

Cor

Ana Rita Mota

CFP/ Universidade do Porto

ana.mota@fc.up.pt

CITAÇÃO

Mota, AR (2017)

Cor,

Rev. Ciência Elem., V5(01):019.

doi.org/10.24927/rce2017.019

EDITOR

José Ferreira Gomes,
Universidade do Porto

RECEBIDO EM

20 de abril de 2017

ACEITE EM

15 de março de 2017

PUBLICADO EM

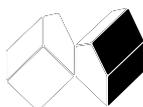
30 de junho de 2017

COPYRIGHT

© Casa das Ciências 2017.

Este artigo é de acesso livre, distribuído sob licença Creative Commons com a designação [CC-BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), que permite a utilização e a partilha para fins não comerciais, desde que citado o autor e a fonte original do artigo.

rce.casadasciencias.org



A cor de um objeto é um atributo da maneira como o vemos, dependente das características físicas do objeto, das condições de iluminação e da estrutura do nosso sistema visual. Assim, a cor não é uma característica própria do objeto e a sua explicação baseia-se num processo de mistura subtrativa. Se misturarmos luzes (corpos luminosos), a cor percebida resulta de um processo de mistura aditiva. Estes dois processos complementam-se, explicando o fenómeno da cor num referencial teórico único.

Por que motivo se misturarmos luz vermelha com luz verde, temos luz amarela, mas tinta vermelha com tinta verde dá uma tonalidade castanha? E por que motivo uma banana (amarela à luz natural) fica preta quando iluminada de luz azul?

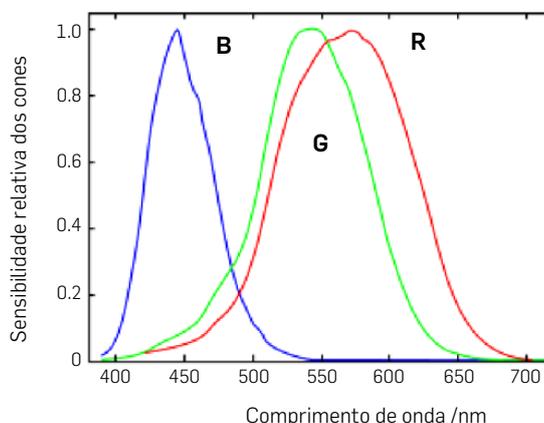


FIGURA 1. Sensibilidade relativa dos três tipos de cones (um dos tipos de células da retina especializadas na fotoreceção): "R" (red), "B" (blue) e "G" (green) à luz visível.

A percepção da cor é um fenómeno complexo, cuja explicação envolve processos físicos, fisiológicos e psicológicos. Numa primeira abordagem, mais simplista, a cor está relacionada com as características espectrais da radiação eletromagnética que chega à retina. A retina é constituída por milhares de células sensíveis à radiação visível – cones, que podem ser agrupados em três tipos, dependendo do tipo de radiação à qual são mais sensíveis, como podemos ver na figura 1.

Os três tipos de cones são sensíveis a uma determinada faixa de comprimentos de onda do espetro luminoso, mas mais intensamente aos picos situados a 445 nm (azul-violeta), 535 nm (verde) e 575 nm (laranja/vermelho). Assim, os cones "R" (red) absor-

vem a luz em torno de 575 nm de comprimento de onda, os cones "G" (green) em torno de 535 nm e, por fim, os cones "B" (blue) em torno de 445 nm. Cada um desses cones absorve luz noutros comprimentos de onda, mas em menor taxa.

Por comodidade, resolveu identificar-se estes cones como "G", "B" e "R", respetivamente, "VERDE", "AZUL" e "VERMELHO", pelo máximo de estimulação coincidir com os comprimentos de onda "VERDE", "AZUL" e "VERMELHO", mas a resposta dos cones a esta sensibilidade espectral depende não só dos comprimentos de onda, mas também da intensidade. Quando a luz visível ativa apenas um destes tipos de cones, temos a percepção de "VERDE", "AZUL" ou "VERMELHO", dependendo do tipo de cone estimulado. Por esta razão, estas cores são chamadas de cores primárias.

A sensibilidade destes cones à luz é diferente. Por exemplo, os cones "VERDES" são mais sensíveis do que os azuis, pelo que precisamos de menos luz para identificar o verde (em relação ao azul).

