

COR LUZ, COR PIGMENTO E OS SISTEMAS RGB E CMY

THE ADDITIVE COLOR MODEL RGB, AND SUBTRACTIVE COLOR MODEL CMY

Prof. Me. João Carlos Rocha

Resumo: Este texto pretende tratar dos sistemas de cor RGB (*Red, Green and Blue* – Vermelho Verde e Azul) e CMY (*Cyan, Magenta and Yellow*- Ciano, Magenta e Amarelo), bem como suas relações. O sistema RGB é conhecido como sistema cor-luz ou sistema aditivo. O sistema CMY é conhecido como sistema cor-pigmento ou sistema subtrativo. Ambos são o oposto físico/matemático um do outro e suas permutações indicam as relações entre as cores opostas e/ou complementares bem como as relações entre positivo/negativo de cores e de luz.

Palavras-Chave: Cor, Luz, Pigmentos, Impressão.

Abstract: Summary: this text aims to treat RGB color schemes (Red, Green and Blue – red green and blue) and CMY (Cyan, Magenta and Yellow-Cyan, Magenta and yellow), as well as their relationships. The RGB color system is known as light or system additive. The CMY system is known as colour pigment system or subtractive system. Both are the opposite physical/mathematical one another and their permutations indicate the relationships between colors opposite and/or complementary as well as relations between positive/negative color and light.

Key-words: Color, Light, Pigments, Print.

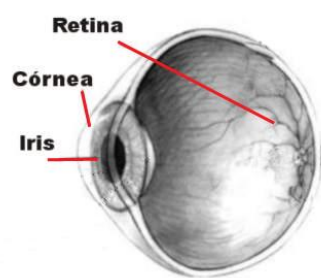
INTRODUÇÃO

As cores estão tão presentes em nossa vida, em nosso dia-a-dia, que mal lhes damos importância. Na verdade, a cor, bem como sua percepção, fazem parte de um conjunto quase indissociável que permeia várias esferas que vão da ciência à arte, do técnico ao estético. Neste texto veremos algumas relações técnicas que envolvem a cor.

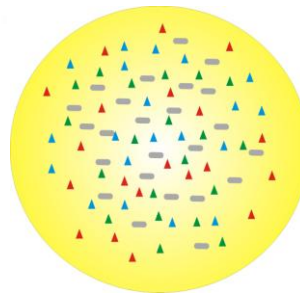
Reflexões sobre a cor

Quando tratamos do assunto cor, a primeira coisa que devemos levar em consideração é a própria conformação do olho humano. Nossos olhos possuem na retina 2 tipos de sensores: os cones e os bastonetes; os cones permitem a percepção das cores e os bastonetes a percepção dos tons de cinza. Nós herdamos de nossos antepassados a visão tricrômica, ou seja, vemos todas as cores baseadas em apenas três: o vermelho, o azul e o verde. Os bastonetes nos permitem “ver” à noite, ou seja, podemos perceber silhuetas com algum grau de precisão, sem, no entanto, notarmos os detalhes.

Nos primatas a visão é baseada no vermelho, azul e verde, já os outros mamíferos geralmente só percebem duas delas. Os répteis e alguns insetos, no entanto, enxergam “cores” que nós não podemos.

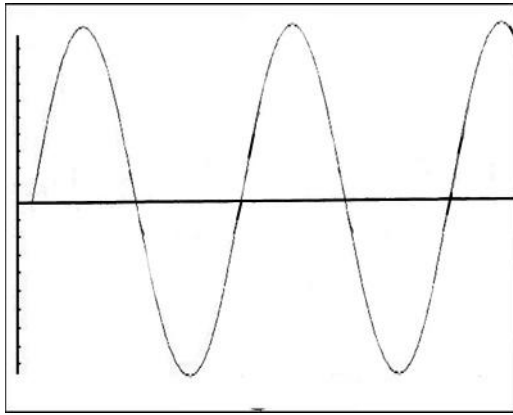


Corte lateral do olho

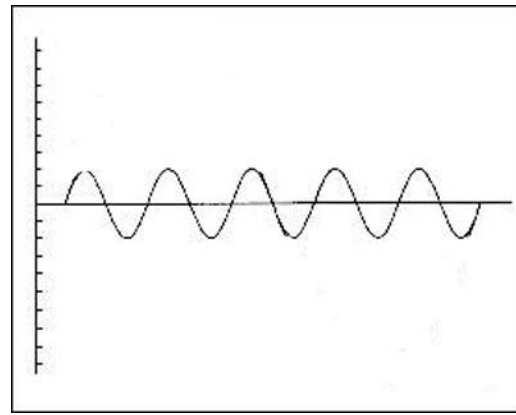


Retina cones e bastonetes

A segunda coisa importante para entendermos as cores é a luz. A luz visível faz parte de um conjunto de vibrações eletromagnéticas, das quais só uma porção é percebida por nós. Por eletromagnético entenda-se alguma coisa elétrica, ou magnética, ou qualquer interação entre as duas. No universo, elétrons existem “soltos” no espaço, eles não viajam em linha reta, mas oscilam num movimento em forma de onda. Sua velocidade é constante, porém sua oscilação pode abranger quilômetros ou centímetros.



