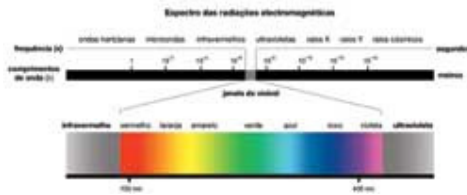


## A Natureza da Cor - Sónia Rafael



É necessária alguma capacidade de abstração, ou mesmo de imaginação, para compreender que a cor não é uma propriedade intrínseca dos objectos mas sim uma percepção e um acontecimento mutável. A cor é um fenómeno que

depende de factores como a luz, a matéria e um sistema visual capaz de receber e interpretar a luz, que é reflectida pela matéria, e de conduzi-la ao cérebro. Este processo, através de informação codificada em actividade neurológica — cadeias de impulsos electro-magnéticos — por via de padrões e códigos de actividade cerebral, representa os objectos.

Mas de que forma a informação proveniente dos olhos pode ser codificada em linguagem cerebral e reconstituída na experiência dos objectos?

Refere-se, com alguma frequência, a semelhança entre o olho e a máquina fotográfica. Isto, na realidade, está longe de ser verdade dado que a tarefa do olho é, em muito, diferente da da máquina fotográfica que se limita apenas a converter os objectos em imagens. As características mais curiosas da percepção visual — processo dinâmico que tem por objectivo encontrar a melhor interpretação perante os dados disponíveis — nada têm de comum com uma máquina fotográfica e vão muito para além dela, dado existirem muitas fontes de informação ponderadas para além daquelas que se apresentam ao olho quando olhamos para um objecto. Estas baseam-se, geralmente, na comparação com experiências prévias, não apenas do domínio da visão, mas de todos os outros sentidos; isto irá influenciar a nossa interpretação dos objectos ao transcender a sua existência dado que sobre eles podemos especular e criar expectativas.

### O fenómeno da luz

A luz é um elemento fundamental, para a percepção visual e para a visão cromática, e a sua natureza tem sido palco dos mais excitantes e curiosos capítulos da história da Ciência.

Platão entendia a visão como um conjunto de partículas projectadas pelos olhos sobre os objectos. Apesar do tema da visão ser um dos favoritos dos filósofos, somente nos últimos cem anos é que passou a ser alvo de estudos sistemáticos.

Sabemos hoje que a luz visível limita-se a um pequeno troço do vasto espectro da radiação electromagnética, sendo o único que nós conseguimos transformar em visão.

Sabemos também que apresenta duplo carácter pois comporta-se como um conjunto de ondas (comportamento ondulatório) e, ao mesmo tempo, como um conjunto de partículas (comportamento corpuscular) que se propagam de forma rectilínea no espaço.

As partículas que constituem a luz são os fótons — packs de energia que se deslocam no vácuo a 300 000 Km/seg — e cada fóton corresponde a 1 quantum de energia que corresponde à mais pequena quantidade de energia presente no universo.

Os receptores da retina humana são tão sensíveis que poderiam ser estimulados por apenas um quantum, embora fossem necessários entre cinco a oito quantum para experienciar um clarão. Apenas 10% da luz que atinge o

olho chega aos receptores da retina, sendo a restante dispersada e absorvida dentro do próprio olho. Apesar dessa perda significativa seria possível, em condições ideais, ver uma única vela colocada a quase 30 quilómetros de distância.

No Homem, a banda visível do espectro da radiação electromagnética situa-se entre os ultravioletas e os infravermelhos e compreende as radiações cujo comprimento de onda varia entre 380 nm e 760 nm (nanómetros) o que, segundo a teoria de Maxwell, corresponde a menos de um oitavo de todo o espectro da radiação electromagnética. Assim, apenas vemos um oitavo daquilo que se encontra disponível para ser recebido e interpretado.

Toda a radiação situada entre estes valores tem existência visual para nós, e são os seus diferentes comprimentos de onda que dão origem a cores diferentes.

O físico Isaac Newton demonstrou a composição espectral da luz solar branca. Nesta experiência, um feixe de luz atravessa um prisma óptico de três arestas, decompondo a luz solar branca nas várias cores do espectro. Resultou, portanto, uma faixa espectral produto da refacção da luz solar no prisma, que projectada numa tela de um modo contínuo pela seguinte ordem de maior para menor comprimento de onda: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, roxo e violeta.

Concentrando esta faixa com a ajuda de uma lente, ela projecta-se novamente numa segunda tela que, por adição das cores, resulta uma luz branca.

#### A interacção da luz com a matéria

Sempre que a luz interage com a matéria pode adoptar comportamentos diferentes. Isto deve-se à organização molecular da matéria sobre a qual incide e que se denomina de micro-textura. A micro-textura das diferentes matérias depende do grau de polimento destas, o que implica que a luz seja reflectida de modo mais ou menos ordenado.

