas que recebem os sinais periféricos da retina⁶.

Os sinais recebidos pela área visual primária são enviados para as áreas visuais secundárias (figura 5), para a parte superior do lobo occipital e daí para a fronteira com a área secundária das sensações somestésicas, de onde surgem as interpretações das formas, posições, profundidade e movimento. São também enviados para regiões inferiores do lobo occipital onde o detalhamento das imagens (textura, superfície) e cores são tornados conscientes, além da identificação de letras e a consciência do objeto.

A área visual primária ou córtex primário (também é conhecido como área visual 1 ou V1) localiza-se na área da fissura calcarina e no pólo do lobo occipital. As áreas visuais secundárias também são conhecidas como áreas de associação visual. A área por onde passam todas os sinais do córtex primário é conhecida como área visual II ou V2. As outras áreas que recebem os sinais que partem da V1 e passam pela V2 são conhecidas por V3, V4 e assim por diante.

Até o final do século XIX, para os neurologistas, a cor era

parte integral da imagem com correspondência ponto a ponto da imagem na área visual primária do cérebro. Edwin Land (apud Guimarães, 2000), realizando experiências com filtros em 1957, comprovou que:

[...] se uma superfície fazia parte de uma cena complexa e multicolorida, não havia relação simples entre o comprimento de onda e a cor percebida. Ou seja, a síntese da percepção das cores é global e não ponto a ponto. Quando a zona de cor é vista como parte de uma cena completa, a luz que reflete localmente não é suficiente para predeterminar a cor percebida.

Para Guyton (1993), a cor é detectada, inicialmente, por meio de contrastes. Atuam nessa análise, um processamento seriado das células simples às mais complexas, no qual vão sendo processados progressivamente os detalhes paralelamente a diversas informações da imagem em várias localizações. É a combinação de ambos os tipos destas análises que proporcionam a interpretação completa de uma cena visual.

Ainda, para Sacks:

A visão colorida, na vida real, é parte integrante de nossa experiência total, está ligada a nossas categorizações e valores, torna-se para cada um de nós uma parte de nossa vida e nosso mundo, uma parte de nós. A V4 pode ser um gerador definitivo de cor, mas que envia sinais e se comunica com uma centena de outros sistemas da mente/cérebro; e talvez também possa ser regulado por eles. É em níveis mais elevados que a integração acontece, que a cor se funde com a memória, com expectativas, associações e desejos de criar um mundo com repercussão e sentido para cada um de nós [...] mas o V4 não é um ponto terminal, apenas uma estação intermediária, projetando a seu tempo para níveis cada vez mais elevados atingindo, finalmente o hipocampo, tão essencial para o armazenamento das memórias, os centros emocionais da amígdala e do sistema límbico e muitas outras partes do córtex (Sacks, 1995).

A cor não é percebida de forma independente de outros atributos da imagem, mas sempre dentro de um contexto mais abarcador, segundo Varela (1992). Todas as sub-redes operam de forma cooperativa. As cores estão intimamente relacionadas a outros atributos do mundo percebido.

2.3.1 A cor e os dois hemisférios cerebrais

Segundo Guimarães (2000), cada hemisfério do cérebro tem uma relativa autonomia e características diferentes de processamento das informações, apesar da existência de uma comunicação intensa entre eles. O hemisfério dominante é o esquerdo, o principal centro de linguagem e cálculo, enquanto o hemisfério direito é o responsável pelas habilidades espaciais, linguagem simples, compreensão e ideação não verbal. Portanto, sendo a cor uma informação não verbal, cabe ao hemisfério direito a sua operação principal.

Assim, podemos receber a informação cromática de duas formas: quando evocamos verbalmente uma cor - como na frase "você está vermelho" ou quando utilizamos algum suporte para sua materialidade - por exemplo, acenar um lenço branco. Na primeira forma, utilizamos uma designação verbal, decodificada gramaticalmente pelo hemisfério dominante esquerdo, que lê a palavra "vermelho" como uma determinada cor, cujo espaço determina que não é verde, não é azul, e etc. Esta informação segue para o hemisfério direito que armazena as informações semânticas concretas sobre o mundo exterior. Dessa forma o vermelho começa a ser completado com informações como "cor do sangue", "cor do fogo", "cor da pimenta".

Acenar o lenço branco, por sua vez, implica uma recepção imediata pelo hemisfério direito, que já busca o repertório da imagem, relacionando com "pedido de paz", ou "adeus", ou outro significado armazenado de uso convencional entre o emissor e o receptor da informação visual. A informação segue igualmente para o outro hemisfério, o esquerdo, onde a sua gramática será aplicada e o "espaço" da cor no lenço será delimitado, e a cor denominada.

Considerando que os hemisférios visuais são projetados nos centros visuais opostos, e que o hemisfério esquerdo é o responsável pelo reconhecimento verbal da imagem e o direito pelo reconhecimento visual, na figura 6, com o pictograma vermelho a esquerda e a frase à direita, a informação terá mais eficiência do que na disposição contrária.

Se considerarmos que a cor traz em si uma carga informativa grande, convencional, biológica e cultural, e que recebemos um grande número de informações inscritas em áreas egral

Hemicampo esquerdo	Hemicampo direito
Centro visual direito	Centro visual esquerdo
Reconhecimento visual	Reconhecimento verbal



Figura 6: Uso da assimetria do cérebro na imagem

retangulares páginas de jornais, *outdoors*, placas, telas de cinema, monitores etc. em correspondência ao campo visual o uso consciente da assimetria do cérebro é de grande contribuição para a produção de imagens. Contudo, ressalta-se que é a conexão entre os dois hemisférios que permite a construção do conceito integral da cor, reunindo os dados da experiência exterior do hemisfério direito ao espaço da cor que é dado pelo hemisfério esquerdo.



Descrição e representação da cor

3 Descrição e representação da cor

A descrição de uma cor, em um cenário único de condições de iluminação e visualização, pode ser realizada a partir de apenas três parâmetros praticamente universais: matiz, valor e croma. Tais parâmetros (*hue, value, chroma*) foram concebidos por Munsell (2001). Percebendo essas relações individuais é possível reconhecer as relações entre as cores:

***Hue [matiz ou tom]:** é a qualidade que distingue uma família de cor da outra, tal como o vermelho, azul e amarelo;

***Value [valor]:** é aquela qualidade que distingue uma cor luminosa de outra escura. A luminosidade da cor depende da porcentagem de luz que é refletida. Diferentes cores podem ter o mesmo valor quando refletem a mesma quantidade de luz. A escala de cinzas de Munsell é dividida em dez etapas de valor. Essas cores neutras não tem *hue*;

***Chroma [saturação]:** é a força ou a intensidade da cor. Cores intensas tem alto croma. Cores cinzentas ou neutras tem baixo croma.

Guimarães (2000) sintetiza os atributos (parâmetros) da cor da seguinte forma: o **matiz** determina a exata posição da cor no espectro eletromagnético, o **valor** determina as atenuações ascendentes - clareamento - ou descendentes (escurecimento) da cor e o **croma** determina a proximidade da cor espectral com sua correspondente em uma escala de cinza (figura 7).

Guimarães (2000) também realizou uma comparação mostrando as diferentes interpretações que os parâmetros da cor sofrem, segundo a abordagem de diferentes autores (quadro 1). Essa diversidade de termos presente na literatura da área, gera confusões quanto à identificação e manipulação dos atributos da cor.

Quadro 1: Comparação entre as diferentes Denominações dos parâmetros da cor

Munsell	Aumont	Varela
Matiz	matiz	croma
Valor	luminosidade	brilho
Croma	saturação	saturação

Softwares gráficos empregam o modelo HLS (*hue, lightness e saturation*) para tom, brilho e saturação, respectivamente. Assim, o "tom" (matiz) define a cor espectral, o "brilho" define a atenuação ascendente (que acrescenta branco ou luz) ou descendente (que escurece a cor até o preto ou subtrai luminosidade) e "saturação" referindo-se a pureza da cor. As dimensões básicas da cor, segundo o modelo do cubo de cor⁷, também são matiz (*hue*), valor (*value*) e saturação ou croma (*saturation/chromaticity*):

***Hue:** matiz ou tom é a dimensão da cor que especifica a posição da mesma no espectro visível. Humanos interpretam diferentes combinações de vermelho, verde e azul para verem os matizes.

***Value:** valor da cor refere-se à luminosidade ou escurecimento. O branco é a mais luminosa das cores e tem alto valor. O preto tem baixo valor porque é a mais escura das cores. Quanto mais preto for adicionado a uma cor mais baixo será seu valor.

***Saturation:** saturação ou cromaticidade são usados freqüentemente para descrever o quão brilhante ou vibrante a cor é. Cores como o amarelo canário são altamente saturadas e possuem alta cromaticidade. Sombras de cinza não tem croma e são chamadas de acromáticas.

Com base nas diversas abordagens, assume-se neste trabalho que os termos matiz, valor de luminosidade e saturação seriam os mais adequados. Assim, **matiz** é usado para identificação das cores espectrais; **valor de luminosidade**, para as atenuações ascendentes (clareamento) ou descendentes (escurecimento) da cor; e **saturação**, para a variação da expressão máxima da cor até o seu correspondente em tom de cinza. Descrever cor por seu matiz, luminosidade e croma é apenas

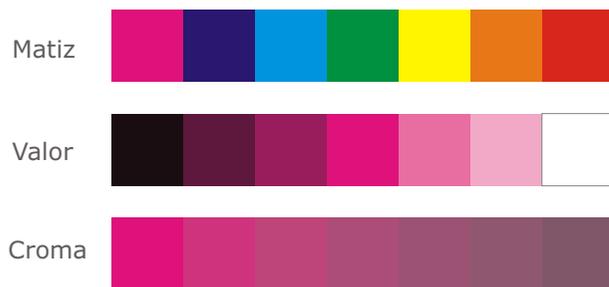


Figura 7: Parâmetros da cor

7. Computadores e outros dispositivos digitais especificam cor baseando-se no modelo conhecido como COLORCUB.

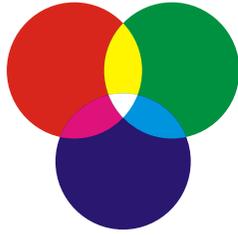


Figura 8: Síntese aditiva/cor luz

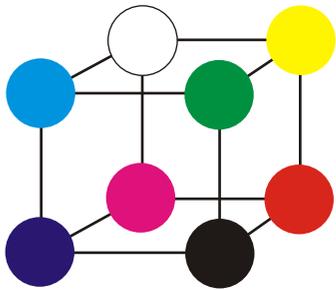


Figura 9: Cubo de cor

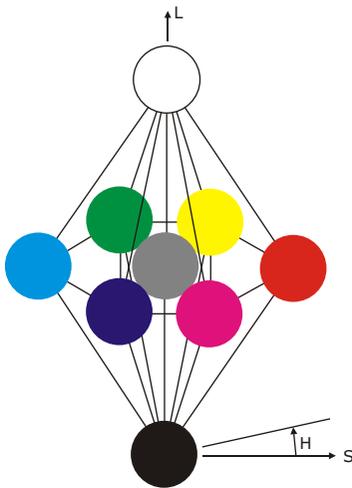


Figura 10: HLS

uma das formas para classificá-la dentro do imenso universo das cores. Diferentes formas de ordenação, classificação e registro das diversas relações entre as cores são possíveis:

Um sistema de ordenamento de cor tem por intenção geral incluir todas as cores, ao menos de forma teórica em um modelo topológico, prevendo uma posição específica para cada uma delas e propondo alguma lógica que determine a organização total. Esses modelos têm adotado, segundo diversos autores, as mais variadas formas: escalas lineares, círculos cromáticos, triângulos de cor, sólidos de cor (Caivano apud Guimarães, 2000, p.57).

Conforme será explorado a seguir, existem vários sistemas de cores, cada qual com sua amostragem singular de espaço das cores. Segundo o Sexto Congresso da Associação Internacional da Cor "não existe um sistema em especial que seja o melhor para todas as aplicações". Dependendo da aplicação, um sistema poderá ser mais vantajoso que os outros.

3.1 Sistemas baseados em misturas de cores: luzes e pigmentos

Os sistemas de representação da cor baseados em mistura apresentam diferentes níveis de relações entre primárias e secundárias - *intermixtures*. Televisores, câmeras, scanners e monitores de computadores são baseados no sistema aditivo de cor, onde as luzes vermelho (R), verde (G) e azul (B) quando projetadas simultaneamente formam o branco. Impressão offset, impressão digital, pinturas, tintas plásticas baseiam-se em sistema de cores subtrativas (CMY/ CMYK) na qual ciano, magenta e amarelo, misturados, formam o preto (K). Portanto, a definição de cores primárias e secundárias é dependente do método de coloração.