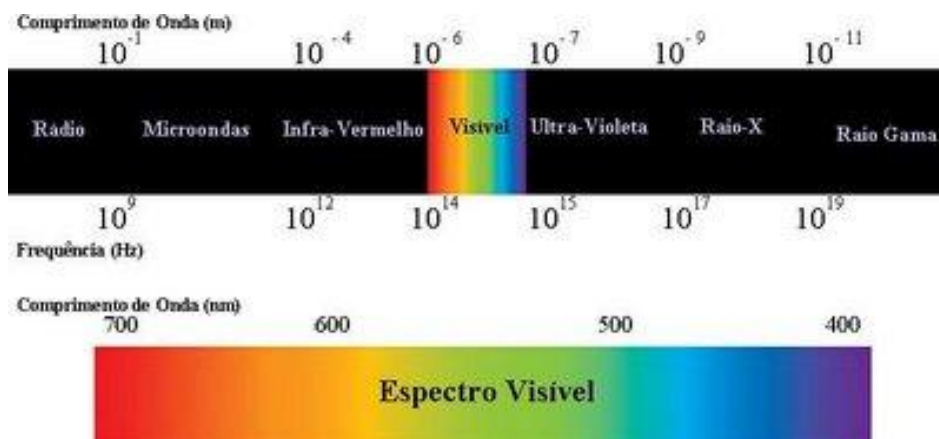
Ondas longas/baixa frequência



Ondas curtas/alta frequência

Quando a oscilação é próxima de 100 metros, ela passa a ter o mesmo tamanho das ondas de rádio (comerciais). Conforme a oscilação aumenta, o tamanho da onda diminui, ou seja, o espaço percorrido é menor, de tal forma que, ao chegar próximo dos nanômetros, o elétron libera um fóton e aí temos a luz visível. Caso esta vibração continuasse nós teríamos os raios-x, os raios-gama e assim por diante.

A relação entre a oscilação do elétron e o tamanho da onda é sempre proporcional, ou seja, quanto maior a oscilação, menor o tamanho da onda e quanto menor a oscilação, maior o tamanho da onda. O tempo que o elétron ou fóton leva para oscilar é chamado de frequência. Assim, frequência é qualquer coisa que acontece num determinado intervalo de tempo, portanto, é o tempo que o elétron gasta para percorrer o espaço durante sua oscilação.



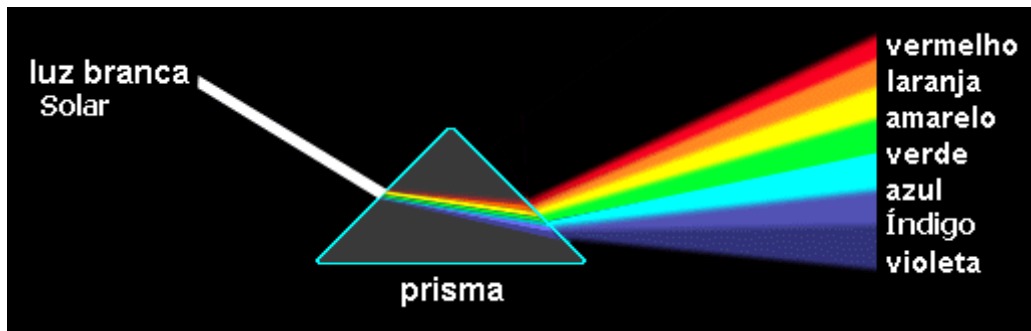
A luz visível se encontra na porção entre o tamanho de 380nm e a frequência de 790 THz e vai até 740nm e a frequência de 405 THz. Esta porção chamamos de “espectro visível”. No entanto a luz que chamamos de branca é, na verdade, formada por sete cores que vão do vermelho ao violeta. Abaixo do vermelho temos o infravermelho, que nós não enxergamos, mas répteis, como as cobras, vêem. Acima do violeta temos o ultravioleta que nós também não vemos, mas muitos insetos, sim.

Para facilitar a compreensão, nano significa 10^{-9} , ou seja, 0,0000000001 metros e Tera significa 10^{12} ou 1.000.000.000.000 Hz ou vibrações por segundo.

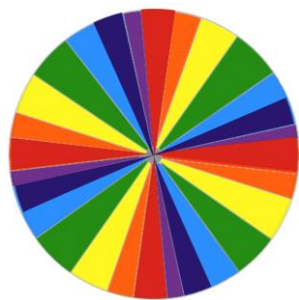
Cor	Comprimento de onda	Frequência
vermelho	~ 625-740 nm	~ 480-405 THz
laranja	~ 590-625 nm	~ 510-480 THz
amarelo	~ 565-590 nm	~ 530-510 THz
verde	~ 500-565 nm	~ 600-530 THz
ciano	~ 485-500 nm	~ 620-600 THz
azul	~ 440-485 nm	~ 680-620 THz
violeta	~ 380-440 nm	~ 790-680 THz

Isaac Newton fez experiências com a luz, e com a ajuda de um prisma (triângulo sólido de vidro) decompôs a luz do sol e obteve as sete cores: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul claro, azul escuro e violeta. Mais tarde, Newton tentou recombinar as sete cores para obter a luz branca. Num primeiro momento, pintou as sete cores num disco (como fatias de uma pizza) que girou por meio de uma manivela, porém, obteve somente as cores vermelha, verde e azul.