A variedade de cores que percebemos não é mais do que a combinação da diferente estimulação destes três tipos de cones. Se a retina tivesse um sistema de deteção com 6 tipos de categorias, teríamos seis cores primárias e a cor percebida seria o resultado de seis sinais. Desta forma, a cor percebida pode ser definida num espaço tridimensional de VERMELHO (RED), VERDE (GREEN) e AZUL (BLUE), o conhecido sistema RGB.

A abordagem anteriormente descrita é designada teoria de Young – Helmholtz. Apesar das suas limitações, ela é largamente usada pela comunidade científica, porque explica de uma maneira simplificada as principais características do processo de percepção da cor e permite prever com facilidade a cor percebida em vários contextos de iluminação.

Com pouca intensidade, os cones não são estimulados. Na retina, também existem os bastonetes (responsáveis pela visão noturna), que apenas detetam tons de cinza. Por esse motivo, "à noite todos os gatos são pardos", isto é, no escuro todos os corpos parecem iguais e com uma cor acizentada porque a baixas intensidades luminosas, o nosso sistema visual não permite perceber a cor.

De que depende, afinal, a cor de um objeto?

Os objetos, iluminados por luz visível, absorvem parte da luz que sobre eles incide e refletem ou transmitem (no caso de serem transparentes) a restante. Assim, nós vemos os objetos opacos porque eles refletem parte da luz visível que sobre eles incide. Já os objetos parcialmente transparentes são visíveis pela luz que transmitem. A cor percebida vai depender da luz que recebemos, isto é, da luz visível refletida ou transmitida que chega aos nossos cones.

Para compreendermos a cor percebida, começemos por colocar os possíveis valores de VERMELHO (RED), VERDE (GREEN) e AZUL (BLUE) como "0" (significando ausência) ou "1" (significando presença), à exceção do cinzento, como veremos à frente. O preto é ausência de cor ($r = 0, g = 0, b = 0$) e o branco resulta dos três tipos de cones terem estimulação máxima ($r = 1, g = 1, b = 1$).

Naturalmente que com este modelo estamos restritos a uma paleta de cores muito reduzida. Esta limitação é ultrapassada se considerarmos todos os valores entre 0 e 1, isto é, se quisermos incluir todas as cores, teremos que considerar a escala contínua entre 0

e 1 do sistema RGB. Por exemplo, se $r = 0,5$, $g = 0,5$ e $b = 1,0$, teremos a cor que está a ser lida neste momento pelo leitor (um belo lilás).

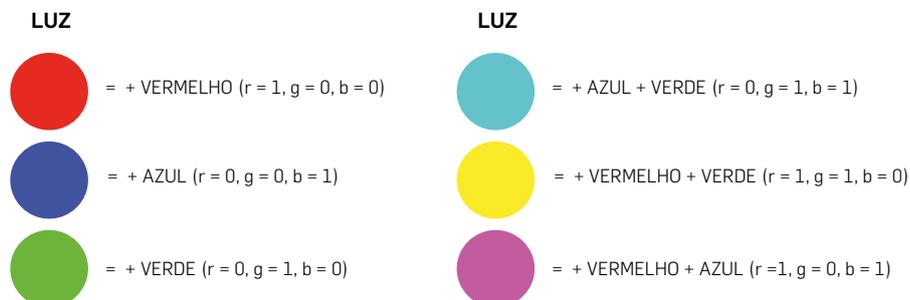


FIGURA 2. As cores primárias são obtidas quando apenas um dos cones é estimulado. As cores secundárias são obtidas quando apenas dois tipos de cones são estimulados, com intensidade máxima.

A figura 2 mostra a cor percebida quando apenas um dos cones (vermelho, verde ou azul) é estimulado. As cores secundárias (ciano, amarelo e magenta) resultam da estimulação de dois tipos de cones, com intensidade máxima.

Como já referimos, o preto é ausência de cor, ou seja, ausência de estimulação de qualquer tipo de cone. O branco resulta da estimulação máxima dos três tipos de cones. Se os três tipos de cones tiverem igual estimulação (mas inferior a “100 %”), temos os diferentes tipos de cinzento, tal como podemos observar na figura 3.

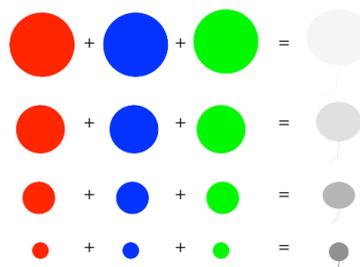


FIGURA 3. O preto e branco são cores? A cor resulta das diferentes estimulações dos três tipos de cones, logo o preto, o cinzento e o branco não são cores! Todo o degrade de cinzento resulta da mesma estimulação dos três tipos de cones. Quanto mais escuro for o tom de cinzento, menor é a estimulação dos cones.