3.1.1 Síntese aditiva

Na mescla aditiva têm-se as "luzes primárias": vermelho, verde e azul-violeta, que, juntas, recriam a luz branca. As cores compostas (ou secundárias) são: amarelo, ciano e magenta, que derivam da síntese das cores primárias. Assim, para se obter a luz branca não são necessárias todas as luzes

que compõem o espectro solar. Bastam três projetores, cujos feixes luminosos, nas cores vermelho, verde e azul-violeta, se sobreponham parcialmente como está simulado na figura 8.

Duas luzes são chamadas complementares quando sua sobreposição recria a luz branca, ou seja, uma luz acromática - não-colorida - de "igual energia", na qual não predomina nenhum comprimento de onda.

A mistura de cor-luz pode ser facilmente exemplificada com o CRT *display*. As várias combinações de proporções entre as primárias e secundárias produzem a gama de cores (*color gamut*) daquele sistema. Quando as três primárias estão no máximo (R 255, G 255, B 255) temos o branco. Quando as três primárias encontram-se desativadas (R zero, G zero, B zero) temos o preto. Isto também pode ser exemplificado a partir da observação do cubo RGB (Berns, 2000). Em *software* de computação gráfica, partes do cubo são mostradas para o usuário realizar a seleção de cor (figura 9).

No Cubo de cor, os sistemas RGB e CMY são integrados no mesmo modelo. A troca entre os sistemas é uma simples rotação do modelo. RGB e CMY são vértices, que quando situados em um mesmo referencial do espaço de cor formam outra dimensão do cubo.

Quando rotaciona-se o cubo posicionando, o preto e o branco na parte superior ou inferior resulta num duplo hexágono, como mostra a figura 10. Essas coordenadas são descritas comumente como *hue*, *lightness* e *saturation* (HLS). As modalidades HSB (*hue*, *saturation*, *brightness*) e HSV (*matiz*, *saturation*, *value*) são similares. O sistema de Oswald e o sistema HLS da computação gráfica são sistemas equivalentes (Berns, 2000).

3.1.2 Síntese subtrativa

No processo de mescla ou síntese subtrativa, trabalha-se com pigmentos. Assim, cor-pigmento é a substância material que, conforme sua natureza, absorve, refrata ou reflete os raios luminosos (Pedrosa, 1982).

Comumente, chama-se de pigmento as substâncias corantes que fazem parte do grupo das cores químicas. Para Pedrosa (1982), as cores pigmento podem ser divididas em:

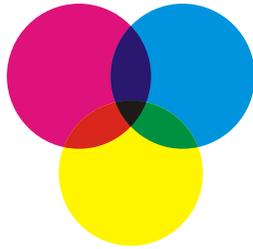


Figura 11: Síntese subtrativa cor-pigmento transparente



Figura 12: Escala Pantone

8. Em 1936 a Agfa e a Kodak padronizaram os nomes destas cores criando a cor magenta para denominar o púrpura primário e o Cyan para denominar o azul-esverdeado. Nos anos 50, a Deutsches Institut for Normung (DIN) definiu as cores magenta, amarelo e cyan como as cores básicas de impressão (Guimarães, 2000).

9. Em 1963 Lawrence Herbert salvou da falência a gráfica Pantone, de New Jersey (EUA), ao desenvolver o catálogo de tintas Pantone Matching System. A inovação de Herbert foi produzir em formato de fácil manuseio um livreto com centenas de cores numeradas que podiam ser produzidas na própria gráfica, por meio de mistura em quantidades exatas de apenas 14 tintas básicas. As tabelas Pantone tornaram-se sinônimo genérico de tintas especiais, embora seja uma marca registrada. Na área gráfica são mais de 20 catálogos, que incluem tintas metálicas, fluorescentes, tons pastéis e escalas CMYK em diferentes tipos de suportes. O livreto original foi rebatizado de "Pantone fórmula Guide", oferece 1147 cores diferentes, com as respectivas fórmulas de misturas. Muito fabricantes são credenciados para produzir tintas no padrão Pantone (Lopes, 2003).

***cor-pigmento opaca**, conseguida a partir da mistura de tintas densas como óleo, acrílica e têmperas. É conhecido também como modelo artístico;

***Cor-pigmento transparente**, conseguidas a partir da sobreposição e justaposição de camadas transparentes de ciano, magenta, amarelo, como ocorre nos processos de impressão (ver figura 11).

O princípio das cores complementares da mescla subtrativa é o mesmo das cores complementares da síntese aditiva. A diferença está no resultado final. Na síntese aditiva, a somatória de cada cor primária com a sua complementar conduz ao branco. Na mescla subtrativa, a somatória de cada cor básica com a sua complementar leva ao preto, ou seja, à absorção de todas as radiações luminosas incidentes. As cores básicas CMY (ciano, magenta e amarelo) que, juntas, absorvem todas as radiações luminosas da luz branca incidente, resultam no preto. Daí porque a mistura de cores-pigmento denomina-se síntese subtrativa.

Cada tipo de pigmento tem seu próprio poder seletor, sendo assim, absorve (subtrai) uma ou mais radiações. Misturando dois pigmentos com características de seleção diferentes, obtém-se uma maior subtração de radiações. Em alguns casos pode-se chegar a uma absorção total. Essa absorção corresponde a uma reflexão nula, que proporcionaria a visão do preto. Quando um pigmento reflete toda a luz branca pela qual foi iluminado, enxerga-se o objeto como sendo branco. Nosso olho soma todas as radiações refletidas pelo pigmento, vendo assim uma única cor (Baer, 1999).

O modelo subtrativo CMY acaba sendo teórico, pois na prática as tintas básicas de tricromia, contaminadas com as outras cores primárias, não conseguem reproduzir de modo satisfatório as tonalidades das imagens originais de tom contínuo (Baer, 1999). Contudo, quase todo o trabalho de impressão em cores baseia-se no modelo subtrativo CMYK⁸. O preto é representado pela letra K no lugar do B (*black*) evitando confusão com o B (*blue*).

A indústria gráfica também tem desenvolvido sistemas de mistura de cores subtrativas sob forma de livros e cartelas. Estes são produzidos para exemplificar diferentes possibilidades de arranjo entre ciano, magenta, amarelo e preto, impressos em papéis revestidos (brilhantes) e não revestidos (opacos), papelões, plásticos, tecidos etc. Um exemplo pode ser o *True Color Process Guide*, desenvolvido

durante os anos 50, que apresenta mais de 18.000 cores. Nos processos de impressão, freqüentemente, uma cor especial (*spot color*) também pode ser produzida pela mistura de algumas tintas. Essa cor é aplicada sobre o suporte de forma separada. Um exemplo para a escolha de cores especiais é o PANTONE *Matching System*, formulado a partir de 14 cores básicas (figura 12). A gama de cores obtida a partir do sistema PANTONE é maior que a gama gerada a partir do sistema CMYK, embora a PANTONE também possua cartelas de correspondência de cor especial para CMYK⁹.

A popularidade do PANTONE *Matching System* incentivou a criação de produtos adicionais. Assim a empresa criou cartelas para têxteis, plásticos e, devido à demanda digital, também produziu escalas em RGB, em hexadecimal, com especificação para cores impressas. As cartelas e mostruários de cores atuam como ferramentas de comunicação entre designers, consumidores e tecnólogos.

Segundo Berns (2000), todos os sistemas baseados na mistura de cores que tentam apresentar amostras de atributos de percepção têm deficiências de brilho. A relação entre as etapas equivalentes de mistura e de percepção não são lineares. Isto torna difícil a estimativa de quantidades das primárias por interpolação visual. Além disso, o autor alerta para o fato de que os matizes do conteúdo total da cor não têm luminosidade e croma idênticos. Exemplificar as relações de percepção das cores através da amostragem linear de uma seqüência de primárias quase sempre leva a graves deficiências.

3.2 Sistemas baseados na percepção da cor

Os "sistemas baseados na mistura de cores" são desenvolvidos a partir da definição de uma seqüência de cores primárias no processo de coloração, e os "sistemas baseados na percepção de cores" são desenvolvidos a partir da definição de uma seqüência de intervalos visuais.

Eles não requerem uma seqüência de amostras, mesmo assim, a exemplificação do sistema tem muitas vantagens, pois leva ao conceito de intervalo visual equivalente. Este

conceito permite a interpolação visual e facilita a classificação de cores por incrementos mais precisos. Geralmente, há muita experimentação visual para validar o sistema e garantir que não é ambíguo.

Quando existe o desejo de produzir amostras que exemplifiquem o sistema, há muitos pontos que devem ser considerados. Estes pontos não são importantes apenas na produção e utilização de exemplos físicos dos sistemas de ordenação de cores, mas também para qualquer padrão visual utilizado para especificar uma cor.

O primeiro aspecto diz respeito ao ambiente de visualização e iluminação. A distribuição de energia espectral da fonte e seu nível, as geometrias de iluminação e visualização, e a luminosidade do fundo devem ser definidas e seguidas. Talvez mais negativas do que as mudanças globais que ocorrem com todas as amostras são as mudanças que ocorrem em suas inter-relações. De maneira ideal, as amostras utilizadas devem ter a maior constância de cor possível. Desta forma, mudanças de iluminação e visualização teriam um efeito mínimo na aparência do exemplo. A escolha dos materiais é igualmente crítica. O conjunto de estímulos não deve ser sensível a mudanças ambientais. Isto inclui mudanças reversíveis de cor causadas por mudanças de temperatura e umidade, assim como mudanças permanentes como desbotamento e amarelamento (Berns, 2000).

Quando um sistema de ordenação de cores é utilizado para especificação de cores é desejável que o sistema e o espécime a ser especificado sejam feitos de materiais idênticos e que permita que sua exemplificação seja produzida com muita precisão e acuidade.

Para Berns (2000), infelizmente não existe exemplo algum que preencha todos esses requisitos. Como consequência, deve-se tomar muito cuidado ao utilizar conjuntos de cores para especificação. Recomenda-se os seguintes cuidados:

*Primeiro, deve-se utilizar o exemplo apenas em seu ambiente de iluminação e visualização padronizado;

*Segundo, se a amostra original for utilizada para especificação de cores (ex: um designer que utiliza as amostras para especificar um esquema de cores) deve-se verificar, visualmente, se as mudanças na aparência da cor, em relação às mudanças de iluminação, são aceitáveis.

Devido ao problema da pobre constância de cores, as amostras apresentam mudanças indesejáveis em relação à aparência das cores. As amostras representarão o sistema apenas para condições de visualização e iluminação específicas.

*Terceiro, quando forem utilizadas especificações numéricas, deve-se ter certeza de que o exemplo tem alto nível de precisão e acuidade.

Sistemas de ordenamento de cores são ferramentas muito importantes e úteis para a representação de cores. Os principais sistemas serão tratados a seguir.

3.2.1 O sistema de Cores Munsell

O *Munsell System* é um modelo de identificação e notação de cor. Foi desenvolvido por Munsell, em 1905, como uma ferramenta didática para estudantes de arte (Berns, 2000). Seu objetivo era ter tanto um sistema numérico como um exemplo físico. Nesse sistema foi utilizado o princípio de orientação a igualdade de intervalos visuais. Isso pode ser observado no *Atlas of the Munsell Colors*, publicado em 1915.

Munsell dividiu o intervalo de cores em dimensões de matiz, luminosidade e croma, definidos como *Munsell hue*, *Munsell value* e *Munsell chroma*, respectivamente. Seu desejo por uma classificação numérica o levou a 10 matizes principais e 10 graus de valor, baseados no sistema decimal. Assim, como mostra a figura 13, os dez matizes empregados e ordenados em forma de círculo foram: **vermelho (R)**, amarelado (YR), **amarelo (Y)**, amarelo-verde (GY), **verde (G)**, verde-azul (BG), **azul (B)**, azul-roxo (PB), **roxo (P)**, vermelho-roxo (RP). Cada matiz principal pode ser dividido em dez sub-matizes: 1R, 2R, . . . , 9R e 10R. A divisão dos matizes em 100 graus permite uma maior igualdade visual entre matizes vizinhos quando comparado a sistemas baseados nos quatro matizes principais de vermelho, verde, amarelo e azul.

As cores específicas dos cinco matizes principais foram determinadas visualmente; Munsell concluiu que estes cinco matizes (ajustados com o mesmo valor e croma) deveriam formar cor neutra quando misturados através de um disco rotatório. Ele construiu um aparelho que girava uma esfera pintada com os cinco matizes principais, com valores diferentes para demonstrar este princípio.