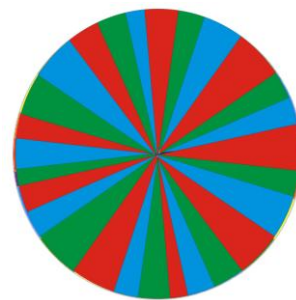
Posteriormente ele pintou num outro disco as cores vermelha, verde e azul e obteve algo próximo do branco, na verdade, um branco amarelado. Desta forma, Newton descobriu que para recompor a luz branca não são necessárias as setes cores originais, mas apenas o vermelho, o verde e o azul (RGB).



Na época de Newton, ainda não se sabia muita coisa sobre a fisiologia do olho humano e como o famoso físico não entendeu completamente o fenômeno que observara, também não descobriu o motivo pelo qual não obteve a cor branca. O engano de Newton foi ter pintado as três cores na mesma proporção, ou seja, ele dividiu o círculo em várias “fatias” iguais. E assim cada cor ocupou um espaço idêntico no disco, resultando num branco que tendia para o amarelo, praticamente bege.

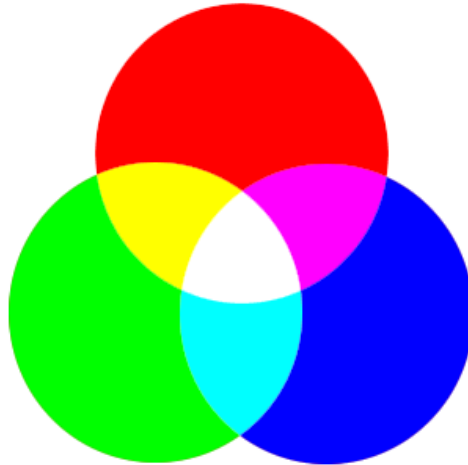


Disco de Newton 1ª tentativa



Disco de Newton 2ª tentativa (RGB)

Na verdade, para obtermos a cor branca neste processo é necessário misturarmos o vermelho o verde e o azul em proporções diferentes: 30% de vermelho, 59% de verde e 11% de azul. A explicação para este fenômeno teve que esperar até o final do século 19, quando os fisiologistas se debruçaram sobre a questão.



Círculos Cromáticos RGB

Porém, antes que isto acontecesse, um outro problema de ordem prática havia surgido, com o início da Revolução Industrial, cujo produto principal eram os têxteis, logo se percebeu que, não havia um padrão para as cores dos tecidos, ou seja, não havia uma definição científica ou técnica para o que era vermelho, azul ou verde, ou ainda qualquer outra cor. O que era vermelho para uns, podia ser um laranja avermelhado para outros, o vermelho podia variar entre o vermelho propriamente dito, passar pelo bordô e chegar às vezes até uma espécie de magenta.

Em meados do séc. 19 surge um padrão técnico para a definição da cor em tecidos, baseado na mistura em proporções corretas dos pigmentos mais conhecidos, confiáveis e usados.

Já a definição para cores na luz demoraria mais um pouco e uma tabela para sua definição só se torna possível graças aos trabalhos do físico britânico Willian Thomson, (Sir Willian Thomson, 1º Barão de Kelvin of Largs) ou simplesmente Lord Kelvin. Ao estudar a expansão dos gases, elaborou uma escala (escala Kelvin) que, mais tarde, seria usada para medir a cor das fontes luminosas.

Para “medir” a cor foi feita a seguinte experiência: uma barra de ferro foi aquecida até atingir a cor vermelha e a temperatura foi medida não na escala Celsius ou Fahrenheit, mas na graduação criada por Thomson, ou seja, graus Kelvin (ou K°).

Nesta escala, a barra de ferro aquecida até o vermelho atingiu 1200 K° e a partir daí, através de cálculos, as outras cores foram obtidas.

Na escala Kelvin, 0° equivale a -273° Celsius, portanto, basta subtrair 273 de qualquer medição em Kelvin para se obter o equivalente em graus Celsius, pois as duas escalas seguem o sistema métrico-decimal.

Desta forma, as cores das fontes luminosas possuem as seguintes medidas:

ESCALA KELVIN	
<i>Vermelho</i>	<i>1200 K°</i>
<i>Laranja</i>	<i>3200 K°</i>
<i>Amarelo</i>	<i>3800 K°</i>
<i>Verde</i>	<i>4500 K°</i>
<i>Azul claro</i>	<i>5600 K°</i>
<i>Azul escuro</i>	<i>7000 K°</i>
<i>Violeta</i>	<i>11000K°</i>

Obs.: o azul escuro também é conhecido como azul marinho ou índigo, e por vezes é chamado erroneamente de anil.

Também é importante ressaltar que uma fonte luminosa, uma lâmpada amarela por exemplo, não gera 3800K° de calor, mas sim a coloração (radiação luminosa) equivalente a 3800K°. A título de comparação um alto forno de siderurgia funde ferro a partir de 900C°, ou seja, 1173K°, assim, se uma lâmpada gerasse todo esse calor seria impossível termos iluminação elétrica.

