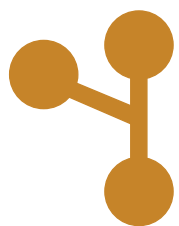


REVISTA TÉCNICO - CIENTÍFICA



# robótica®

automação  
controlo  
instrumentação



## ARTIGO CIENTÍFICO

- Robots móveis para ambiente ambulatorio (2.ª Parte)
- A practical implementation of a localization system on a mould factory

## VOZES DE MERCADO

- O papel crítico dos OEMs na criação de equipamentos de transporte e soluções de classificação mais ágeis

## INSTRUMENTAÇÃO

- Cor: método aditivo e método subtrativo

## AUTOMAÇÃO E CONTROLO

- Programação gráfica (2.ª Parte)

## ELETRÓNICA INDUSTRIAL

- Eletrónica (15.ª Parte)

## PORTUGAL 3D

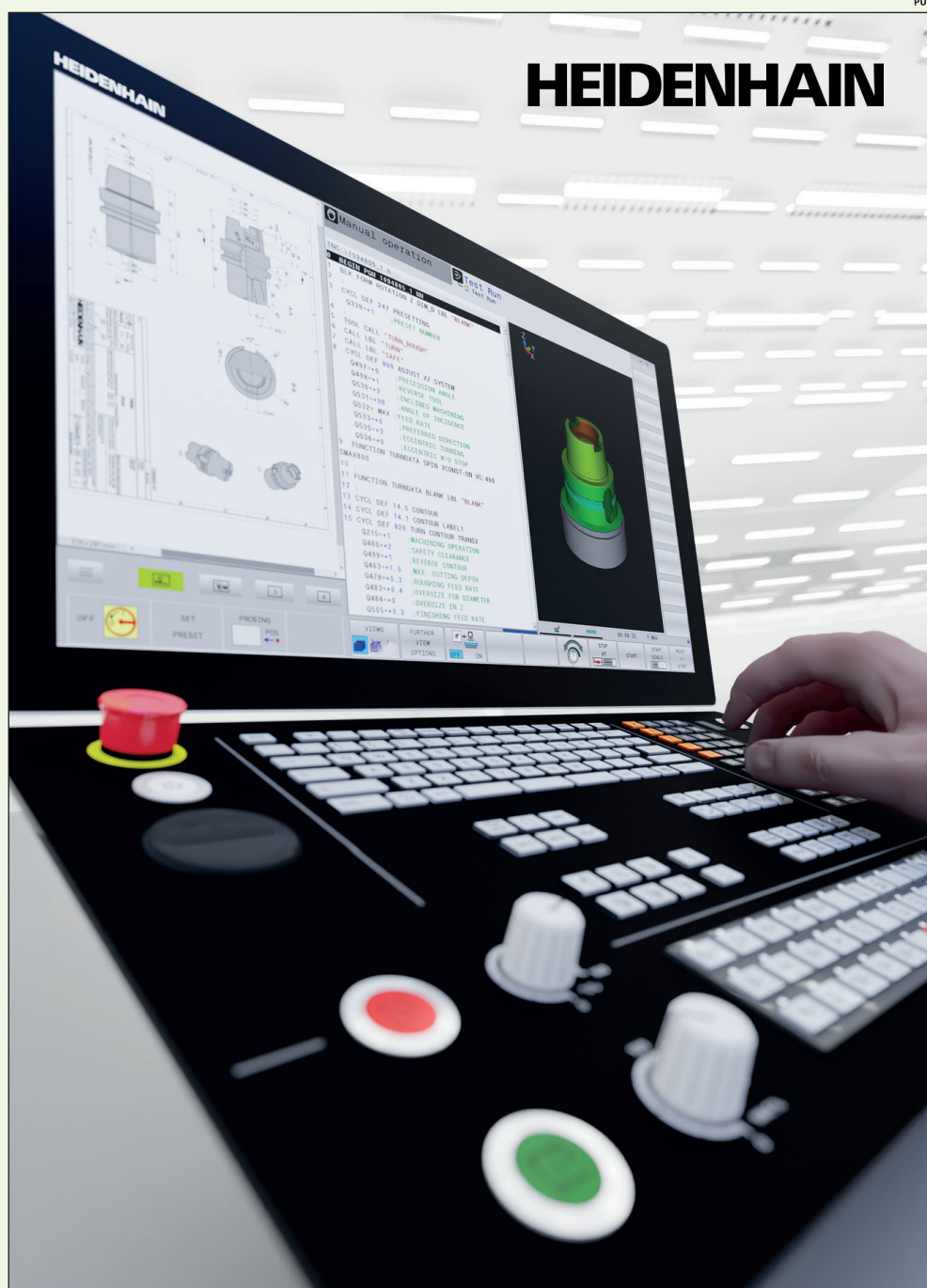
- O fabrico digital e a baixa produtividade no setor metalomecânico