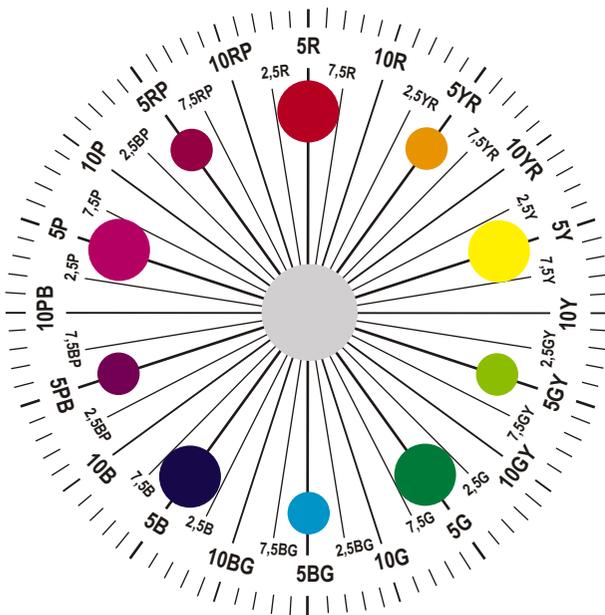


Figura 13: Os dez matizes ordenados em círculo Por Munsell

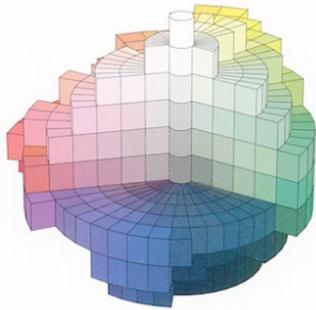


Figura 14: A árvore de Munsell

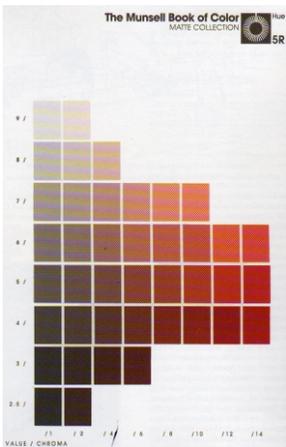


Figura 15: *The Munsell Book* (página interna)

10. No início deste capítulo destacou-se como a fisiologia do olho gera canais opostos de preto-branco, vermelho-verde e amarelo-azul.

11. Hesselgren realizou extensos experimentos visuais para produzir uma exemplificação do sistema de cores naturais de Johansson, sendo criado em 1952 o Hesselgren Color Atlas. Devido às irregularidades visuais apresentadas neste atlas, provavelmente um resultado das limitações dos experimentos visuais e do envelhecimento das amostras, a Swedish Color Center Foundation, fundada em 1964, fez uma revisão do Atlas de Hesselgren através da realização de novos experimentos visuais e da incorporação de medições instrumentais e especificações colorimétricas.

Os valores variam entre preto (0) e branco (10). As cores acromáticas que tinham um intervalo visual equivalente foram definidas por seu índice de reflexão luminosa, baseado em um instrumento visual desenvolvido por Munsell.

As cores acromáticas (preto, cinzas e branco) são assinaladas com o prefixo "N" - por exemplo, N0, N1,..., N10. O instrumento visual foi utilizado para produzir cores de vários valores para cada matiz. Desta forma, foi feita uma suposição de que a relação de luminosidade para cores acromáticas se aplicaria também para as cores cromáticas. Para um matiz e valor definidos, as cores foram ajustadas em escalas de croma crescente com diferenças equivalentes entre as amostras vizinhas. As amostras que se ajustavam a este critério foram selecionadas por tentativa e erro. Munsell planejou exemplificar o intervalo de cor tridimensional utilizando uma esfera. Entretanto, limitar o intervalo de cores a uma esfera seria enganoso, pois para diferentes pigmentos, diferentes cromas máximos ocorrem e são atingidos em diferentes níveis de luminosidade. Isto deu origem ao sólido de cores de Munsell (figura 14). Os estudos de Munsell foram narrados por Nickerson (1940, 1963 apud Berns, 2000).

O Atlas original sofreu um refinamento baseado em extensas experimentações visuais, resultando no atual *Munsell System* e suas várias exemplificações, assim como o *Munsell Book of Color Glossy and Matte Editions* (figura 15), o *Munsell Student Set*, o *Scotdic* e o *Chroma Cosmos 5000* (Birren 1979). No final dos anos 30 ficou evidente que o intervalo visual poderia ser melhorado. Uma subcomissão da *Optical Society of America* realizou experimentos visuais detalhados, totalizando mais de três milhões de observações advindas de técnicas de experimentações mais sofisticadas (Newhall, 1943, apud Berns, 2000).

Em razão da especificação ser baseada na identidade entre cores ao invés das propriedades espectrais, é possível produzir o Sistema Munsell utilizando uma gama de materiais. Entretanto, as regras de exemplificação devem ser seguidas. A equivalência ou igualdade de intervalo visual em particular se aplica apenas a espécimes iluminados pela luz do dia e visualizados contra um fundo meio cinza. A notação de Munsell é definida como H V/C, em que H representa matiz (*hue*), V representa valor (*value*) e C representa croma (*chroma*). Um tijolo vermelho poderá ter a notação 5R 4/6, por exemplo.

3.2.2 Sistema de Cores Naturais

O *Natural Color System* (NCS) foi desenvolvido com base nos estudos de Hering (1878). Hering já havia considerado que existiriam seis cores elementares: preto (S), branco (W), amarelo (Y), vermelho (R), azul (B) e verde (G)¹⁰. Hering chamava estas quatro cores de "naturais". Suas idéias foram interpretadas por Johansson durante a década de 30, gerando um *sistema de cores naturais*¹¹ (Johansson, 1937, citado por Berns, 2000).

Assim, o princípio de orientação do NCS é definir uma cor por sua semelhança com as cores elementares de Hering, expressada em porcentagens. As cores elementares podem ser organizadas dentro de um hexágono, mostrando possíveis combinações de acordo com as teorias oponentes de Hering. Por exemplo, o azul elementar tem conexão com o verde, o vermelho, o preto e o branco. Porém, não tem conexão com o amarelo, e de maneira análoga o vermelho não tem conexão com o verde. Por serem cores elementares oponentes, não é possível termos azuis-amarelados, amarelos-azulados e assim por diante. Por exemplo, uma cor que se assemelha a um azul puro, sem avermelhamento ou esverdeamento algum, teria um índice de azulamento equivalente a 100. Em 1979, após 15 anos de pesquisa e desenvolvimento, o *Swedish Standard Color Atlas*, exemplificando o *Natural Color System* (NCS), foi publicado (*Swedish Standard Institute* 1979; Hard 1981, 1996; Sivik 1994 apud Berns, 2000).

3.3 Sistemas baseados na identidade entre cores

Uma das maneiras de simplificar bastante a especificação de cores é transformar o problema em um caso de identidade entre cores. A cor a ser reproduzida deve ser idêntica à cor de uma amostra visualizada e iluminada sob condições específicas. Se o modelo e sua reprodução são ambos materiais, eles seriam dispostos lado a lado sob as condições específicas definidas para o caso. Se estivermos comparando luzes coloridas com amostras materiais comparando cores de um display CRT a uma impressão colorida, por exemplo simplifica-se ao máximo as condições de visualização para que a luz emitida pelo display seja idêntica à luz refletida pelo

papel. O problema será responder se as duas cores são realmente idênticas.

Experimentos de identidades entre luzes coloridas foram realizados pela primeira vez por Newton no começo do século XVI (Newton, 1730). Ele descobriu que a luz branca poderia ser reproduzida pela mistura dos comprimentos de onda azul e amarelo apenas. Este experimento produziu uma combinação metamérica: estímulos diferentes, um sendo produzido por todos os comprimentos de onda e outro produzido apenas pelos comprimentos de onda azul e amarelo, produziram respostas visuais idênticas. Qualquer um dos estímulos poderia ser utilizado para especificar outras "luzes brancas".

Este sistema foi desenvolvido como um sistema visual de identidade entre cores, um processo geralmente conhecido como *colorimetria visual*¹². A colorimetria visual data do final do séc. XIX. Lovibond, um mestre cervejeiro, desenvolveu um aparelho com o qual ele podia especificar a cor da cerveja visualmente utilizando jogos de vidros coloridos (Lovibond, 1887). O *tintômetro de Lovibond* gerava uma gama de cores abrangendo todas as possíveis cores da cerveja e outros líquidos, incluindo óleos, tinta automotiva e xaropes a base de açúcar.

Todos os colorímetros visuais, por definição, são baseados no princípio da metameria. Como consequência, duas cores que são idênticas para uma pessoa provavelmente não permanecerão idênticas quando vistas por outra pessoa. Quanto maiores as diferenças de propriedades espectrais entre os resultados obtidos com o colorímetro visual e o material produzido, mais provável será que surjam problemas quando muitos observadores estiverem envolvidos no processo de especificação. O uso de um colorímetro visual que não foi projetado para uma situação específica quase sempre resultará em significativa metameria. Se pudéssemos substituir qualquer observador em particular por um observador médio, esta limitação seria levemente reduzida, baseada somente nos princípios da estatística. Se este observador médio fosse padronizado - o observador padrão - então todas as especificações seriam consistentes e não dependeriam de quaisquer propriedades visuais particulares dos observadores.

3.3.1 Sistema CIE

O Sistema CIE utiliza o conceito de colorimetria visual, tendo

como referência um observador padrão e um instrumento padronizado de medição. Surgiu nos anos 20, como um método de especificação de cores (Troland, 1922 apud Berns, 2000). O sistema CIE desejava, inicialmente, especificar as luzes vermelha, verde e amarela utilizadas em estradas de ferro e, um pouco mais tarde, no controle de tráfego das rodovias (Holmes, 1981). Este sistema foi padronizado pela primeira vez em 1931, por parte da CIE (*Commission Internationale de Eclairage*), sendo aceito universalmente.

De acordo com os técnicos da CIE, cada cor é especificada, antes de mais nada, pelo seu comprimento de onda. Foram escolhidas três cores teóricas, denominadas valores triestímulo X, Y e Z, próximos ao magenta, verde e azul-violeta. Essas três cores (X, Y, Z) entram em proporções diversas na formação de todas as outras cores.

O triângulo da CIE é uma figura bidimensional que permite apenas a especificação do tom (matiz) e da saturação de uma cor (figura 16). A luminosidade pode ser mensurada numa escala que possui luminosidade nula para o preto e igual a 100% para o branco. As primárias da CIE foram escolhidas de modo que o Y, além de definir o componente verde de uma cor, especificasse também a luminosidade, tornando-se fator de luminosidade (Baer, 1999).

O sistema CIE parte do princípio de que dois estímulos têm cores idênticas quando se obtêm respostas iguais por parte dos cones retinianos. Durante o início do séc. XX, quando a colorimetria estava sendo desenvolvida, as medições ainda eram feitas avaliando-se a sensibilidade espectral do olho. Um sistema padronizado de identidade entre cores era a única abordagem viável. Hoje, o CIE está tentando desenvolver um sistema de acompanhamento totalmente psicológico (Boynton 1986, Schanda 1998 apud Berns, 2000). Isto poderá melhorar o entendimento sobre a psicologia latente da identidade entre cores e permitirá fazer especificações colorimétricas para uma série ainda maior de condições de visualização e iluminação.

3.4 Gerenciamento de cores

É a partir das diferenças de cada modelo de cor e das determinações numéricas das cores que começam os problemas de gerenciamento. Espaços com CMYK, Pantone e

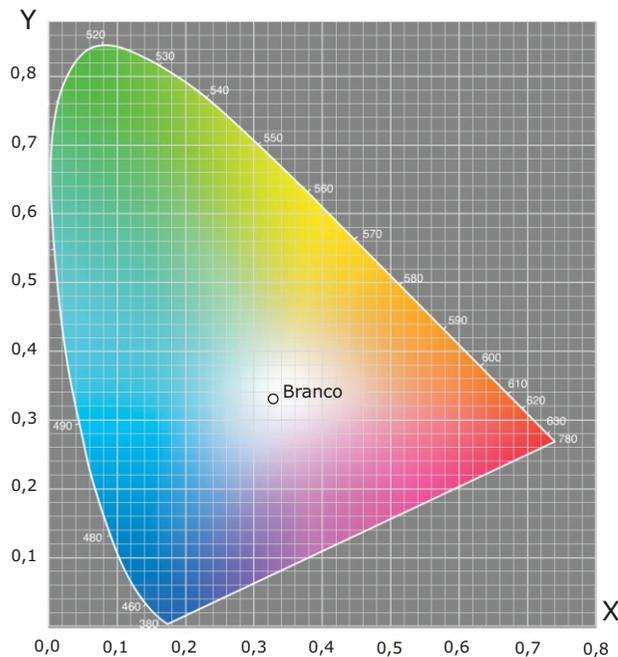


Figura 16: Triângulo CIE

12. Colorimetria: combinação de duas palavras, color (cor) e metria (medir), é a ciência que realiza a medição das cores.

RGB são dependentes de dispositivos, ou seja, não dependem apenas da informação numérica. O espaço CMYK depende também do tipo de tinta utilizado (como escala Europa ou *Swop*), das máquinas impressoras e de outros fatores utilizados em sua reprodução. O espaço RGB depende do tipo de monitor e fósforo utilizado.