Desta forma as diferentes fontes de luz possuem diferentes cores, ou seja, cada fonte luminosa emite mais uma cor do que outra. A este fenômeno chamamos de “temperatura de cor”. São as seguintes temperaturas de cor das fontes luminosas mais conhecidas:

TEMPERATURA DE COR
<i>1200k° Fogueira</i>
<i>1700k° Vela</i>
<i>2800k° Lâmpada incandescente doméstica</i>
<i>3200k° Lâmpada incandescente estúdio</i>
<i>4100k° Luar (Lua cheia)</i>
<i>5600k° Luz diurna (dia ensolarado)</i>
<i>7000k° Dia nublado</i>
<i>9000k° até 25000k° Praia, alto-mar, montanha, gelo, neve e grandes altitudes</i>

No entanto, o sistema que permite a obtenção de cores através da combinação do vermelho do azul e do verde é completamente diferente daquele empregado na obtenção das cores de tintas.

Neste ponto notou-se que existiam duas formas de se lidar com a cor, e são assim elaborados dois sistemas: um para cores oriundas de corpos que emitiam luz e outro para corpos opacos que refletiam a luz.

O sistema que regula as cores dos corpos que emitem luz é conhecido como RGB (*Red, Green and Blue* em inglês, ou seja, vermelho, verde e azul) e o sistema que regula as cores de corpos opacos é o CMY (*Cyan, Magenta and Yellow* em inglês, ou seja, ciano, magenta e o amarelo).

O RGB é também conhecido como sistema de Cor Luz, e trabalha por adição ou seja, se somarmos as três cores básicas, nas proporções corretas, obteremos a cor branca.

Já o CMY é conhecido o sistema de Cor Pigmento, e trabalha por subtração, ou seja, se somarmos as três cores nas proporções corretas obteremos preto (desde que se use pigmentos apropriados e de boa qualidade).

A “versão” industrial do CMY é o CMYK, no qual o Preto é adicionado e não obtido por meio de mistura. Assim, o CMYK é baseado em quatro cores e foi criado como uma opção mais barata, pois não necessita de pigmentos puros e mais caros, sendo usado para impressões em larga escala. A letra K, do CMYK, tanto significa preto (*Black*), como chave (*Key*), pois a cor preta é usada para interferir nos detalhes na impressão.

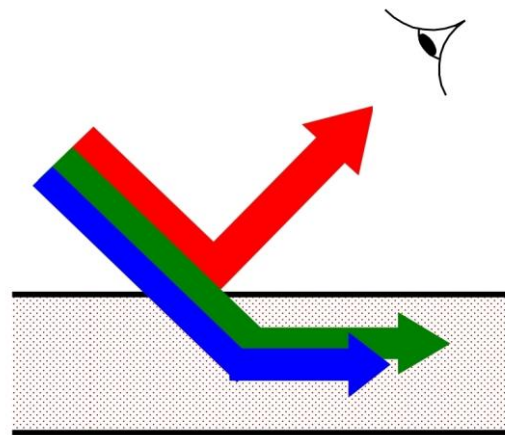
O RGB é usado em Fotografia, Cinema, Vídeo, Televisão, Fotografia Digital e na tela dos computadores; já o CMY é empregado para impressão em baixa escala, ou seja, nas impressoras domésticas e também nas artes plásticas.

Para entendermos melhor a diferença entre um sistema de outro vejamos os seguintes exemplos:

Sistema RGB: imagine acender sobre uma superfície (uma parede branca, por exemplo) duas lâmpadas, uma de 100W de potência e outra de 50W. O resultado não será a média das duas (75 W), mas a soma (150 W), portanto, houve uma adição.

Sistema CMY: se juntarmos um litro de tinta branca com um de tinta preta obteremos dois litros de tinta cinza, ou seja, a média das duas cores. Ao mesmo tempo em que clareamos o preto escurecemos o branco. Neste processo temos uma reação

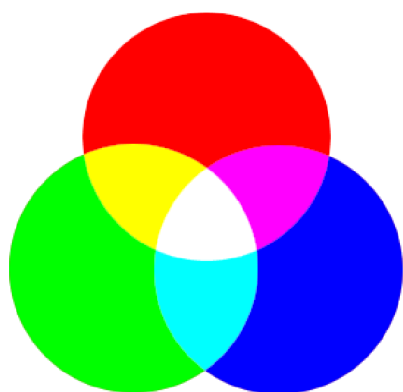
química que depende não só da qualidade dos pigmentos, mas também do suporte aonde aplicaremos a tinta. Além disso, a luz refletida pela superfície de um corpo colorido somente emite a cor específica daquele corpo. Por exemplo: uma superfície vermelha, ao ser iluminada com luz branca, refletirá (e mostrará) somente a cor vermelha, absorvendo o verde e azul que não veremos, e desta forma enxergaremos “menos” informação luminosa, pois parte da luz não será vista (as vibrações referentes ao Verde e ao Azul).



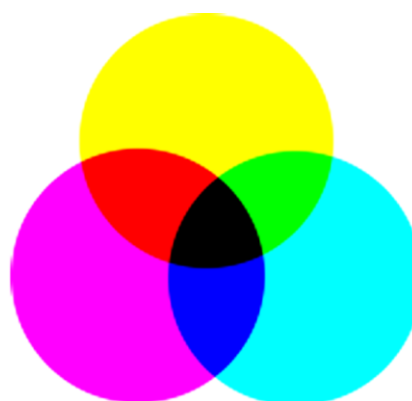
No exemplo só a cor vermelha da maçã foi refletida.