Os objetos/corpos do nosso dia-a-dia não emitem luz visível, podendo apenas absorver e refletir a luz incidente. Neste caso podemos usar o sinal “menos” (-) para indicar que a luz foi absorvida (subtraída). Desta forma, um filtro amarelo (aquele que é percebido amarelo quando iluminado com luz visível) absorve azul (- AZUL), já um filtro azul absorve verde e vermelho (- VERDE - VERMELHO), como podemos observar na figura 4.



FIGURA 4. Devido à temperatura relativamente baixa a que se encontram,

os corpos iluminados só têm emissão significativa no infravermelho, absorvendo luz visível.

Uma outra forma de ver este sistema é através da figura 5, um cubo para explicar a cor no espaço 3D. As cores primárias estão representadas nos vértices coincidentes com os eixos principais. O preto encontra-se na origem do eixo ($r = 0, g = 0, b = 0$) e o branco no vértice superior direito ($r = 1, g = 1, b = 1$). Toda a gama de cinzentos encontra-se na linha a tracejado desde o vértice preto até ao vértice branco. As cores secundárias também se encontram representadas neste cubo. Por exemplo, o ciano ($r = 0, g = 1, b = 1$) encontra-se a meia distância dos vértices azul e verde. Os deslocamentos dentro do cubo dão-nos todas as cores que pretendemos.

Com estas informações, podemos construir equações simples, atribuindo o sinal mais (+) quando os objetos são luminosos (isto é, emitem luz visível) e o sinal menos (-) quando os objetos são iluminados, como é o caso dos filtros. Nestas equações, apenas cores primárias são usadas, tal como no caso do sistema ótico humano¹.

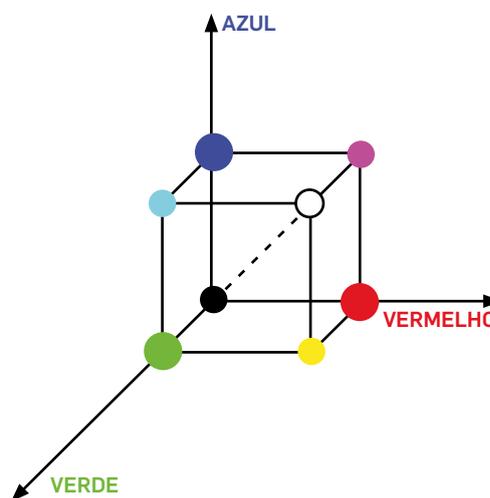


FIGURA 5. Com este cubo, nos principais vértices temos a representação das cores primárias e secundárias. A linha a tracejado representa todo o degrade do cinzento.

Vamos aplicar estas equações a dois exemplos.

QUESTÃO 1

Qual a cor percebida de uma maçã amarela (à luz visível) iluminada por luz magenta?

Luz magenta = + VERMELHO + AZUL

Maçã amarela = - AZUL

Cor percebida:

VERMELHO + ~~AZUL~~ - ~~AZUL~~ = VERMELHO

QUESTÃO 2

Como aparecerá um objeto vermelho (à luz visível) quando é coberto por um filtro magenta e iluminado por luz verde?

Luz verde = + VERDE

Objeto vermelho = – AZUL – VERDE

Filtro magenta: – VERDE

Cor Percecionada:

~~VERDE~~ – AZUL – VERDE – ~~VERDE~~ = PRETO

Estas equações permitem-nos prever, por exemplo, que luz amarela sobreposta com luz azul origina branco, mas tinta amarela com tinta azul, dá verde!

Como constatámos, a cor de um objeto e a cor resultante de mistura de tintas ou de luzes fazem parte do mesmo fenómeno, explicado por um referencial teórico único, apesar de muitas vezes, na literatura, aparecerem explicações independentes.

Na mistura de luzes falamos de mistura aditiva (porque os corpos são luminosos); na mistura de tintas/filtros, falamos de mistura subtrativa, dado que se tratam de corpos iluminados. A figura 6 constitui uma síntese destes conceitos, apresentando as clássicas figuras que aparecem na literatura sobre mistura aditiva e subtrativa. Note-se que estes diagramas, quando apresentados sem uma explicação detalhada tornam-se ambíguos e perigosos, uma vez que usam as mesmas representações para explicar diferentes operações^{2,3}.