Da mesma maneira que a percepção da cor varia de um indivíduo para outro, cada dispositivo no *workflow* digital de DTP - entrada, exibição, saída utiliza um método diferente para processar as cores. A tecnologia empregada em cada equipamento permite um certo alcance de cores que aquela máquina em particular pode reproduzir ou exibir. Este alcance de cores é conhecido como *gamut*. Cada tipo de equipamento tem seu próprio espaço de cor, seu próprio alcance de cores, sua própria definição. Como uma imagem passa por diversas fases até a impressão final, cada dispositivo, ao longo do fluxo de trabalho, introduz mudanças sutis na cor. Até mesmos monitores produzidos pelo mesmo fabricante, podem mostrar uma certa cor de maneiras diferentes. Também existem efeitos de impressão criados com tintas especiais (como metálicas e vernizes) que não podem ser representados pelo DTP. É importante ressaltar que os dispositivos de entrada, seja uma máquina fotográfica digital ou um scanner de qualquer natureza ou marca, podem responder de forma diferente à mesma informação de cor. As características das fontes de iluminação e leitura, tal como sua idade, tipos de filtros e o caminho óptico ao longo do qual a imagem é digitalizada interferem na informação das cores.

De forma abrangente, para termos garantia de uma boa reprodução de cor deve-se observar as diferenças de *gamuts* entre os dispositivos no *workflow* e as *divergências* do desempenho standard de qualquer dispositivo no *workflow*. Um sistema de gerenciamento de cores (CMS) pode prover a consistência de cor que se necessita no fluxo de trabalho. O CMS administra as diferenças nos espaços de cor dos dispositivos no *workflow*. Os *softwares* atuais estão baseados nos sistemas CIE_xY e CIE_Lab. O CMS transforma os dados do RGB para o sistema independente CIE e os converte em separações CMYK, para que sejam mantidas as cores durante o processo. Essa conversão confia em algoritmos de conversão profissionais. O CMS também pode converter uma imagem CMYK em outros dados de CMYK para um dispositivo de produção ou para reprodução.

Usando os perfis criados nos dispositivos específicos, as cores e seus controles terão fidelidade em todo o fluxo de produção.

A determinação de WYSIWYG (*What you See is What you Get*- O que você vê é o que você obtém) será satisfatória (SENAI, 2001).

Segundo SENAI (2001), o gerenciamento de cores tem três fases distintas, a saber: caracterização, calibração e conversão:

a. Caracterização - a caracterização define como o CMS captura ou reproduz a cor usando um espaço de cor independente (geralmente CIE LAB) do dispositivo. Essa fase determina a forma com que cada equipamento reproduz a cor e compara com o espaço independente do CMS. A partir daí, passa-se a saber como as cores são reproduzidas por cada dispositivo criando perfis (*profiles*) que serão comunicados na fase de conversão.

O perfil da fonte define dispositivos de entrada e o perfil de destino define dispositivos de saída. Os perfis podem ser personalizados, genéricos ou específicos. É melhor procurar trabalhar com perfis genéricos. Por exemplo; se todas as impressoras de uma gráfica trabalham com tintas da escala Europa e papel couché, não é necessário caracterizar cada impressora através de testes personalizados. E, no caso de padronização, fica difícil trabalhar com perfis normalizados por um espaço de cores, independente dos equipamentos. Perfis de destino ou saída tornam o processo mais complicado, pois envolvem novas variáveis como densidade, ganho de ponto, características dos suportes e da tinta. Além disso, a conversão para CMYK é mais complexa que para RGB.

Criar ou ajustar um perfil envolve:

1. Capturar ou imprimir do equipamento uma imagem de referência (como as imagens padronizadas IT8) com cores conhecidas;
2. Registrar através de espectrofotômetros, colorímetros ou espectroradiômetros os valores reproduzidos pelos equipamentos (scanner, monitor, impressoras);
3. Criar um perfil dos dados.

O uso de perfis permite ao monitor simular as cores de determinada impressora, permite às impressoras simular diversos processos de produção, informando ao sistema qual é o perfil necessário. Na linha *Apple*, encontra-se no sistema operacional o gerenciador de cores *ColorSync*, que é responsável pela administração dos perfis e conversões de cores entre os periféricos e softwares. No caso dos PCs, o

gerenciamento fica por conta dos próprios aplicativos; isso explica porque a manipulação de uma mesma imagem entre eles, mostra as cores diferentes (uma imagem editada pelo Photoshop e levada para o Quark por exemplo).

b. Calibração - os dispositivos devem ser calibrados periodicamente para manter a consistência de cor, produzindo os mesmos valores pelo perfil. Por exemplo: uma área da imagem com 50% de magenta deve manter esse mesmo valor no fotolito e na prova impressa. Os scanners CCD geralmente são calibrados apenas uma vez, devendo manter a constância de cor a cada leitura. *Imagesetters*, por estarem sujeitas à sensibilidade da emulsão usada, às variáveis da revelação e processamento dos filmes, à intensidade de exposição do laser, precisam ser calibradas ou linearizadas uma ou duas vezes por dia.

Os passos para a calibração são:

1. Estabelecer as variáveis a serem calibradas;
2. Capturar, expor ou imprimir uma imagem de teste;
3. Avaliar o resultado usando espectrofotômetros, colorímetros e densitômetros de reflexão e transparência;
4. Ajustar o dispositivo;

c. Conversão - a fase de conversão é justamente aquela em que os valores ou espaços de cores nativos dos equipamentos (RGB/ CMYK) são convertidos pelo sistema de CMS em padrões CIE e CIELab.

O gerenciamento de cores é um assunto complexo, que envolve desde o conhecimento do processo de fabricação da tinta e papéis, dos sistemas de impressão, conhecimento do diferentes equipamentos e suas limitações, assim como os modos como trabalham as cores. Sem ele não há nenhum controle das cores desde a entrada da imagem até sua impressão final, e não haverá garantia de consistência de cor, tão importante para os sistemas de identidade visual desenvolvidos pelos designers.



Aparência da cor

4 Aparência da cor

A cor dos corpos não depende apenas da natureza da matéria que os compõe, mas também da luz que os ilumina. Quando uma luz incide sobre um corpo, sabemos que uma parte dela será refletida e a outra absorvida. A parte da luz que foi devolvida alcançará nosso olho, fazendo com que se atribua àquele corpo uma cor, de acordo com a qualidade da luz que ele reflete.

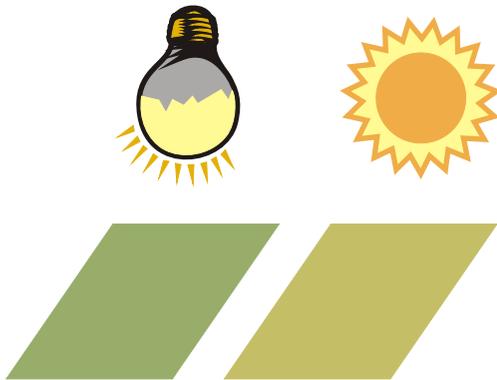


Figura 17: Aparência da cor

Portanto, é perfeitamente compreensível que a cor dos corpos mude, dependendo da fonte de luz que os atingiu. No dia-a-dia, subentende-se que o corpo tenha sido exposto à luz diurna, que chamamos luz branca. Nenhuma fonte artificial pode proporcionar a mesma luz branca, não obstante os mais recentes avanços tecnológicos. Uma medição científica, objetiva, da cor é possível pelo uso de espectrofotômetros, instrumentos que medem a intensidade de cada um dos componentes monocromáticos que constitui o espectro de uma radiação policromática (Carramilo, 1997).

A "aparência da cor" é uma disciplina da ciência das cores voltada à descrição da cor dentro de um certo ambiente. Os "modelos de aparência da cor" são utilizados para prever as modificações em uma cor causadas por mudanças de iluminação, visualização e cognição (Berns, 2000). Quando consideramos não apenas um objeto colorido, mas uma sala cheia de objetos coloridos, as mudanças que ocorrem são bem maiores. Assim, os elementos individuais de um cenário que estão em nosso campo visual e suas relações podem variar em relação à cor.

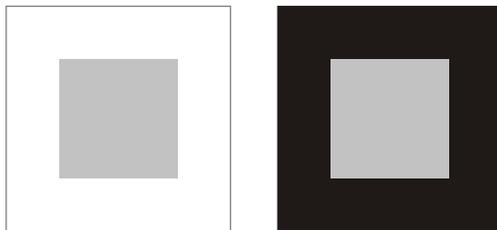


Figura 18: Diferença de luminosidade em relação ao fundo

Por exemplo, ao observarmos a figura 18, considera-se a visualização de um pedaço de papel cinza claro, primeiro contra um fundo branco, depois contra um fundo preto. Um modelo de aparência de cor poderia prever um aumento de luminosidade do papel cinza claro para o fundo preto se comparado ao fundo branco.

Quando se necessita saber se um lote de material é igual ao padrão, não precisamos do nome da cor do padrão. Geralmente, leva-se em consideração um par de objetos ao invés de um isoladamente, procurando apenas saber a diferença de cor entre eles.

Para os processos envolvidos com a coloração de materiais, é

exigido que os sistemas prevejam as "diferenças entre cores" ao invés da "aparências das cores". Para aqueles processos de coloração que desenvolvem atividades ligadas com iluminação e cores em imagens, como fotografia, impressão e computação gráfica, os modelos de aparência da cor podem ser exigidos de forma complementar.

Um aspecto fundamental para a visualização das cores é a metameria. É possível produzir cores equivalentes sem a utilização de materiais idênticos, porque estímulos espectralmente diferentes podem produzir a mesma resposta visual.

A metameria torna possível que diferentes tecnologias de cores existam. A maioria dos sistemas de reprodução de cores, incluindo televisão, fotografia, cinema e impressão, dependem de três ou quatro cores primárias (nem sempre iguais) para representar o mundo cromático. Os pigmentos tóxicos podem ser substituídos por corantes biodegradáveis. Os corantes podem também ser substituídos para reduzir custos. Devido à metameria é possível reordenar a fórmula de uma cor através da utilização de corantes diferentes. Os designers podem coordenar a combinação de itens com cores idênticas, mesmo que sejam feitos com materiais diferentes.

As superfícies podem apresentar drásticas diferenças de cor quando submetidas a mudanças em relação à iluminação ou ao observador. Sob iluminação incandescente, uma amostra pode parecer verde e a outra marrom. Sob a luz do dia, em torno de 6.500 K, elas podem parecer idênticas. Sob a luz do céu, em torno de 10.000 K, elas podem se tornar diferentes novamente (Berns, 2000). Contudo, em muitas ocasiões, as condições de iluminação não podem ser controladas. O interior de uma sala ou um automóvel é iluminado por muitas fontes diferentes. Mesmo que se possa controlar a iluminação, não poderemos controlar os observadores. As cores reproduzidas por fotografia, por impressão e televisão são quase sempre altamente metaméricas em relação aos objetos reais que estão reproduzindo. O que torna este aspecto menos explícito é o fato dos objetos originais raramente estarem disponíveis para comparação.

A metameria pode ser tanto uma benção quanto uma maldição. Mudanças em relação à fonte de luz, ao objeto ou

ao observador podem resultar em uma combinação falha. O único modo de eliminar a metameria é tentar produzir objetos que sejam combinações espectrais.

4.1 Conceitos de iluminação - que devem ser considerados na visualização das cores

A cor da luz que ilumina uma superfície influencia diretamente a percepção da cor da mesma. Assim, a compreensão dos conceitos de "temperatura da cor" e "índice de reprodução de cor" são fundamentais.

4.1.1 Temperatura da cor

Um critério popular para verificar a composição espectral da luz branca é a temperatura de sua cor. Isto é baseado em duas premissas:

* que a fonte de luz em questão produza o espectro contínuo de todas as cores visíveis;

* que as relativas proporções de ondas curtas e longas na radiação luminosa desta fonte mudem gradualmente, com a elevação da temperatura (Baer, 1999).

A cor da luz é medida em graus Kelvin ($^{\circ}\text{K}$). Quando um objeto, como um pedaço de metal, é aquecido a temperaturas crescentes, emite luzes diferentes que percorrem desde o vermelho, laranja, amarelo e branco, e emitiria eventualmente a luz azul se nenhuma reação química ou física ocorresse. A cor da luz incandescente emitida deste objeto pode ser descrita então por sua temperatura. Uma luz de vela tem uma temperatura de cor ao redor de 2000 K. O azul celeste está entre 12000 e 18000 K. A luz do dia está ao redor de 5.000 K e um céu nublado é aproximadamente de 6250 K.

A luz branca contém uma mistura de todas as cores no espectro. A temperatura da luz, em Kelvin, descreve o quão avermelhado ou azulado é uma fonte de luz (SENAI, s/d). Em síntese, "Temperatura de cor de uma fonte de luz é a temperatura absoluta, expressando em graus Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) a qual, a luz por um corpo negro tem a mesma composição espectral que a fonte de luz em questão" (Baer, 1999). Os quadros 04 e 05 apresentam relações entre fontes de iluminação e temperatura de cor.