No sistema RGB a luz (ou seja, o “branco”) se encarrega de levar a cor; no sistema CMY a base (ou seja, o papel, ou tela) tem de ser branca para refletir a luz . No CMY deve-se levar em conta mais um detalhe: a tinta tem que ter uma densidade própria de modo a criar uma espécie de trama, que deixe vaziar o fundo branco onde a tinta foi aplicada, para que possa haver reflexão da luz e assim enxergarmos o brilho apropriadamente. Por este motivo a impressão é sempre feita em papel branco, caso contrário, as cores sairiam alteradas.

Como podemos observar nas figuras a seguir, as cores primárias num sistema são secundárias no outro e vice-versa.



Círculos Cromáticos RGB



Círculos Cromáticos CMY

As cores no sistema RGB seguem a seguinte proporção:

<i>RGB</i>	
<i>Branco</i>	<i>100%</i>
<i>Amarelo</i>	<i>89%</i>
<i>Ciano</i>	<i>70%</i>
<i>Verde</i>	<i>59%</i>
<i>Magenta</i>	<i>41%</i>
<i>Vermelho</i>	<i>30%</i>
<i>Azul</i>	<i>11%</i>
<i>Preto</i>	<i>0%</i>

sendo:

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

As cores no sistema CMY seguem a seguinte proporção:

CMY	
Preto	100%
Azul	89%
Vermelho	70%
Magenta	59%
Verde	41%
Ciano	30%
Amarelo	11%
Branco	0%

sendo:

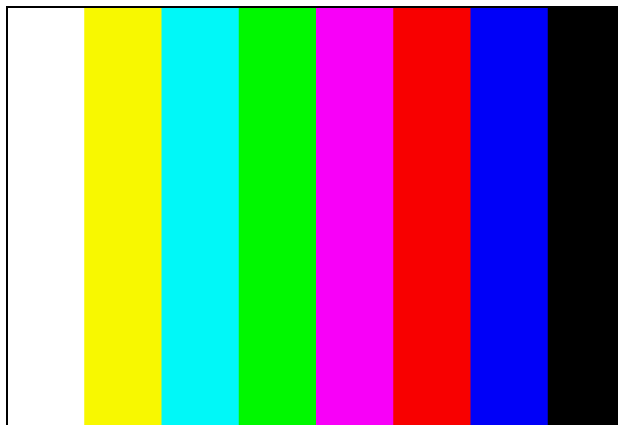
CMY PERCENTUAL	
Preto =	30% ciano + 59% magenta + 11% amarelo – cor terciária
Azul =	30% ciano + 59% magenta – cor secundária
Vermelho =	59% magenta + 11% amarelo – cor secundária
Magenta =	59% magenta – cor primária
Verde =	30% ciano + 11% amarelo - cor secundária
Ciano =	30% ciano – cor primária
Amarelo =	11% amarelo – cor primária
Branco =	0% (é considerado ausência de informação no CMY)

A melhor maneira de entendermos o sistema RGB (e por extensão o CMY) é observarmos o que em televisão é chamado de *Color Bar*.

Color bar são as barras coloridas que a emissoras transmitem (geralmente de madrugada) quando interrompem as transmissões, e que são usadas para ajuste e regulagem dos equipamentos da emissora, desde as câmeras até os monitores.

Existem vários padrões de *Color Bars*, no entanto, para melhor exemplificarmos, utilizaremos o padrão EBU (*European Broadcasting Union*) ou *Full Bar*, composto por oito barras verticais.

Neste exemplo, perceba como as barras seguem da esquerda para a direita, na seguinte ordem: branco, amarelo, ciano, verde, magenta, vermelho, azul e preto e ocupam a tela verticalmente de cima até embaixo.



Sendo:



Repare que se somarmos a barra branca com a preta obteremos 100%, se somarmos amarelo com azul teremos também 100%, ciano com vermelho 100% e verde com magenta 100%. Isto indica que a disposição das cores obedece a dois princípios: o negativo de cor e de luz, ou seja, a cor e seu oposto complementar.

Na natureza podemos afirmar que o azul é o contrário do amarelo e o vermelho é o contrário do verde (na verdade, ciano), por contrário entenda-se oposto ou complementar. Israel Pedrosa, em seu livro *Da Cor à Cor Inexistente*, chama a atenção para a percepção que temos das cores, e para isto, ele se vale de um pequeno “defeito”

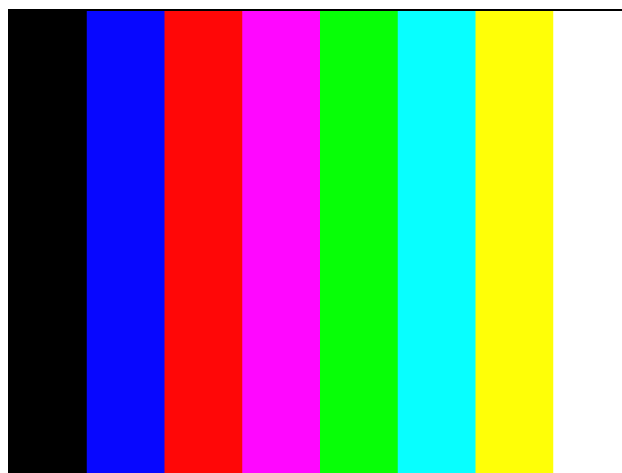
que existe na nossa visão: a persistência das imagens na retina. Toda imagem que vemos fica retida na retina por cerca de 1/10 de segundo, ou seja, ao olharmos fixamente para alguma coisa por muito tempo, a imagem ficará desenhada no fundo de nossos olhos e demorará algum tempo para desaparecer.