## MESA REDONDA SOBRE MUNDO DAS MÁQUINAS-FERRAMENTA

- As máquinas-ferramenta: esses extraordinários engenhos perpétuos
- Mesa Redonda
  1. Qual o estado de arte das máquinas-ferramenta em Portugal?
  2. Como foi sempre um mercado de suporte económico do nosso país, como vê a evolução deste setor no futuro?

## REPORTAGEM

- Mazak segue a via direta para o sucesso
- Transformação Digital: novos paradigmas na 16.ª edição do PLC
- Rittal celebra a produção de um milhão de armários VX25
- SEW inaugurou as suas novas instalações e festejou 30 anos em Portugal



# Cor: método aditivo e método subtrativo

Os primeiros estudos conhecidos sobre a cor dos objectos foram feitos na antiga Grécia por Aristóteles, que construiu uma teoria em que afirmava que a cor era proveniente de raios enviados dos céus pelos deuses. Esta teoria não foi tocada até à publicação em 1613 de um livro de Óptica, por Aguilonius<sup>1</sup>, onde se afirma que todas as cores são obtidas a partir de três cores de base: o vermelho, o amarelo e o azul.

Alguns anos mais tarde, em 1660, Newton faz a decomposição da luz branca nas cores do arco-íris utilizando um prisma óptico. Posteriormente cria um disco com essas mesmas cores pintadas e que posto em movimento de rotação dá a impressão de ser branco. Com o prisma, Newton efetuou a decomposição espectral da luz branca e com o disco a síntese da luz a partir do seu espectro.

A medição da cor de um objecto tem hoje grande importância em numerosos processos de fabrico, nomeadamente no fabrico de tintas, nas indústrias têxtil, de papel, cerâmica e vidro, indústria dos cosméticos, impressão e todas as atividades relacionadas com a captura e reprodução de imagens, quer esta seja feita em televisores, projectores, monitores de computador ou impressoras.

Os aparelhos de medida da cor são quase todos baseados na análise espectral da luz refletida pela superfície do objecto, quando exposto a determinado tipo de iluminação. Embora, perante uma determinada cor, diferentes observadores tenham percepções diferentes, tal facto não impediu que se efetuasse uma definição exata da cor de um objecto.

Para o controlo da cor quer de uma forma manual quer automática, é preciso compreender-se exactamente como é que esta pode ser reproduzida a partir da adição de tintas, em processos industriais, modulando a intensidade dos constituintes de cada píxel, nos televisores LED e impressoras laser, ou regulando o caudal das tintas nas impressoras de jato de tinta.

## 1. COLORIMETRIA

A cor enriquece as nossas vidas. Quem nunca comparou imagens a preto e branco com imagens a cor, seja em livros e revistas, em fotografias, no cinema ou na televisão? No entanto, a cor de um objecto é algo que só existe porque na retina dos nossos olhos existem umas células chamadas cones, sensíveis a determinadas bandas de frequências da radiação visível. Há

cones mais sensíveis à luz com distribuição espectral na região do vermelho, outros na do verde e outros na do azul.

Para que um objecto tenha cor há três elementos essenciais que devem existir: o iluminante, o objecto iluminado pelo primeiro e o observador.

A cor é afectada pela distribuição espectral do iluminante (luz que ilumina o objecto), pois esta faz com que haja maior ou menor percentagem de luz sentida por cada tipo de cone existente na retina. Por este motivo, na medição da cor são utilizados iluminantes-padrão.

Há vários iluminantes-padrão e a cada um deles corresponde uma distribuição espectral bem determinada: O iluminante A é constituído por uma lâmpada de incandescência com filamento de tungsténio a 2856 K, o iluminante D65 procura representar a luz média do dia do céu na Europa Central. A figura 1 representa a distribuição da energia espectral relativa destes dois iluminantes.