Quadro 05: Luzes coloridas e temperaturas de cor

Luz colorida	Temperatura de cor
Vermelho	800 – 900 K
Amarelo	3.000 K
Branco	5.000 K
Azul	8.000 – 10.000 K
Azul brilhante	60.000 K

Fonte: Carramilo Neto (1997)

As fontes de luz podem ser agrupadas considerando a relação entre aparência e temperatura de cor. O quadro 06 apresenta a aparente cor das lâmpadas:

Quadro 06: Temperatura de cor e aparência

Temperatura de cor (TCC)	Aparência da cor
> 5.000 K	Fria (branca-azulada)
3.3000 – 5.000 K	Intermediária (branca)
< 3.000	Quente (branca-avermelhada)

Fonte: Pereira (s/d, p. 15)

4.1.2 Índice de reprodução de cor IRC (Color Rendering Index - CRI)

A cor de uma superfície a ser percebida é influenciada pelo conteúdo de cores da fonte luminosa este efeito é chamado de reprodução de cores (Pereira, s/d). Portanto, índice de reprodução de cor (IRC) é a medida de 0 a 100 de quanto uma fonte de luz corresponde à cor da luz natural. Uma lâmpada com o IRC 100, significa que sua reprodução de cor é excelente. Quanto mais baixo for esse número mais distanciada do real estará esta cor, vista sob a lâmpada em questão.

É fundamental que as fontes de luz proporcionem uma reprodução de cores correta de acordo com os objetivos do projeto. Locais em que a acuidade visual é exigida, como museus, vitrines, gráficas, escritórios de design e similares a iluminação com bom índice de reprodução de cor é obrigatória.

As lâmpadas incandescentes apresentam IRC próximo de 100. As halógenas, que também pertencem a família das incandescentes, possuem o mesmo IRC. As dicróicas são

halógenas dotadas de um refletor que reduz substancialmente o calor projetado. Seu fecho de luz é concentrado, tornando-as ideais para iluminar obras de arte e objetos. As lâmpadas fluorescentes (chamadas também de lâmpadas de descarga) têm gás mercúrio, que ao receber descarga elétrica produzida por um reator, emitem luz. Os modelos tubulares convencionais têm IRC de 70 %. Os modelos da nova geração, compactos, apresentam IRC de até 85 %. O consumo de energia dessas lâmpadas é 80% menor que o das incandescentes.

Quadro 07: Fonte luminosa - TC - IRC

Os projetistas gráficos podem recorrer às chamadas "vitrines de visualização de cor" ou, simplesmente, "visualizadores de cor", para avaliarem as amostras de diferentes materiais sob diferentes condições de iluminação, prevendo os resultados finais de observação.

4.2 Fatores -que influenciam a interpretação das cores: os fenômenos cromáticos

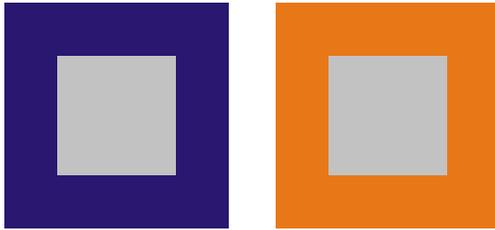


Figura 19: Contraste Simultâneo

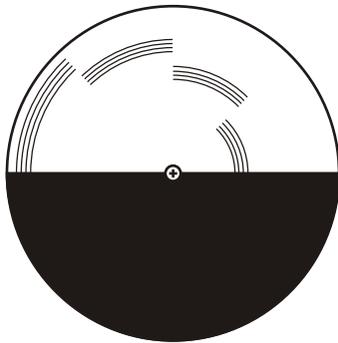


Figura 20: Disco de Benham

13. Os dados mostram efeitos marcantes quando as condições de iluminação para os observadores e para os estímulos (objetos observados) eram diferentes. Por exemplo, era mais viável que os observadores dissessem que um estímulo era vermelho, laranja ou rosa quando se encontravam sob luz branca e os estímulos com luz vermelha. Quando os observadores eram banhados com luz vermelha e os estímulos com luz branca, era mais comum que pensassem em verde ou azul ao julgar a cor do estímulo.

14. Exemplos de cores subjetivas foram explorados pela Pop Art e Op Art, movimentos artísticos desenvolvidos na década de sessenta, sobretudo nos EUA e Europa. Eles pretendiam criar uma arte estritamente óptica, assim enfatizavam as experiências perceptivas. Muitas obras desse período contêm linhas pretas finas em desenhos geométricos sobre um fundo branco, e tendem a vibrar e produzir visões de cores em tom pastel.

15. Johann Purkinje, físico tchecoslovaco, foi o primeiro a descrever este fenômeno, em 1825.

Os chamados fenômenos cromáticos, a saber, contraste simultâneo, contraste sucessivo, constância de cor, adaptação cromática, as cores subjetivas e a memória da cor podem influir no processo de percepção e discriminação cromática.

Os efeitos gerados pelo **contraste simultâneo** de cor mostram que uma cor muda quando outra cor está presente. Por exemplo: na figura 19, um cinza parece ligeiramente azul em um fundo laranja. Deve-se lembrar do processo oposto da percepção: o olho busca as complementares.

O fenômeno do **contraste sucessivo** das cores inclui todos os fenômenos que são observados quando os olhos foram saturados pela cor de um ou mais objetos durante um certo tempo e quando se desloca o olhar, percebem-se imagens com a cor complementar (Pedrosa, 1982).

A **constância de cor** mostra que tendemos a ver o matiz de um objeto permanecer igual, apesar das mudanças no comprimento de onda da luz que está iluminando-o. Por exemplo, de dia os objetos são vistos sob luz natural e, à noite, sob luz artificial, mas associamos as mesmas cores aos objetos com ambos tipos de iluminação (Edwin Land, 1977, apud Foley, 1996). A teoria retiniana de Land busca explicar a constância da cor baseando-se, principalmente, no padrão de refletância do estímulo. Em suma, o sistema visual determina a parte mais brilhante do estímulo e logo tenta determinar se essa parte poderia ser "branca".

O fenômeno da **adaptação cromática** foi sugerido em 1905, por Von Kries. Ele mostrou que a iluminação ocasiona mudanças adaptativas em nossos fotorreceptores, que então influem sobre nossa percepção da luz refletida (Foley, 1996). Esta teoria tem algo de intuitivo, já que a iluminação que cai sobre os objetos também chega aos nossos olhos, afetando-os proporcionalmente aos comprimentos de onda presentes na fonte luminosa. A iluminação proporcionaria a nosso sistema visual uma "referência" contra a qual se interpretaria a luz refletida que provém do exterior.

Em um experimento, Uchikawa e Boynton (apud Foley, 1996) exemplificaram a importância da **adaptação** à fonte de iluminação. Simplesmente construíram um escaninho de observação onde o sujeito sentava-se separado dos estímulos de cor que devia julgar e olhava através de um orifício o quarto que os continha. Com isso, o estímulo podia

ser iluminado mediante uma fonte de luz escondida e diferente da que cai sobre o observador. Assim, o observador poderia adaptar-se a uma luz vermelha enquanto os estímulos de cor eram apresentados sob uma luz branca, ou as condições de iluminação poderiam inverter-se¹³.

Ao contrário dos fenômenos citados anteriormente, que envolveram estímulos cromáticos, o fenômeno das **cores subjetivas** demonstra que impressões de cor podem ser produzidas por estímulos em branco e preto. O conhecido disco de Benham, figura 20, (inventado por Benham no século XIX) mostra como figuras acromáticas podem produzir cores subjetivas. Quando o disco roda a uma frequência de umas 10 revoluções por segundo, cores não saturadas aparecem ao longo das linhas curvas. Fineman (citado por Foley, 1996), ao tirar uma fotografia colorida do disco de Benham em movimento, observou que tal fotografia aparecia cinza. A percepção da cor reside no observador, e não no estímulo. Estudos revelam que brilhos em branco e preto de certas intensidades e durações podem ser um sinal para cores em particular¹⁴.

Outro fenômeno cromático que influencia na percepção da cor denomina-se **desvio de Purkinje**. O desvio de Purkinje¹⁵ tem a ver com a luminosidade dos diversos matizes. De acordo com Purkinje, nossa sensibilidade aos diversos comprimentos de onda muda conforme as condições fotópicas (cones) a escotópicas (bastonetes). O sistema visual humano percebe como mais brilhantes os matizes de baixo comprimento de onda (azuis, por exemplo) visualizados em condições de pouca iluminação. Ou seja, temos mais sensibilidade para perceber os comprimentos de onda próximos do azul em condições escotópicas e os matizes de alto comprimento de onda são melhor percebidos em condições fotópicas. Na penumbra, uma superfície azul parecerá mais brilhante que outra vermelha.

A **memória da cor** revela como as nossas expectativas a respeito das cores habituais dos objetos influem na percepção da cor do objeto real ou imagem. Este fenômeno pode ser atribuído a nossas expectativas e processos cognitivos. Pela memória da cor, a cor usual de um objeto geralmente influi em nossa percepção de cor real deste objeto. Nossos conhecimentos e expectativas podem moldar nossas percepções.



Cor, cognição e cultura

5 Cor, cognição e cultura

Fatores culturais e psicológicos influem na seleção de cores. Foley (1986) relata que o processo de identificação e categorização de cores é algo complexo. Nem todos os membros de uma categoria de cor são tratados de uma mesma maneira, sobretudo aqueles que se encontram no limite de categorizações como, por exemplo, azuis e verdes. Embora tais cores sejam categorizadas tecnicamente a partir do comprimento de onda azul abaixo de 480 nm e verde acima de 497 nm os observadores confundem-se quando solicitados a avaliar comprimentos de onda de 491 nm por exemplo (Foley, 1986). Por estar no campo intermediário de dois matizes, a metade dos observadores o interpretam como azul e outra metade como verde. Em outros estudos, esse mesmo autor conclui que algumas cores são identificadas e categorizadas mais rapidamente e conseqüentemente recordadas com maior facilidade; são elas: azul, amarelo, verde e vermelho. Essas quatro cores tem uma especial importância para nossos processos sensoriais e psicológicos.

Bruner, citado por Luria (1990), notou que toda a percepção é um processo ativo, inerentemente complexo de classificar informações novas em categorias conhecidas, sendo um evento intimamente ligado às funções de abstração e generalização da linguagem. Assim, se reconhecemos que a percepção é uma atividade cognitiva complexa que emprega dispositivos auxiliares e envolve uma participação íntima da linguagem, deve-se alterar as noções clássicas de percepção como um processo não mediado, dependente somente de leis científicas relativamente simples.

Portanto, estruturalmente, a percepção depende de práticas humanas historicamente estabelecidas que podem não só alterar os sistemas de codificação usados no processamento da informação, mas também influenciar a decisão de situar os objetos percebidos em categorias apropriadas. Para Luria (1990), pode-se tratar o processo perceptivo como similar ao pensamento gráfico: ele possui aspectos que mudam com o desenvolvimento histórico.

Um enfoque histórico exige que se observe os códigos historicamente estabelecidos na percepção de objetos e de propriedades relativamente simples, questionando-se se as leis da cor e da forma permaneceram imutáveis ao longo dos séculos (Luria, 1990). Sem dúvida essas leis possuem uma

natureza historicamente limitada. As categorias familiares da percepção de cores (vermelho, amarelo, verde e azul) ou da percepção das formas (quadrados, triângulos, círculos etc.) expressam regras perceptuais típicas daqueles seres humanos, cuja consciência tem sido formada sob a influência de categorias estabelecidas durante um período particular de tempo, sob influência de conceitos aprendidos em situação de ensino.

5.1 O legado histórico

Segundo Pastoreau (1997), parece existir na história ocidental da cor três fases de mutações essenciais. Primeiramente, a Idade Média Feudal (séculos X-XII), que vê desaparecer a antiquíssima organização ternária, que remonta à proto-história e está construída à volta de apenas três pólos: preto, branco e vermelho. A isto sucede-se uma nova ordem das cores, articulada à volta de combinações novas, no seio das quais seis cores passam a desempenhar um papel preponderante: o branco, o preto, o vermelho, o azul, o verde e o amarelo.

Depois do fim da Idade média, no início dos tempos modernos, em poucas décadas (entre 1450 1550), por causa da divulgação da imprensa, da imagem gravada, e também por causa da reforma protestante, o preto e o branco saem da ordem das cores. Preparava-se, deste modo, o terreno para as experiências de Newton e para a valorização do espectro solar, desconhecido das sociedades antigas e Medievais.

No começo da Revolução Industrial (1750-1850), quando pela primeira vez na história o homem europeu é capaz de fabricar, tanto no domínio da tinturaria, como no da pintura, uma nuance de cor previamente escolhida, mais do que um mero processo técnico, trata-se de uma alteração cultural de grande alcance.

Não há nada de universal na cor, nem na sua natureza, nem na sua percepção. Por isso mesmo, não acredito de todo na possibilidade de um discurso científico unívoco sobre a cor, unicamente fundado nas leis da física, da química e da matemática. Para mim a cor que não é

vista, é uma cor que não existe. O único discurso possível sobre cor é de natureza antropológica (Pastoreau, 1997, p.15).