Se olharmos para uma paisagem ensolarada, nosso olho demorará algum tempo para se acostumar quando entrarmos num ambiente fechado, mesmo que bem iluminado. Da mesma maneira, se olharmos diretamente para o sol, ou outra fonte luminosa, isto ficará marcado na retina por algum tempo até sumir. Ou seja, nossos olhos demoram para “apagar” uma imagem e substituí-la por outra. Graças a esta “deficiência” é que o cinema ou a televisão (ambos uma sucessão de imagens paradas) nos dão a ilusão de movimento.

No que se refere à cor especificamente, se olharmos por muito tempo para um objeto, a imagem dele ficará formada na nossa retina, porém com a cor invertida. Na verdade a cor e a luz ficarão invertidas. Desta forma, um objeto vermelho, se olhado por mais de 20 segundos fixamente, ficará registrado na nossa retina como ciano, que é o negativo da cor e da luz do vermelho.

Faça a experiência: olhe para algum objeto com uma única cor, por cerca de 30 segundos sem piscar e sem mexer os olhos e, em seguida, olhe para uma parede branca fixamente. Você verá o objeto em negativo de cor e de luz.

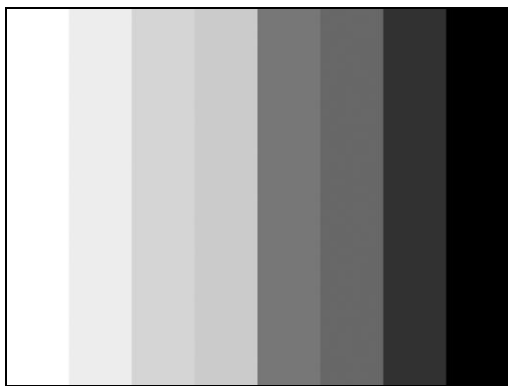
Se passássemos a *Color Bar* para o negativo de cor e luz obteríamos a seguinte imagem:



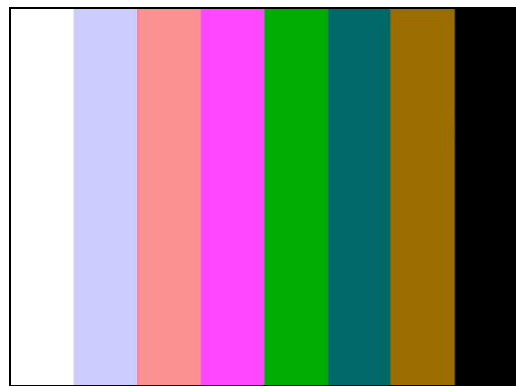
Color Bar negativo de cor e de luz

Repare que as barras se inverteram e ficaram como se as tivéssemos colocado de cabeça para baixo, ou seja, elas ficaram perfeitamente invertidas, dando o primeiro indicativo de que o sistema é matematicamente correto.

No entanto, se mantivéssemos a base preto e branco da imagem e adicionássemos a cor negativa obteríamos a seguinte imagem:

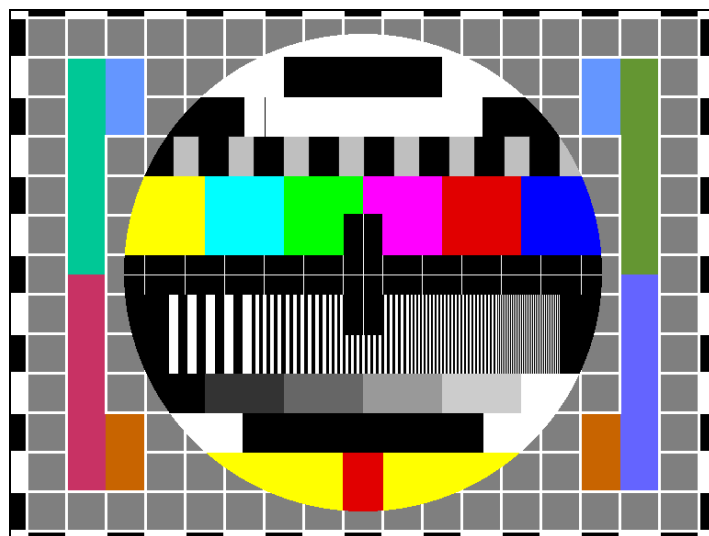


Base P/B positiva



Base P/B positiva e cor negativa

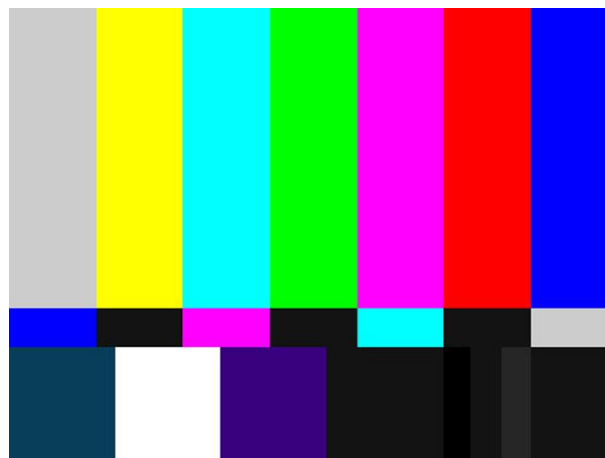
Neste caso houve o que chamamos de inversão de fase (*Hue ou Phase*), ou seja, a base branco e preto da imagem está positiva, mas a cor está negativa. Isto ocorre quando o equipamento não está devidamente ajustado. As cores ficaram então da seguinte forma: branco, azul claro, rosa, magenta, verde, azul da prússia, sépia, preto. Curiosamente, em outros padrões de *Color Bar* temos essas cores “invertidas” fazendo parte do padrão, como, por exemplo, nas barras padrão Philips.