Por exemplo, o espelho é a mais polida de todas as matérias e são as suas partículas micro-cristalinas as responsáveis por reflectir toda a luz no mesmo ângulo e de forma ordenada.

Embora uma superfície branca também reflecta toda a luz, o seu inferior grau de polimento faz com que a reflexão se faça de um modo muito mais desordenado.

As diferentes matérias reflectem os comprimentos de onda em proporção desigual o que dá origem à sensação de cor.

Quando uma superfície reflecte todos os comprimentos de onda nas mesmas proporções, a superfície é branca, quando absorve a maior parte dos comprimentos de onda a superfície é preta.

Desde que as matérias não sofram alteração molecular, reflectem e absorvem a luz de forma constante e, apesar das variações lumínicas que vão ocorrendo ao longo do dia, o nosso sistema visual cria a percepção de uma constância lumínica e é isto que nos leva, inadvertidamente, a pensar que a cor é uma propriedade intrínseca dos objectos.

A capacidade de reflexão e de absorção selectiva das matérias é, assim, responsável pela nossa percepção de cor.



## O papel do sistema visual

O sistema neurológico responsável pela visão começa na retina, que é descrita como uma extensão do cérebro que se desenvolveu e projectou para o exterior, e termina no cérebro.

A retina é constituída por uma fina camada de células nervosas foto-receptoras — os

cones e os bastonetes, assim descritas em virtude da sua fisiologia observada ao microscópio — sensíveis à luz e que a convertem em impulsos electro-químicos — a linguagem do sistema nervoso.

Os cones são os responsáveis pelo ciclo diurno ou visão fotópica, ou seja, a exposição a grandes intensidades lumínicas. Esta visão proporciona um maior poder de detalhe e só ela possibilita a percepção da cor. Os bastonetes obedecerão à visão escotópica, exposição a fracas intensidades lumínicas. Este tipo de visão pode comparar-se a uma imagem fotográfica a preto e branco, trata-se de uma visão sem cor.

Os cones precisam de uma intensidade luminosa superior, deixando de funcionar quando a luz desce até um determinado nível. Os bastonetes são 1000 vezes mais sensíveis à luz. Não se sabe ao certo o ponto em que deixam de funcionar ou mesmo se deixam de funcionar, pois existem situações de transição em que ambas as células estão a funcionar simultaneamente. Os bastonetes são todos iguais entre si. Os cones estão divididos em três grupos: os cones azuis, os verdes e os vermelhos.

O pico máximo de sensibilidade correspondente aos bastonetes é de 511 nanómetros. O pico máximo de sensibilidade correspondente aos cones é de 555 nanómetros, sendo este um valor médio ponderado dos três diferentes tipos de cones: cones azuis-430 nanómetros, cones verdes-530 nanómetros e cones vermelhos-560 nanómetros.

Assim, três tipos de cones parece ser a estrutura ideal para uma visão cromática o mais alargada e qualitativamente melhor.

Para uma espécie ter visão cromática, tem que ter no mínimo dois tipos de células foto-receptoras, mas funcionando na mesma gama de intensidades.

O estudo científico da visão cromática teve início com Newton na sua grande obra *The Opticks* (1704) onde mostrou que a luz branca é constituída por todas as cores do espectro e que cada cor corresponde a uma frequência diferente.

Então o principal desafio para o olho é o de desenvolver uma resposta neurológica diferenciada para as várias frequências. Dado que estas frequências são excessivamente energéticas, as células nervosas estão impedidas de assumir o papel de receptores.

Assim, o olho necessitou de se desenvolver de forma a criar um mecanismo receptor intermédio que lhe permitisse representar a frequência da luz. Segundo Clerk Maxwell, Thomas Young foi o primeiro a enfrentar esta questão e a estabelecer a primeira teoria sistemática da cor ao reconhecê-la como uma sensação. Procurou explicar o facto de existirem três cores primárias, não na origem da natureza da luz mas na constituição do homem. Assim, Young escreveu: Ora, como é quase impossível conceber cada ponto sensível da retina contendo uma quantidade infinita de partículas, cada uma delas capaz

de vibrar em perfeito uníssono com toda e qualquer ondulação possível, torna-se necessário pressupor o número limitado, por exemplo, para as cores principais, vermelho, amarelo e azul-violeta.

Posteriormente, Young alterou estas cores para verde, azul e vermelho quando averiguou que podia produzir qualquer cor visível no espectro, incluindo o branco, misturando três luzes, reguladas com as intensidades apropriadas.

Mas é necessário definir o que é que é entendido por mistura de cores.

A mistura das cores é uma lei universal que se demarca por dois métodos completamente distintos: o processo de mistura subtractiva e o processo de mistura aditiva.

Por exemplo quando um pintor mistura azul e amarelo, vai obter o verde. Na realidade o que ele está a misturar é o espectro total das cores menos as cores absorvidas pelos seus pigmentos. Mas se, pelo processo de mistura de luzes coloridas, ele misturar vermelho e verde, vai obter o amarelo.