De forma mais pontual que Pastoreau (1997), Gage (1993) destaca a importância da contribuição da antiguidade clássica para a história das cores. Segundo Gage (1993), os pintores antigos trabalhavam com uma paleta extremamente limitada. Apeles, Accaio, Melantio e Nicómaco só utilizavam quatro cores - o branco, o amarelo, o vermelho e o preto. Essas quatro cores básicas estariam relacionadas com as doutrinas hipocráticas dos quatro humores que distinguem aspectos do rosto humano: o sangue (vermelho), a fleuma (branca), a bílis (amarela) e a bílis (preta). Estes, perfeitamente combinados, proporcionam o perfeito equilíbrio do organismo. Um dos argumentos mais persistentes a favor da teoria das quatro cores é que este reduzido número de pigmentos cromáticos básicos poderia ser aumentado através de mesclas. No século XVII, um erudito calculou que com estas quatro cores poder-se-ia conseguir cerca de 800 variações. Contudo, os gregos não utilizavam as mesclas intercromáticas e sim efeitos clareadores e escurecedores na cor.

O filósofo Empédocles (492 - 432 aC) também postulava que toda a natureza consistia de quatro elementos: ar, terra, fogo e água. Ele afirmava que esses quatro elementos, combinados em proporções variadas, formavam tudo o que existia, inclusive as cores. Para ele existiam quatro cores primárias: vermelho (ar), verde amarelado (terra), branco (fogo) e preto (água) (Golding e White, 1997).

Em todos os escritos antigos a cor ocupa uma posição ambígua: por um lado serve de base para o meramente decorativo, o falso; mas, por outro, é o que proporciona à pintura vida e credibilidade. Para os filósofos gregos o objetivo da arte era imitar a natureza e a cor poderia fomentar ou entorpecer tal objetivo (Gage, 1993). No século XV, quando Alberti relaciona as cores aos quatro elementos, a tradição grega ainda não havia sido revista. Para Alberti, vermelho representava o fogo; azul, o ar; verde, a água; e o cinza, a terra. Posteriormente, Leonardo da Vinci, a partir das idéias de Alberti, identificou o amarelo como terra e reabilitou o branco e o preto como cor.

A origem histórica da idéia de cores primárias também é complexa e, no contexto da pintura, está claro que a própria evolução esteve presa a uma forte resistência dos pintores a

usarem mesclas. Em 1664, o químico irlandês Robert Boyle resumiu em sua obra o conjunto de cores primárias:

[...]existem umas quatro cores simples ou primárias (se me permite dizê-lo assim), que em diferentes composições dão como resultado todas as demais [...] para mostrar a variedade de cores necessita empregar mais que o branco, o preto, o vermelho, o amarelo e o azul.; estas cinco cores em distintas composições e decomposições são suficientes para mostrar uma variedade e um número de cores dificilmente imagináveis [...] (Boyle apud Gage, 1993, p. 36)

Em 1839, o químico francês M. E. Chevreul (*De la loi du contraste simultané des couleurs*) afirmava sumariamente em sua obra que os antigos haviam utilizado uma paleta com cinco cores primárias, a tríade vermelho, amarelo e azul, mais branco e preto, e que as mesclas produziam-se espontaneamente (ópticamente) mediante o efeito dos contrastes simultâneos.

Estudos precisos nessa área são difíceis, pois muitos documentos descrevem o material colorante e não o nome da cor propriamente. Um exemplo está ligado ao vocabulário heráldico, em que a cor estava relacionada ao valor material; dos metais mais preciosos aos pigmentos mais caros, como o lápis lazuli (azul ultramar).

5.2 Cor e linguagem

O processo de identificação e categorização das cores está intimamente ligado à linguagem. Nomear uma cor implica a articulação de todo um repertório em termos de experiência cromática e vocabulário.

A preocupação de muitos estudiosos da linguagem das cores têm sido responder à seguinte questão: Se o olho é capaz de distinguir milhões de matizes cromáticos, por que a maior parte das culturas e a história escrita apresentam um léxico reduzido de termos que oscila entre oito ou onze palavras básicas para identificar cores? Para Luria (1990) o olho humano pode distinguir até dois ou três milhões de matizes diferentes, mas possui somente vinte e cinco termos para nomeá-los. Uma pessoa que percebe determinado matiz isola seus aspectos primários e o classifica em uma categoria de cor mais ampla¹⁶.

16. Observam-se diferentes referências relativas à quantidade de cores que o olho humano pode perceber. Para Carramilo Neto (1997, p. 59) a vista humana pode diferenciar cerca de 10.000 tonalidades e uma centena de grises. Já para Ungerer & Schmid (1996), o ser humano pode distinguir aproximadamente 7.500 tons. Segundo o hiperímia PANTONE, pessoas com visão normal para cores podem perceber milhões de diferentes cores do espectro visível.

O conceito de termos básicos para cores é uma idéia relativamente moderna. Berlin e Kay publicaram em 1969 a obra *Basic Color Terms*, originando a maior parte das reflexões posteriores (Gage, 1993). Os autores analisaram cerca de 98 idiomas e propuseram um modelo articulado em onze níveis, capaz de explicar a evolução dos léxicos cromáticos:

- ***Nível um** - incluía o branco e o preto;
- ***Nível dois** - branco, preto e vermelho;
- ***Nível três** - branco, preto, vermelho, verde ou amarelo;
- ***Nível quatro** - branco, preto, vermelho, amarelo ou verde;
- ***Nível cinco** - branco, preto, vermelho, verde, amarelo e azul;
- ***Nível seis** - branco, preto, vermelho, verde, amarelo e marrom;
- ***Nível sete** - o púrpura, o rosa, o laranja, o cinza... até completar os 11 níveis.

O referido estudo recebeu críticas por parte dos lingüistas e etnógrafos. Eles alertam que as culturas de nível I e II distinguem cores claras e escuras, quentes e frias ou úmidas e secas. Outro aspecto refere-se ao método, que utilizou cores correspondentes ao sistema de Munsell (Gage, 1993).

Gage (1993) destaca que a identidade cromática que revela a linguagem deve relacionar-se com a mais ampla experiência cromática que existe dentro de uma cultura, experiência que difere bastante, segundo os diferentes grupos interessados em cor. As crianças podem constituir um grupo, cujo desenvolvimento do léxico pode coincidir com o proposto por Berlin e Kay, mas as mulheres, como grupo, não correspondem a esse esquema devido ao seu amplo manejo com a cor. Pode-se estabelecer outras conexões com grupos de profissionais segundo seu grau de interesse por cores.

Parece claro que muitas pessoas que não estão relacionadas profissionalmente com a terminologia da cor possuem um vocabulário reduzido, e este atua poderosamente na própria percepção. A percepção cromática e a linguagem relacionam-se intimamente; o léxico que se dispõe desempenha um papel fundamental na criação de qualquer linguagem de símbolos cromáticos, visto que a ação de simbolizar é, sobretudo, uma função da linguagem (Gage, 1993).

5.2.1 As contribuições da lingüística cognitiva

A lingüística cognitiva tem estudado a complexidade presente no processo de identificação e nomeação de objetos, situações e fenômenos, com vistas a compreender o significado das palavras e situações. Quem pode realmente identificar o ponto onde um chuvisco vira chuva e chuva transforma-se em neve, ou onde a névoa e o nublado terminam?

Ungerer & Schmid (1996) alertam que estes limites nem sempre são claros e que algumas propriedades físicas, que não podem ser tocadas (como duração, cheiro, altura, brisa e cores), são compostas por escalas muito amplas, definidas por dois extremos.

Uma escala de cores não cria uma divisão natural e clara como se comparássemos livros, carros e montanhas. Portanto, na ótica da lingüística cognitiva a classificação de cores só pode ser concebida como processo mental e não como propriedade física. Esse processo mental que estuda a natureza complexa do que vemos e como o classificamos é chamado de categorização. Seus produtos são categorias cognitivas, por exemplo, azul, vermelho e amarelo (Ungerer & Schmid, 1996).

Luria (1990) analisou o processo de nomeação e classificação de cores e figuras geométricas em povos do Uzbequistão, região montanhosa da extinta União Soviética, nos anos de 1931 e 1932. Foram apresentados aos sujeitos¹⁷ pequenos novelos de lã (ou seda) de diferentes cores (quadro 08) para serem nomeados. Os ativistas das fazendas coletivas e as estudantes responderam como as crianças em idade escolar de Moscou. Eles freqüentemente designavam cores através dos nomes categoriais (azul, vermelho, amarelo...), mas, algumas vezes demonstravam dificuldades na nomeação das cores de n.16, 18, 19, 23, 24 e 26. Já os trabalhadores das fazendas diziam: "um trator é uma máquina, um trator também é uma máquina, o mesmo ocorre com as cores. Os homens que não conhecem cores as chamam todas de azul". As mulheres deram nomes de cores mais ricos e mais diversificados que os trabalhadores das fazendas e os estudantes. Nomes de objetos (como cor-de-romã, pistache etc.) foram empregados por 16% dos sujeitos.

Quadro 08: cores apresentadas aos sujeitos da pesquisa.

17. Nesse experimento foram envolvidos diferentes grupos populacionais com qualificações educacionais e experiência diversificadas: mulheres analfabetas, homens camponeses (analfabetos), ativistas de fazendas coletivas, mulheres semi-alfabetizadas e alfabetizadas.

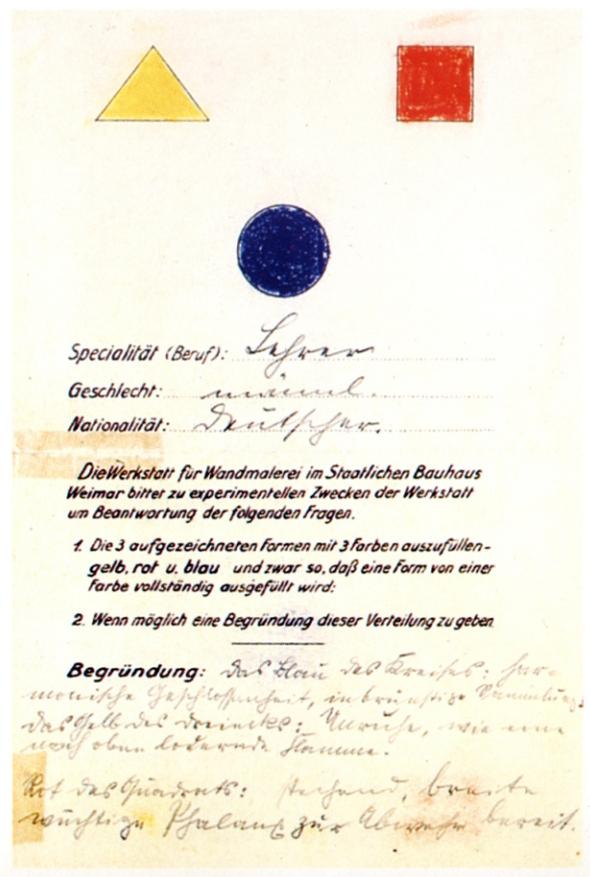


Figura 21: Questionário aplicado por Kandinsky na Bauhaus que objetivava relacionar formas básicas e cores

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 1.rosa brilhante | 15.nuanças de azul |
| 2.vermelho | 16.nuanças de azul |
| 3.vermelho vinho | 17.nuanças de azul |
| 4.amarelo escuro | 18.azul celeste |
| 5.amarelo claro | 19.azul celeste claro |
| 6.amarelo esbranquiçado | 20.violeta |
| 7.amarelo limão | 21.laranja |
| 8.amarelo esverdeado | 22.marrom |
| 9.palha | 23.rosa claro |
| 10.nuanças de verde | 24.rosa escuro |
| 11.nuanças de verde | 25.rosa saturado |
| 12.nuanças de verde | 26.cinza |
| 13.nuanças de verde | 27.castanho |
| 14.preto | |

Num segundo momento, a pesquisa solicitava que as pessoas agrupassem as cores. Sujeitos com nível de desenvolvimento cultural relativamente alto, jovens com algum tipo de educação formal, não tiveram dificuldades para separar cores em vários grupos. Contudo, as mulheres apresentavam um sistema totalmente diferente. A tarefa de dividir cores em grupos criava uma completa confusão gerando respostas do tipo: "isto não pode ser feito, nenhuma delas é a mesma cor, não podemos colocá-las juntas" (Luria, 1990, p. 45). Muitas se recusaram a executar os agrupamentos. Foi observado que as mulheres analfabetas, altamente familiarizadas com o bordado, utilizavam nomes gráficos e de objetos para as cores, ao invés de nomes categoriais. Portanto, seu processo de agrupamento e classificação fugia totalmente dos padrões categoriais explicitados na literatura sobre psicologia da percepção. Uma operação com cores de tal natureza desaparece entre os grupos mais desenvolvidos, visto que a nomeação categórica de cores é mais proeminente.

5.3 Cor e forma

Uma composição cromática, assim como toda a experiência visual, é dinâmica. As cores apresentam características de peso, distância e movimento, que combinadas a proporções e localizações de forma distintas, constroem uma informação complexa. Nesse sentido, em situações de criação ou de análise costuma-se considerar as relações e os efeitos gerados pelos diversos elementos num determinado conjunto.