Philips PM5544

Note que nas laterais do quadro temos retângulos com as cores em fases invertidas para ajudar no ajuste da imagem.

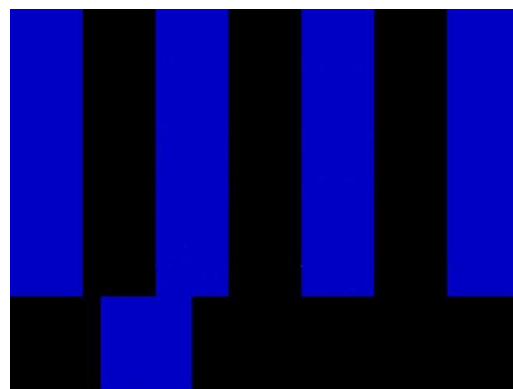
Além destes dois padrões temos o padrão SMPTE (*Society of Motion Picture and Television Engineers*) que permite um ajuste mais simples do equipamento, desde que os monitores possuam o ajuste *Blue Only*. O recurso *Blue Only* exclui o vermelho e o verde da imagem, bem como o amarelo, que é a combinação dos dois. Este ajuste só é possível com imagens eletrônicas, pois a informação de cor (Crominância) é separada da informação de luz (Luminância). Graças a isso, por exemplo, é que podemos ajustar a saturação (intensidade das cores) de um televisor, indo da imagem preto e branco até a saturação excessiva em que praticamente só teremos o vermelho o azul e o verde, quando perdemos os meios-tons cromáticos.



Padrão SMPTE



SMPTE Blue Only (sem crominância)



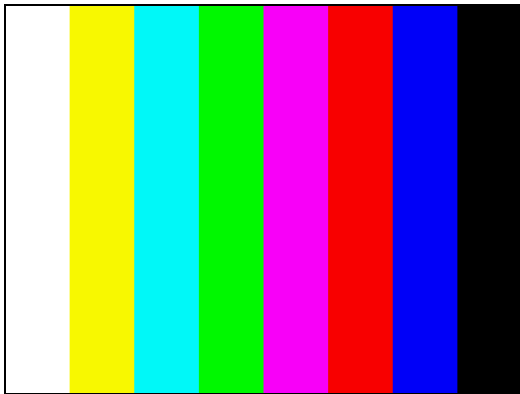
SMPTE Blue Only

Mas, apesar dos sistemas RGB e CMY serem matematicamente homólogos, na prática, isso não é totalmente verdadeiro, pois existe uma limitação física que impede que as cores de uma imagem em RGB saiam idênticas quando impressas.

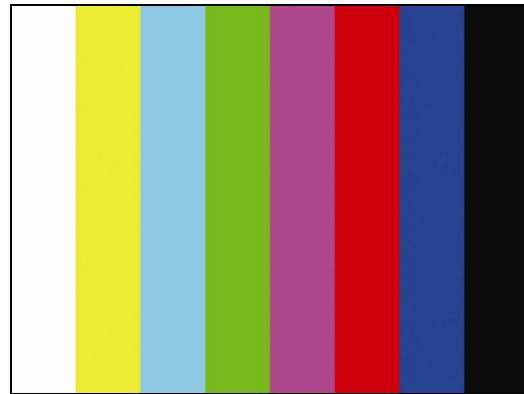
Se escanearmos, fotografarmos ou filmarmos uma imagem impressa, estaremos convertendo esta imagem ao padrão RGB. Neste caso não teremos uma alteração significativa das cores, elas apenas se tornarão mais luminosas. Porém se imprimirmos (passarmos para CMY) uma imagem que originalmente estava em RGB, notaremos que as cores sairão mais escuras e perderão os meios-tons.

Caso se imprima a imagem de uma *Color Bar*, as cores ficarão esmaecidas e perceberemos alterações cromáticas acentuadas na barra de cor ciano, que ficará turquesa (ou seja, perderá verde), e na barra de cor magenta, que ficará púrpura (perderá vermelho).

Isso se deve às limitações físicas do processo, bem como aos pigmentos usados, que por mais puros que sejam, reagem quimicamente de maneira diversa à esperada.