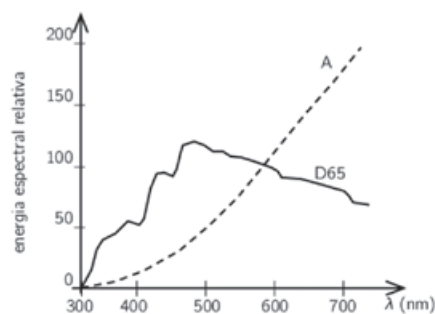


Figura 1. Distribuição da energia espectral relativa dos iluminantes-padrão A e D65.

Outros iluminantes são especificados pela temperatura de cor. Um iluminante com a temperatura de cor de 5000 K tem uma distribuição espectral igual à do espectro de radiação de um corpo negro à mesma temperatura, o mesmo se passando para outros valores da temperatura de cor. São vulgares os padrões 5000 K e 6500 K.

Ao iluminar um corpo, a luz ou é reflectida ou é transmitida (ou ambas as coisas). Qualquer uma destas componentes da luz tem um espectro diferente do da luz incidente, sendo este modificado por tintas, corantes ou pigmentos que o objecto possua.

No que respeita ao observador, a teoria da cor introduz o conceito de observador médio, definido mais adiante.

Chama-se colorimetria ao ramo da óptica que estuda as cores dos objectos. Dá-se o nome de densitómetro ao aparelho que mede as percentagens de luz reflectida e transmitida e chama-se colorímetro ao sistema óptico que adiciona as cores de forma a obter uma cor determinada. Os métodos utilizados para a medida de cor de um objecto têm a sua origem na forma como a vista humana percebe a cor.

<sup>1</sup> Franciscus Aguilonius, matemático, físico e arquitecto jesuíta belga, 1567–1617.

Há dois sistemas distintos para sintetizar as cores, designados por método aditivo e por método subtrativo, tendo cada um deles um campo de aplicação bem determinado.

### 1.1. Método aditivo

O método aditivo é utilizado no cinema, em televisores, em projectores e em monitores de computador: cada uma das cores que é vista pelo observador é obtida à custa da adição de três componentes, designadas por cores primárias. As cores primárias são o vermelho (R, "Red"), o verde (G, "Green") e o azul (B, "Blue"); elas não são únicas, havendo a possibilidade de se definir um número infinito para cada uma delas. Interessa, no entanto, defini-las de uma forma fácil e perfeitamente reproduzível. Além disso, devem permitir a possibilidade de gerar o maior número de cores e tons pretendidos pelo utilizador.

### 1.2. Método subtrativo

O método subtrativo é utilizado em impressão e em artes gráficas. A cor que vemos impressa sobre uma folha de papel resulta de se filtrar a luz branca que nela incide e por ela é reflectida. O filtro é formado pelos pigmentos da tinta depositada sobre a superfície da folha de papel, cortando as cores cujos comprimentos de onda não correspondem aos dos pigmentos da tinta. Também aqui é possível reproduzir a maior parte das cores com o auxílio de três cores primárias, complementares das cores do sistema aditivo. As cores primárias do sistema subtrativo são o ciano ou azul-claro esverdeado (C, "Cyan"), o magenta ou malva (M, "Magenta") e o amarelo (Y, "Yellow"). Em vez de se adicionarem as cores primárias estas são introduzidas como filtros que bloqueiam a passagem da luz nos comprimentos de onda respectivos. Para se obterem melhores resultados junta-se o preto (K, de "black", para não se confundir com o B de "Blue") a este conjunto de cores primárias.

## 2. SISTEMA DE CORES ADITIVO RGB

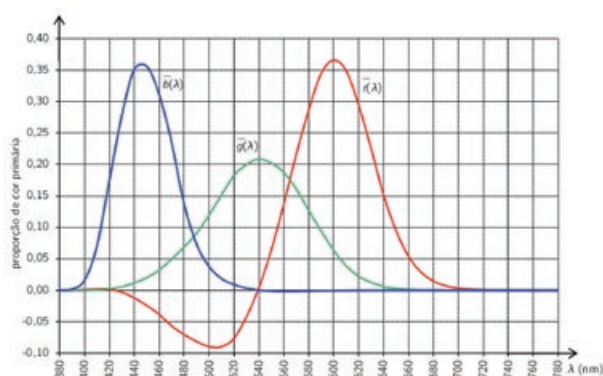
O sistema de cores (ou de coordenadas) aditivo é fundamentalmente utilizado no cinema, em televisores e em monitores de computador. As cores primárias utilizadas pela CIE e pela Comissão Federal de Comunicações<sup>2</sup> (FCC, "Federal Communications Commission") são o vermelho R, o verde G e o azul B. No entanto, elas não são definidas de uma forma exatamente igual pelos dois organismos. A CIE adota como cores primárias as radiações monocromáticas apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Cores primárias adotadas pela CIE, respectivos símbolos e comprimentos de onda  $\lambda$  das radiações monocromáticas.