As relações entre cor e forma foram estudadas por diversos autores. Kandinsky aprofundou este tema, partindo de pesquisas realizadas no contexto da Bauhaus. Ele explorou a teoria da cor, a teoria da forma e as relações entre ambas. Para o artista a composição é "uma organização exata e regular das forças vivas, contidas nos elementos em forma de tensão". Kandinsky evidenciava que dentre as forças que a cor possui, a que mais importava era a força de alteração na percepção da forma. As cores deveriam ser analisadas em relação às formas geométricas simples, em relação aos efeitos gerados pelas complementares em formas similares, pela relação entre formas livres e cores básicas e pela reciprocidade percebida entre formas e cores. Em 1924 ele distribuiu na Bauhaus um questionário que pedia que os alunos marcassem qual forma elementar combinava com as cores primárias. A maioria escolheu as seguintes associações: triângulo-amarelo, quadrado-vermelho e círculo-azul. A figura 21 mostra a página do questionário apresentado por Kandinsky¹⁸.

Para formulação das relações forma-cor, Kandinsky também se valia do princípio da temperatura. Esse tipo de associação é um tópico recorrente desde Goethe e muito comum na história da teoria das cores: temperaturas formais e temperaturas cromáticas. Kandinsky relacionou forma e cor observando os efeitos que umas exercem sobre as outras, destacando que o valor de certas cores é realçado pela ação de certas formas, abafado ou atenuado por outras. Segundo ele, as cores mais agudas têm suas características acentuadas pelas formas agudas. Já as cores apropriadas ao efeito de profundidade são intensificadas pelas formas arredondadas. O autor também considerou as relações entre cor, retas e ângulos concluindo que quanto mais agudo um ângulo, mais próximo ele está do calor agudo (amarelo), em contrapartida, o calor diminui consideravelmente à medida que nos aproximamos do ângulo reto vermelho, e inclina-se paulatinamente em direção ao frio, até que se forma o ângulo obtuso azul" (Wink, 1999).

Klee abordou as relações entre forma, cor e movimento. Segundo os princípios crescente e decrescente ele explorava o movimento das cores (por exemplo: das frias às quentes, das quentes às frias, podendo direcionar o resfriamento ou aquecimento da composição). Klee respiciava sua abordagem com o estudo do tema "formas elementares" passando para "cores elementares". Estas abordagens encorajavam o sentido de organização dos espaços e abriam a visão para as infinitas possibilidades do design: através da

18. Apesar de alguns questionamentos sobre a condução do estudo de Kandinsky, estas atribuições ainda são válidas atualmente (Droste,1992, p.88).

proporção, da rotação, de reflexões e etc.

A partir do estudo do movimento pendular e da observação da faixa do arco íris Klee concebeu o círculo de seis cores. No que concerne a representação das relações das cores entre si, esse disco é muito mais expressivo do que a faixa espectral do arco-íris. Ele distinguia o movimento das cores na periferia do círculo e no sentido diametral. Para Klee o movimento era importante não apenas para o processo de criação mas para o de recepção, ou mais precisamente para o processo de percepção da imagem. Klee não submeteu as diferentes cores a uma investigação isolada, procurava enfatizar sempre a busca das relações.

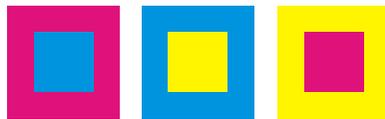


Figura 22: Contraste de matiz

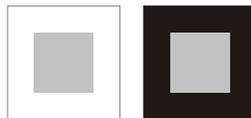


Figura 23: Contraste de saturação

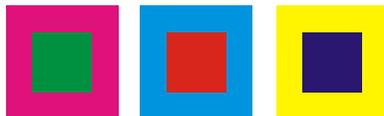


Figura 24: Contraste complementar

Itten também afirmava que as formas geométricas e as cores do espectro eram os meios mais simples, sensíveis e fortes para representação de uma obra expressiva. Cada forma possui uma cor local. A cada forma geométrica corresponde uma cor, a saber: círculo/azul, quadrado/vermelho, triângulo/amarelo (Wick, 1989). Muito de sua teoria está pautado nas leis dos contrastes.

Os estudos de Kandinsky, Klee e Itten foram muito significativos para compreensão da linguagem cromática. Para a história ocidental das formas, de tradição renascentista, o desenho é o princípio construtivo por excelência. Convencionalmente, a estrutura era definida pelo desenho e as cores acrescentadas posteriormente, como um elemento subserviente¹⁹. A expressão "desenho na cor" explorada pelo artista Henri Matisse, no contexto do Modernismo, tentou superar esta polaridade (desenho/cor). Ao buscar uma nova ordem construtiva para cor, ele constata que na cor o que vale são as relações do todo. Ele revelava sua intenção em configurar a pura "irradiação formal da cor".

5.3.1 Sistemas de contrastes e harmonias

No âmbito da aplicação da cor, algumas relações compositivas têm se perpetuado a partir das práticas, de documentos escritos, gráficos e imagens pictóricas.

As diferentes organizações colorísticas de contrastes e harmonias permitem a construção e o destaque de relações espaciais, conceitos e idéias. No campo do design gráfico, a informação cromática de uma peça pode valorizar a identificação de certas estruturas e influenciar o comportamento humano. Portanto, a cor além de uma função

estética, pode atuar informativamente, funcionalmente ou simbolicamente a partir de códigos mais ou menos explícitos.

5.3.1.1 Contrastes

A definição mais simples de contraste é, de fato, a diferença ou o grau de diferença entre objetos com natureza semelhantes ou comparáveis. O uso do contraste traz dinamismo à uma imagem, conduzindo o olhar do observador, destacando áreas e hierarquizando informações.

Com base nos estudos de Itten (1993), mas também explorado por Golding (1997), existem tipos básicos de contraste que podemos usar para evidenciar uma imagem, a saber: contraste valor, contraste matiz, contraste saturação, contraste complementar, contraste quente/frio e contraste de espaço.

*Contraste de matiz

É o contraste existente entre quaisquer dois matizes puros no disco de cores. Neste tipo de contraste, a relação mais intensa ocorre entre as três cores primárias. Como estas cores não têm absolutamente nada em comum, as interações entre elas são particularmente fortes. Uma forma de suavizar o contraste entre as cores é modificar algumas delas criando mesclas ou nuanças²⁰. Novamente, isto aumenta a distância entre as cores e diminui a tensão geral do espaço.

*Contraste de saturação

Quando posicionamos mesclas, nuanças e tonalidades de uma única cor próximos uns dos outros obtemos um contraste de saturação. O contraste de saturação provavelmente é dos mais sutis. Uma cor pode ser denominada saturada quando não estiver contaminada com preto, branco ou cinza. No momento em que qualquer destas cores neutras se infiltra em uma cor pura, esta perde a saturação.

*Contraste complementar

Este é o mais intenso de todos os contrastes possíveis, pois está fundado na oposição entre cores complementares. As cores complementares têm uma natureza altamente polarizada, porque são misturadas a partir de proporções exatamente opostas às cores primárias. Como consequência, sua interação é sempre forte, em muitos casos quase tão vibrantes quanto o contraste entre preto e branco. Como os contrastes complementares são tão intensos, podem ser úteis para dirigir o olhar do observador para várias partes de

19. O desenho ocidental, estruturador das formas é centrípeda, explora o centro e a gravidade, raramente estabelecendo uma relação com o entorno. As idéias de Itten também foram consideradas inovadoras frente ao ensino clássico ocidental que dicotomizava a criação da forma. Tradicionalmente o desenho é o elemento que circunscreve e delimita o espaço, enquanto a cor apenas preenche. Segundo esse paradigma o processo de criação plástica estava submetido a seguinte norma: "desenha-se e depois colore-se".

20. Quando se combina um matiz puro com branco o resultado é denominado mescla. O rosa é uma mescla do vermelho com o branco. Quando se mistura o matiz puro com o preto, o resultado é denominado nuança da cor. O índigo é uma nuança do azul.

um layout. Contudo, deve-se observar que as complementares, em altos níveis de saturação, comprometem a legibilidade.

***Contrastes quente/frio**

As interações entre cores quentes e frias criam contrastes poderosos. Afinal, as cores quentes e frias estão em oposição no disco de cores. Além do contraste simples de complementos, há um estranho efeito que ocorre quando cores quentes e cores frias são colocadas próximas umas das outras. Em geral, as cores frias parecem recuar, enquanto as cores quentes avançam para o primeiro plano. Este fenômeno visual torna os contrastes quente e frio úteis para fazer os objetos saltarem do plano da figura e flutuarem à frente de outros objetos. Por sua própria natureza, isso torna as cores frias mais adequadas para cores de fundo que as cores quentes, já que não competem com as imagens e com o texto no primeiro plano.

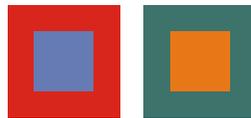


Figura 25: Contraste quente/frio

Visualmente, os tons de vermelho são considerados mais quentes, enquanto os azuis mais frios. O verde obtido através da mistura do azul com o amarelo pode ser considerado quente ou frio, dependendo de como é usado. O grau de temperatura de qualquer cor é relativo; existem tons de vermelho mais frios e tons de azul mais quentes. Tudo depende da proporção de tons misturados para adquirir aquele tom particular e dos tons que o cercam.

É importante lembrar que, aqui, as concepções estéticas de temperatura (quente/fria) resultam de estados psicológicos. Como já foi abordado neste capítulo, o conceito de temperatura de cor, na física, é oposto, ou seja, as ondas curtas (azuis) produzem mais calor que as longas (vermelhas). Popularmente, sabe-se que as ondas ultravioletas são as que queimam mais a pele e que as chamadas azuis são as que produzem mais energia.

5.3.1.2 Harmonização cromática

Harmonia é a arte de arranjar as cores em um projeto evitando que os observadores sejam atingidos por grandes diferenças cromáticas. A presença da harmonia quase nunca é notada, mas sua ausência fica sempre imediatamente aparente. Embora não hajam regras fechadas de harmonia para se seguir estritamente, há alguns princípios gerais que se pode usar para criar escalas de cores harmoniosas.

A harmonização possui alguns princípios fundamentais (Golding, 1997):

***Similaridade:** em composições, cores semelhantes funcionam bem quando juntas;

***Familiaridade:** considera as expectativas do observador;

***Equilíbrio:** distribuir as cores segundo seu peso aparente;

***Ordem:** qualquer boa escala de cores deve ter uma ordem cuidadosamente planejada que governe não apenas a escolha das cores, mas a colocação destas na composição;

***Ambigüidade:** procura-se eliminar todos os elementos de incerteza e de indefinição das composições.

A harmonia cromática, na tradição artística ocidental, expressa o equilíbrio dos elementos de escalas de tons. Assim, busca-se o equilíbrio entre uma cor dominante, uma cor tônica (que traz contraste) e uma cor intermediária (Goldman, 1998; Pedrosa, 1989):

** Cor dominante:* é aquela que ocupa a maior extensão no conjunto da composição;

** Cor tônica:* é a coloração vibrante que, por ação de contraste complementar, dá o tom ao conjunto;

** Cor intermediária:* é a coloração que forma a passagem, o meio-termo entre a cor dominante e a cor tônica.

Em certo grau, os princípios da harmonia e do contraste parecem contradizer-se diretamente. Porém, nenhum conjunto de princípios é inerentemente melhor que outro. Quando se constrói uma escala de cores deve-se selecionar e adotar alguns princípios e, invariavelmente precisaremos descartar outros. A harmonia e o contraste são faces diferentes da mesma moeda - se tiver um, sem o outro, o observador percebe que algo está faltando (Golding, 1997).

Como estratégias de harmonização, podemos citar:

*** Harmonia Monocromática**

É a mais simples de todas as harmonias. Como o nome sugere esta escala emprega uma única cor. O uso de diversas mesclas e nuanças da cor produz a variedade. Portanto, uma escala monocromática baseada no vermelho pode incluir o vermelho puro, o vermelho tijolo (uma nuance de vermelho), o morango (uma leve mescla de vermelho) e o rosa (uma mescla extrema do vermelho).

A estrutura central exemplifica uma dupla complementar (linha vertical), a escala complementar dividida (triângulo) e a escala complementar duplamente dividida (retângulo).