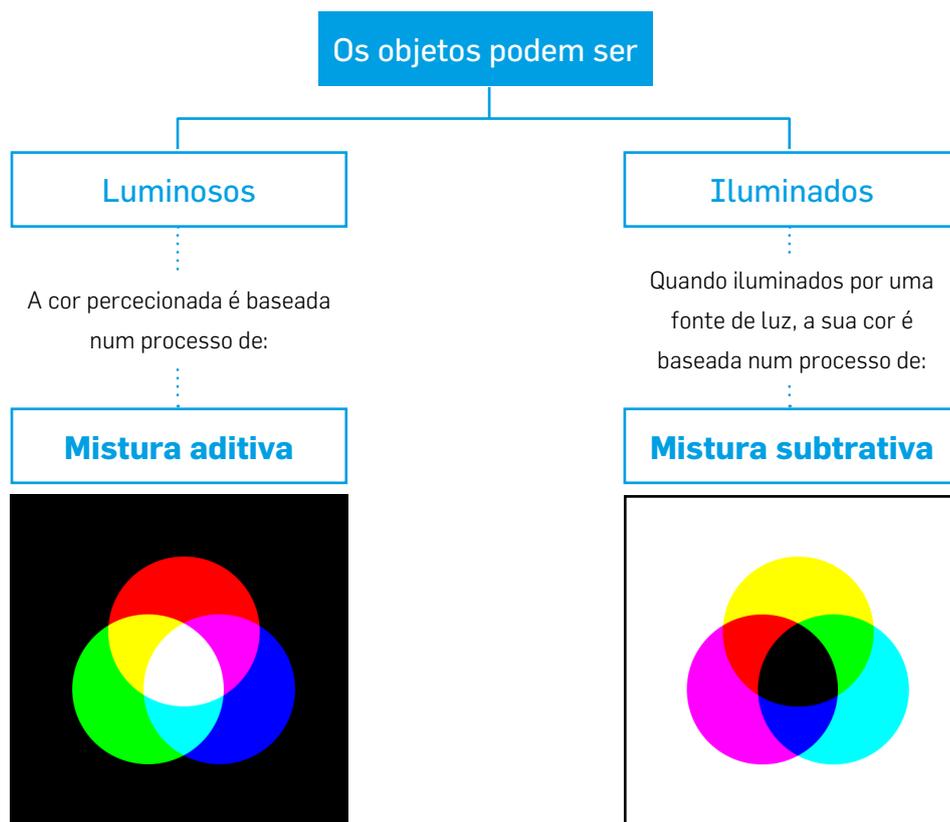


FIGURA 6. Esquema síntese para explicar a mistura aditiva e subtrativa. As cores primárias da mistura aditiva são as cores secundárias da mistura subtrativa e vice-versa.

Por exemplo, na mistura aditiva, luz vermelha com azul origina magenta porque: + VERMELHO + AZUL = MAGENTA. Contudo, tinta amarela com magenta dá vermelho

porque:

LUZ VISÍVEL : + VERMELHO + AZUL + VERDE

TINTA AMARELA: – AZUL

TINTA MAGENTA: – VERDE

Cor percebida:

+ VERMELHO + ~~VERDE~~ + ~~AZUL~~ – ~~AZUL~~ – ~~VERDE~~ = VERMELHO

As figuras anteriormente apresentadas sobre mistura aditiva e subtrativa (figura 6) tornam-se úteis, sobretudo, para verificarmos que as cores primárias na mistura subtrativa são as cores secundárias na mistura aditiva e vice-versa. Contudo, essa conclusão é uma consequência da relação que existe entre estes dois tipos de mistura e não uma mera definição.

Uma última nota para referir que os nossos monitores usam o sistema RGB (mistura aditiva de cores) mas as impressoras utilizam o sistema CMYK (*Cyan – magenta – yellow – black*), uma mistura subtrativa de cores. A tinta preta não seria necessária incluir, uma vez que resulta da mistura das cores secundárias, mas justifica-se por questões de redução do consumo de tinta.

REFERÊNCIAS

¹ MOTA, A. R.; LOPES DOS SANTOS, J. M. B.; *Physics Education*. 2014, 49(1), 61-66.

² CHAUVET, F.; *European Journal of Teacher Education*. 2006, 19(2), 121-136.

³ VIENNOT, L. *Em Teaching Physics*: Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002.