| Cor primária | Designação inglesa | Símbolo | Comprimento de onda $\lambda$ (nm) |
|--------------|--------------------|---------|------------------------------------|
| vermelho     | "red"              | R       | 700,0                              |
| verde        | "green"            | G       | 546,1                              |
| azul         | "blue"             | B       | 435,8                              |

<sup>2</sup> Organismo independente norte-americano encarregado de regular as comunicações de rádio e de televisão, por fios, por satélite e por cabo.

Por meio da adição destas três cores primárias, com percentagens adequadas, procurou efetuar-se a reprodução de qualquer cor monocromática. Para o efeito realizaram-se ensaios em que foram utilizados um colorímetro e milhares de observadores, procurando identificar visualmente quais as quantidades de cada cor primária a serem adicionadas de modo a replicar uma determinada radiação monocromática. Apesar dos resultados globais terem sido conclusivos, estes dependem do observador, não havendo dois indivíduos que considerem as mesmas quantidades de cores primárias para sintetizar uma determinada cor monocromática. As médias apuradas pelos diversos observadores permitiram obter as curvas experimentais indicadas na Figura 2. A interpretação do diagrama é a seguinte: para se obter uma cor monocromática com um determinado comprimento de onda  $\lambda$  é necessário adicionar as quantidades de cor padrão R, G e B com as percentagens respetivamente  $\bar{r}(\lambda)$ ,  $\bar{g}(\lambda)$  e  $\bar{b}(\lambda)$ . Os traços horizontais sobre as letras r, g e b indicam que os resultados foram obtidos a partir da média de vários observadores (observador médio). São estas as funções de correspondência do sistema de cores RGB CIE de 1931.



**Figura 2.** Reprodução de uma cor pela adição das três cores primárias R, G e B.

Verifica-se que as três curvas, em particular a curva  $\bar{r}(\lambda)$ , apresentam valores negativos em determinados comprimentos de onda  $\lambda$ . Isto significa que para esses comprimentos de onda  $\lambda$  foi necessário adicionar vermelho, verde ou azul, à radiação monocromática que se pretendia sintetizar. Quer também dizer que nas zonas em que  $\bar{r}(\lambda)$ ,  $\bar{g}(\lambda)$  ou  $\bar{b}(\lambda)$  é negativo não é possível sintetizar uma determinada cor apenas pela adição das três cores primárias R, G e B.

As curvas representadas na Figura 2 são normalizadas de forma a definirem a mesma área

$$\int_0^{\infty} \bar{r}(\lambda) d\lambda = \int_0^{\infty} \bar{g}(\lambda) d\lambda = \int_0^{\infty} \bar{b}(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

Se se pretender sintetizar uma cor que tenha uma irradiância espectral  $I_e(\lambda)$ , nas unidades  $\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$ , não há mais do que obter as proporções das cores primárias R, G e B, denominadas triestímulos, necessárias à referida síntese, através das expressões

$$R = \int_{\lambda} \tilde{r}(\lambda) I_e(\lambda) d\lambda \quad (2.a)$$

$$G = \int_{\lambda} \tilde{g}(\lambda) I_e(\lambda) d\lambda \quad (2.b)$$

$$B = \int_{\lambda} \tilde{b}(\lambda) I_e(\lambda) d\lambda \quad (2.c)$$

com  $R, G$  e  $B$  em  $W m^{-2}$ .

Os integrais acima são calculados para o espectro de radiações eletromagnéticas que a vista pode detectar. Para o observador médio encontra-se compreendido entre os comprimentos de onda  $\lambda_{\min}=360$  nm e  $\lambda_{\max}=830$  nm.