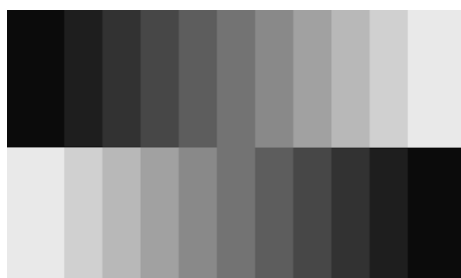


RGB

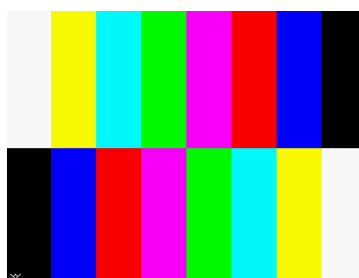


RGB convertido para CMY

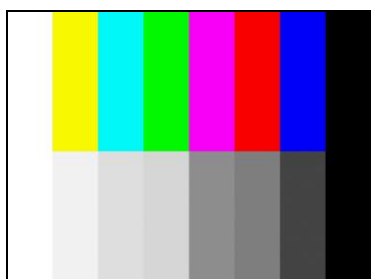
Existem ainda outros padrões de *Color Bar*, menos conhecidos, porém utilizados na Europa e Ásia, tais como:



HD Shade



Half Invert



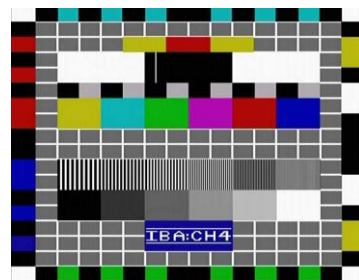
Half Color



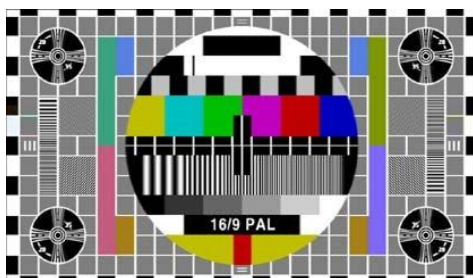
Philips PM5538



Grundig



IBA



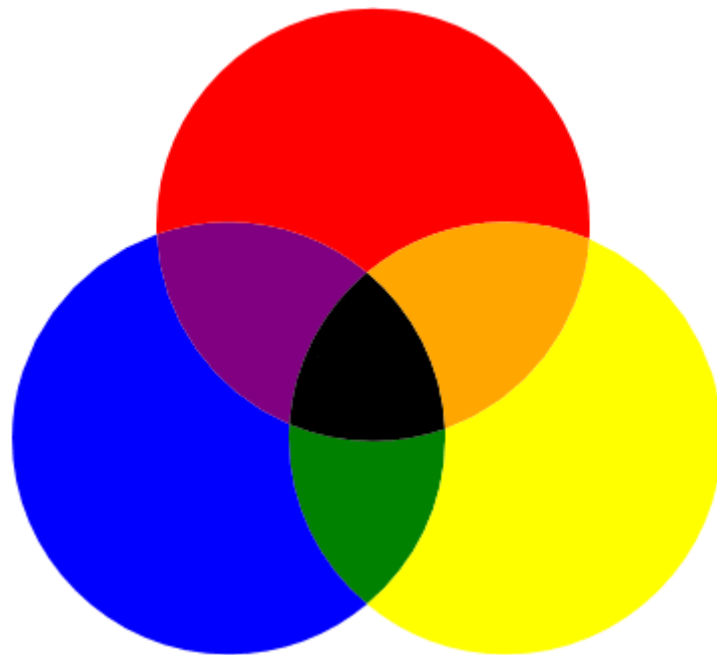
Philips HD



SMPTE HD

Existem outros sistemas de cor dos quais não trataremos aqui, porém é necessário citar: o sistema RYB (*Red, Yellow and Blue* – vermelho, amarelo e azul), que apesar de não corresponder matematicamente a nenhum outro sistema, pode ser usado em artes plásticas, e na fabricação de tintas que não exijam pigmentos “puros”, como, por exemplo, tintas de uso doméstico (para parede), automotivas, tecelagem e até na fabricação de papeis.

O sistema RYB necessita do uso combinado das cores branca (para clarear uma cor) bem como do preto (para escurecer uma cor), e por não possuir outro sistema equivalente, não é possível realizar sua conversão adequada para nenhum outro sistema, somente por aproximação.



Círculos Cromáticos RYB

Assim, imagine as limitações técnicas em imprimir um catálogo de cores de tintas de parede, que foi elaborado em RYB, em papel, que é produzido através do sistema CMYK.

Este é o motivo pelo qual muitas vezes a tinta na parede fica diferente do equivalente que está impresso no catálogo do fabricante.

Os sistemas RGB e CMY não são perfeitos, mas de todos os existentes (CMYK, HLS, HSB, HSV) são os dois que permitem a melhor correlação entre a tinta e a luz, o pigmento e a cor “pura”, o real e o virtual.

REFERÊNCIAS

Eastman Professional Motion Picture Films. Rochester: Kodak Prints, 1982.

Enciclopedia Focal de las Técnicas de Cine y Television. Barcelona: Ediciones Omega, 1976.

PEDROSA, Israel. Da Cor à Cor Inexistente. Rio de Janeiro: Editora Universidade de Brasília, 1982.

SPOTTISWOODE, Raymond. Film and Its Techniques. Berkeley: University of California Press, 1951.

The Focal Encyclopedia of Photography. New York: McGraw-Hill Book Company, 1965.

Webgrafia

Disponível em: < <http://www.smpte.org/home/> > Acesso em: 25 ago. 2010.

Disponível em: < <http://www.technicolor.com> > Acesso em: 25 ago. 2010.