Assim, a mistura subtractiva ou pigmentar é o processo químico de mistura das cores.

O comportamento das matérias e o seu pigmento absorve uma parte da luz, que se subtrai à totalidade, e reflecte outra. Por este motivo há uma clara redução lumínica, uma perda de intensidade das cores nas matérias opacas. As cores primárias são o amarelo, o cyan e o magenta. Quando misturadas, cada um dos seus pigmentos subtrai as intensidades das restantes cores e obtem-se, teoricamente, o preto.

A mistura aditiva funciona com as matérias transparentes. Consiste na síntese óptica de feixes de luzes coloridas e resulta por soma das intensidades. O somatório de todos os comprimentos de onda de todas as intensidades, produz a neutralização das cores, ou seja, o branco — a mais luminosa de todas as cores. As cores primárias aditivas são o vermelho, o verde e o azul (RGB). Das misturas entre si resultam as cores secundárias.

Vermelho+azul=púrpura, vermelho+verde=amarelo e azul+verde=azul esverdeado.

Estas seis cores podem originar branco quando são combinadas duas a duas segundo os seguintes pares de complementares: vermelho/ azul, verde/vermelho e azul/amarelo.

As cores percebidas pelo nosso sistema visual são resultado do processo de mistura aditiva.

Assim, a visão humana também possui três estruturas foto-sensíveis, sendo cada uma delas sensíveis a um tipo de gama.

Esta teoria é retomada 50 anos mais tarde por Hermann Von Helmholtz que apoia a teoria tricromática de Thomas Young, opondo-se igualmente à teoria de Hering que exigia seis cores básicas: preto e branco, azul e amarelo, verde e vermelho.

Helmholtz toma como válida a retina ser constituída por três estruturas foto-sensíveis à luz mas defende que cada uma delas é sensível a todos os comprimentos de onda, sendo umas mais sensíveis à gama dos vermelhos, outra à gama dos azuis e outra à gama dos verdes. Esta é a chamada teoria Young-Helmholtz.

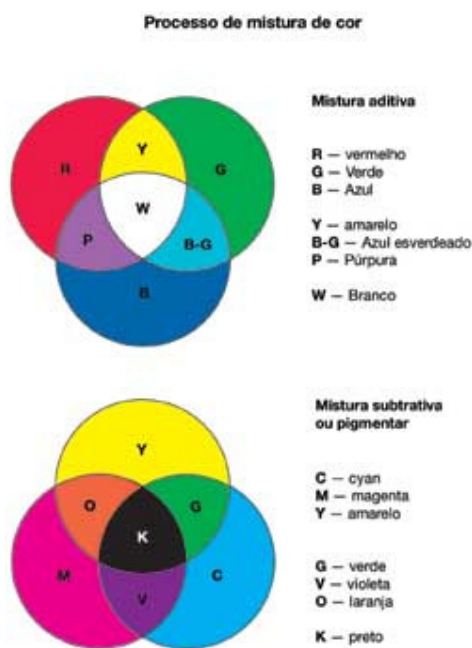
Edwin Land, para além de inventar a Polaroid e de desenvolver depois a

câmara de Land, foi ainda mais longe nesta temática. O seu trabalho incide sobre três aspectos importantes.

Primeiro, a constância cromática, ou seja a capacidade que o cérebro tem de, independentemente da diferença de radiações espectrais, compensar os diferentes níveis de luminosidade mantendo constante as sensações cromáticas.

Segundo, conclui que as três leituras autónomas geradas pelos três sistemas de cones viajam separadamente até ao cortex visual, onde são feitos processos comparativos entre diferentes partes do cortex visual, regidos por regras aditivas.

Por fim, Edwin Land destaca o papel que as expectativas têm na nossa percepção cromática e percebe então que a visão não é apenas uma sensação mas sim um acontecimento puramente conceptual.



A cor é o resultado de um processo complexo que começa no olho e termina no cérebro.

É de um modo muito resumido, dá-se início a este processo quando as células fotoreceptoras são estimuladas e é provocada uma reacção química através de uma espécie de pigmento visual foto-sensível. Como consequência destas reacções, produzem-se sinais eléctricos que são enviados ao cérebro e dá-se uma alteração do pigmento que será reciclado para novas utilizações. Este processo é denominado por ciclo visual da rodopsina.

Os sinais eléctricos são então enviado através do nervo óptico para o quiasma óptico onde a informação recebida pela retina (agora em sinais eléctricos, isto é, traduzida para a linguagem do cérebro) é reorganizada topograficamente.

De seguida, é enviada para áreas específicas do cérebro sendo depois interpretada de um modo complexo e praticamente desconhecido pelo Homem. Mas, teoricamente, sabe-se que este processo implica uma série de comparações entre experiências passadas e informações recebidas pelos outros sentidos. O processo de simultaneidade, reciprocidade e paralelismo entre as células do cérebro, irá influenciar a interpretação e evidentemente a observação de cada um.