### 3. SISTEMA DE CORES SUBTRACTIVO CMYK

No sistema de cores subtrativo, a cor é formada retirando à luz branca uma certa percentagem de cada cor padrão. Estas cores são retiradas por meio de filtros. Veja-se o que fazem os filtros:

- filtro de cor vermelha – deixa passar a luz vermelha; absorve o verde e o azul (à combinação de azul+verde dá-se o nome de turquesa ou ciano, cor complementar do vermelho);
- filtro de cor verde – deixa passar a luz verde; absorve o vermelho e o azul (à combinação de vermelho+azul dá-se o nome de púrpura ou magenta, cor complementar do verde);
- filtro de cor azul – deixa passar a luz azul; absorve o vermelho e o verde (à combinação de verde+vermelho dá-se o nome de amarelo, cor complementar do azul).

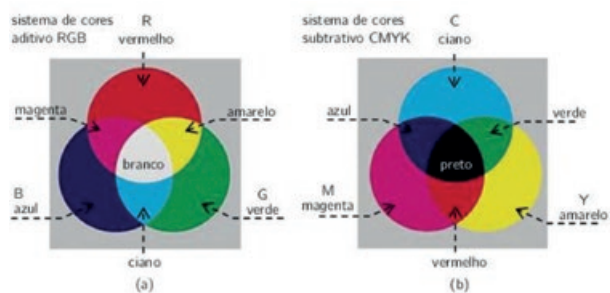
Considerem-se agora os filtros que deixam passar as cores primárias C, M e Y. Analise-se o que acontece quando a luz branca (luz que contém todas as cores) atravessa cada um destes filtros. Ao atravessar o filtro a cor respetiva é retirada à luz branca. Para cada uma delas será:

- filtro ciano – deixa passar o azul+verde, i.e. rejeita o vermelho;
- filtro magenta – deixa passar o vermelho+azul, i.e. rejeita o verde;
- filtro amarelo – deixa passar o verde+vermelho, i.e. rejeita o azul.

Podem realizar-se combinações destes filtros:

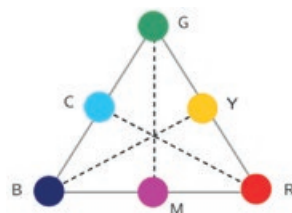
- filtro ciano+magenta – rejeita o vermelho e o verde, deixa passar o azul;
- filtro ciano+amarelo – rejeita o vermelho e o azul, deixa passar o verde;
- filtro magenta+amarelo – rejeita o verde e o azul, deixa passar o vermelho;
- filtro ciano+magenta+amarelo – rejeita o vermelho o verde e o azul, não deixa passar nada.

O que acaba de ser dito pode resumir-se nos diagramas da Figura 3, representações dos sistemas de cores aditivo RGB e subtrativo CMYK.



**Figura 3.** Obtenção das cores nos sistemas de cores aditivo RGB e subtrativo CMYK.

Por vezes faz-se uma representação gráfica em que se colocam as cores primárias aditivas R, G e B sobre os vértices de um triângulo e as cores primárias subtrativas C, M e Y a meio dos lados do mesmo triângulo, de modo a que num vértice e sobre o correspondente lado oposto fiquem as cores complementares. Esta representação encontra-se na Figura 4.



**Figura 4.** Representação das cores primárias sobre um triângulo.

Veja-se agora o que acontece quando a luz branca é refletida por uma folha de papel de impressão, também branca. Não havendo tintas sobre a superfície do papel, o observador vê a superfície branca do papel, pois a luz refletida mantém a mesma composição espectral da luz incidente. Se sobre a folha de papel forem colocadas tintas, será observado o seguinte:

| Tinta sobre a superfície do papel | Cor vista pelo observador | Cor eliminada       |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| ciano                             | ciano                     | vermelho            |
| magenta                           | magenta                   | verde               |
| amarelo                           | amarelo                   | azul                |
| ciano+magenta                     | azul                      | vermelho+verde      |
| ciano+amarelo                     | verde                     | vermelho+azul       |
| magenta+amarelo                   | vermelho                  | verde+azul          |
| ciano+magenta+amarelo             | preto                     | vermelho+verde+azul |

O que acaba de se expor é aplicável combinando as cores primárias em quaisquer percentagens, podendo deste modo obter-se uma gama bastante alargada de cores.

Os filtros CMY apresentados deixam passar as cores com os mesmos nomes, bloqueando as cores complementares, cortando apenas uma cor RGB por filtro. Se nas impressoras fossem usados filtros com as cores RGB, cada um deles cortaria duas cores, não permitindo a reprodução de qualquer cor pretendida. ❗