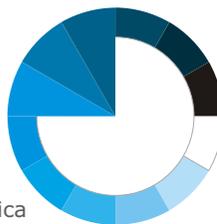
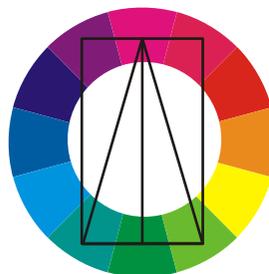


Figura 26: Harmonia monocromática

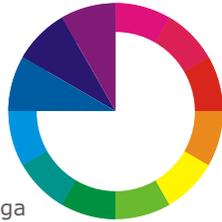


Figura 27: Harmonia Análoga



Figura 28: Harmonia complementar ou oposta



Figura 29: Harmonia complementar dividida

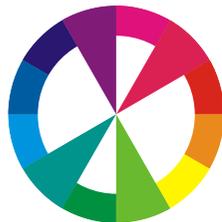


Figura 30: Harmonia complementar duplamente dividida

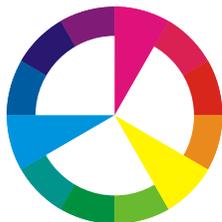


Figura 31: Harmonia tripla ou tríade

As harmonias monocromáticas tendem a ser extremamente integradas e agradáveis, e são também adequadas para se estabelecer o estado de espírito geral desde que se possa definir o estado de espírito com uma única cor. Às vezes a escala de cores monocromática pode ser insípida devido à falta de variação e portanto perde o interesse dos observadores.

*** Harmonia Análoga**

A harmonia análoga emprega duas ou três cores vizinhas umas às outras no disco de cores (vermelho, vermelho-violeta e magenta, por exemplo). O incrível número de combinações possíveis torna esta harmonia bem versátil. Embora seja possível expandir uma harmonia de cores análogas para incluir quatro ou até mesmo cinco cores adjacentes, se isto acontecer, a faixa de cores será tão grande que as cores nos extremos de espectro terão pouca relação umas com as outras, o que tende a diluir o efeito geral de uma escala de cores análogas. Embora harmonias de cores análogas sejam extremamente versáteis, a similaridade das cores tende a deixá-las também harmoniosas. Infelizmente, esta falta de contraste marcante geralmente significa que harmonias de cores análogas criadas de modo pobre, podem deixar de prender a atenção do observador.

*** Harmonia Complementar ou Oposta**

É formada pelo uso de cores localizadas em exata oposição no disco cromático, ou seja, as cores denominadas complementares. Estas cores têm proporções inversas das três cores primárias. As harmonias de cores complementares são extremamente atraentes e vibrantes em muitos casos, até mesmo mais atraentes que as harmonias que empregam as três cores primárias.

*** Harmonia complementar dividida**

Esta é uma variação da escala das cores complementares. Aqui um dos complementos é quebrado nas duas cores adjacentes a ele. A partir de escala de cores complementares vermelho-ciano, por exemplo, pode-se transformar numa escala "complementar duplamente dividida" utilizando-se o vermelho em oposição ao azul claro e ao verde mar. A vantagem é que esta escala possui um maior variedade tonal.

*** Harmonia complementar duplamente dividida**

Como o nome indica, a escala de cores complementares duplamente dividida, utiliza as cores adjacentes das duas complementares. A vantagem deste tipo de escala é que ela se torna mais variada (White, 46).

*** Harmonia Tripla ou Tríade**

Emprega três cores diferentes que estejam igualmente espaçadas ao longo do disco de cores. A escala mais eficiente deste tipo é a das três escalas primárias, mas pode ser constituída por três cores "secundárias" ou três "terciárias".

Os princípios tratados anteriormente não são rígidos. São orientações disseminadas pela cultura e pela literatura, incluindo textos de cientistas, artistas e filósofos. Sua aplicação depende sempre de especificação do contexto e dos meios em que deverão ser empregados. Nesse sentido, Guimarães (2001) ressalta a importância da "cor como informação". O autor discorre sobre a cor que colabora no processo de comunicação em diferentes mídias e como, a partir de uma multiplicidade de códigos, a composição cromática pode contribuir no sentido de organizar, dirigir e acrescentar valores à informação textual. O autor ressalta que a leitura de um conjunto visual não é sincrônica, como exemplo pode-se citar uma página de jornal, onde os títulos, o corpo da matéria e a legenda são lidos de forma diacrônica, ou seja, em planos diferentes.

No ato de informar e comunicar a cor pode atuar de forma positiva ou negativa (Guimarães, 2003). Como ações negativas destacam-se a saturação, a redução, a neutralização, a maquiagem e a camuflagem. A "saturação" está ligada ao amplo acesso e popularização da cor. Guimarães (2003) faz uma diferenciação entre uso da cor saturada ou uso saturado da cor, pois a primeira nem sempre implica em exagero. Uma página inteiramente composta por cores saturadas pode não ser considerada saturada de cores, desde que as cores tenham cumprido os objetivos propostos para a comunicação. A ação negativa da "redução" refere-se a diminuição do repertório semântico das cores. Ocorre quando uma cor é utilizada repetidas vezes e sua associação a um significado se torna estereotipada. Já a ação negativa da "neutralização" é identificada quando há o mesmo tratamento cromático em informações não relacionadas, gerando interpretações equivocadas. O princípio primordial para a atividade de comunicação visual é que informações semelhantes ou afins devem receber o mesmo tratamento gráfico e informações diferentes devem receber tratamento diferenciado.

Percebe-se a ação negativa da "omissão/sonnegação" quando ocorre a ausência de cor, seja por questões técnicas ou de natureza econômica. A "dissonância" ocorre quando a aplicação de cores é contraditória ou dissonante em relação a

aos outros elementos da página. A “maquiagem/camuflagem” refere-se a utilização de filtros ou iluminação diferenciada, ou tratamento da edição gráfica na manipulação cromática de imagens. Estes recursos são utilizados no intuito de valorizar a imagem, mas, muitas vezes, este efeito cria uma aparência que não corresponde a realidade do objeto em foco, camuflando a informação. O “falseamento” e a “deformação” são ações negativas que induzem o leitor, intencionalmente ou não, a incorporar os valores equivocados em relação ao conjunto verbo-visual.

As ações positivas da cor são “antecipação”, discriminação, condensação e intensificação Guimarães (2003). A “antecipação” ocorre quando a cor se antecipa aos outros códigos (no caso de uma revista ou jornal são texto e imagem) e delimita um número de significantes retirados de seu repertório. A ação positiva da “discriminação/diferenciação” é possível quando, a partir da cor pode-se estabelecer diferenças, contribuir para a organização da informação, selecionar e ressaltar parte do todo, criar hierarquias tanto em leitura quanto em importância. A “condensação e a intensificação” se referem à ação da cor, capaz de concentrar em si a essência do discurso verbal e gráfico. A intensificação tende a chamar a atenção do leitor para a essência simbólica da cor e para a forma como a composição visual foi trabalhada, com a finalidade de relacionar cor e mensagem.

Para a construção de informações cromáticas, em projetos gráficos comprometidos com a qualidade da informação, Guimarães (2003) recomenda:

1. A determinação de quais cores estão associadas à natureza concreta do fato;
2. A construção da paleta de cores;
3. A obtenção de um sistema simbólico coerente, responsável de alto valor informativo e coerente com as intenções da publicação;
4. A adaptação do sistema simbólico aos recursos e limitações do meio ou dos meios em questão.

O autor também propõe um modelo para investigação da cor-informação em produtos na mídia impressa e digital. Este modelo requer:

1. Identificação das características técnicas da mídia. Avaliação de quais os recursos disponíveis, quais os utilizados e quais as limitações técnicas podem restringir a paleta de cores. Deve-se considerar o tempo de produção, que é diferente em cada mídia, e a qualidade de reprodução e cores;
2. Observação da linha editorial da publicação, a partir da avaliação de outras notícias publicadas; observar se o comportamento pressuposto é eventual e se ocorre com frequência; avaliar as ações positivas e negativas das cores;
3. Avaliação das cores utilizadas e das suas relações hierárquicas com base no sistema simbólico das cores.



Considerações finais

6 Considerações finais

Ao longo do texto “Fundamentos da cor”, procurou-se destacar os principais eixos que contribuem para compreensão do fenômeno cromático. Conceitos oriundos de diferentes campos de investigação relacionam-se de forma específica com a produção, visualização e uso da cor. O fenômeno cromático é mais que um conjunto de regras físicas e metafísicas; requer um entendimento de óptica, processamento neural e cognição dos sistemas de representação e de recepção.

Inicialmente, evidenciou-se que o estímulo físico (luz) quando detectado e interpretado pelo nosso sistema visual (olho e cérebro) resulta numa cor particular. As imagens do mundo visual são projetadas na retina. A retina é composta de cones e bastonetes organizados como um mosaico. Com baixa luminosidade, os bastonetes enviam sinais para o cérebro resultando na percepção monocromática. Com o aumento de iluminação os cones respondem. Há três tipos de cones, cada um com uma propriedade espectral e espacial diferenciada. As combinações de cones formam sinais oponentes: preto-branco, vermelho-verde, azul-amarelo. Os três canais oponentes têm diferentes resoluções espaciais. A partir das respostas de combinações dos cones (ou as respostas oponentes) é possível criar combinações que não têm propriedades físicas idênticas. Muitos equipamentos simulam cor com base nos modelos físico e fisiológicos da percepção cromática.

Os parâmetros da cor (matiz, valor e saturação), assim como os principais sistemas de representação da cor também foram abordados no capítulo dois. Eles estão organizados em dois grandes grupos, a saber: os sistemas baseados em mistura de cores (RGB, CMYK) que envolvem a definição de um conjunto fixo de primárias da síntese aditiva (luz) ou subtrativa (pigmento) e os sistemas baseados em intervalos visuais (como o *Munsell System* e o *NCS*). Para o designer gráfico o conhecimento das características e aplicações de cada sistema cromático é fundamental. Eles influenciam na concepção e aplicação correta da cor em projetos gráficos direcionados aos meios impresso e digital.

No tópico “aparência da cor” destacou-se as influências da iluminação, do contexto ambiental, de fatores psicológicos e fisiológicos que afetam a percepção das cores. Alerta-se que

quando o designer utilizar cartelas de cores para especificação, as condições padronizadas de observação em termos de iluminação e ambiente sejam mantidas. Se um exemplo for utilizado, deve-se certificar se as alterações na aparência da cor em função da luz são aceitáveis. Se os colorantes não forem cuidadosamente selecionados, combinações metaméricas podem surgir. O estímulo metamérico é a base da reprodução de cores e da combinação de materiais que usam diferentes corantes.

Procurou-se destacar que o processo de nomeação e categorização de cores é complexo e dependente da linguagem. Os códigos e estratégias compositivas de uso cromático são produtos construídos historicamente. Também as práticas, a cultura material e o ensino contribuem para a disseminação dos principais parâmetros de estudo e utilização da cor em diferentes campos, sobretudo na área de Design.



Lista de Figuras

2

1. Cores espectrais | Fonte: Berns (2000)
2. O processo fisiológico: o olho | Fonte: adaptado de Berns (2000)
3. Curvas de sensibilidade | Fonte: Berns (2000)
4. Percurso do olho ao cérebro | Fonte: adaptado de Greenberg; Aminoff e Siman
5. Transmissão dos sinais visuais no cérebro | Fonte: adaptado de Guimarães (2000)
6. Uso da assimetria do cérebro na imagem | Fonte: adaptado de Guimarães (2000)

3

7. Parâmetros da cor | Fonte: adaptado de Guimarães (2000)
8. Síntese aditiva/cor luz | Fonte: adaptado de Berns (2000)
9. Cubo de cor | Fonte: adaptado de Berns (2000)
10. HLS | Fonte: adaptado de Berns (2000)
11. Síntese subtrativa/cor-pigmento transparente | Fonte: adaptado de Pedrosa (1982)
12. Escala Pantone | Fonte: <http://www.pantone.com/>
13. Os dez matizes ordenados em círculo por Munsell | Fonte: <http://www.andrew.cmu.edu/>
14. A árvore de Munsell | Fonte: <http://daicolor.co.jp/>
15. The Munsell Book (página interna) | Fonte: Berns (2000)
16. Triângulo CIE | Fonte: adaptado de <http://www.iefg.biotoul.fr/>

4

17. Aparência da cor | Fonte: adaptado de Berns (2000)
18. Diferença de luminosidade em relação ao fundo | Fonte: adaptado de White e Goldin (1997)
19. Contraste simultâneo | Fonte: adaptado de Pedrosa (1982)
20. Disco de Benham | Fonte: adaptado de Foley e Matlin

5

21. Questionário aplicado por Kandinsky na Bauhaus que objetivava relacionar formas básicas e cores | Fonte: Droste (1992)
22. Contraste de matiz | Fonte: adaptado de White e Goldin (1997)
23. Contraste de saturação | Fonte: adaptado de White e Goldin (1997)
24. Contraste complementar | Fonte: adaptado de White e Goldin (1997)
25. Contraste quente frio | Fonte: adaptado de White e Goldin (1997)
26. Harmonia monocromática | Fonte: adaptado de White e Goldin (1997)
27. Harmonia análoga | Fonte: adaptado de White e Goldin (1997)
28. Harmonia complementar ou oposta | Fonte: adaptado de White e Goldin (1997)
29. Harmonia complementar dividida | Fonte: adaptado de White e Goldin (1997)
30. Harmonia complementar duplamente dividida | Fonte: adaptado de White e Goldin (1997)
31. Harmonia tripla ou tríade | Fonte: adaptado de White e Goldin (1997)