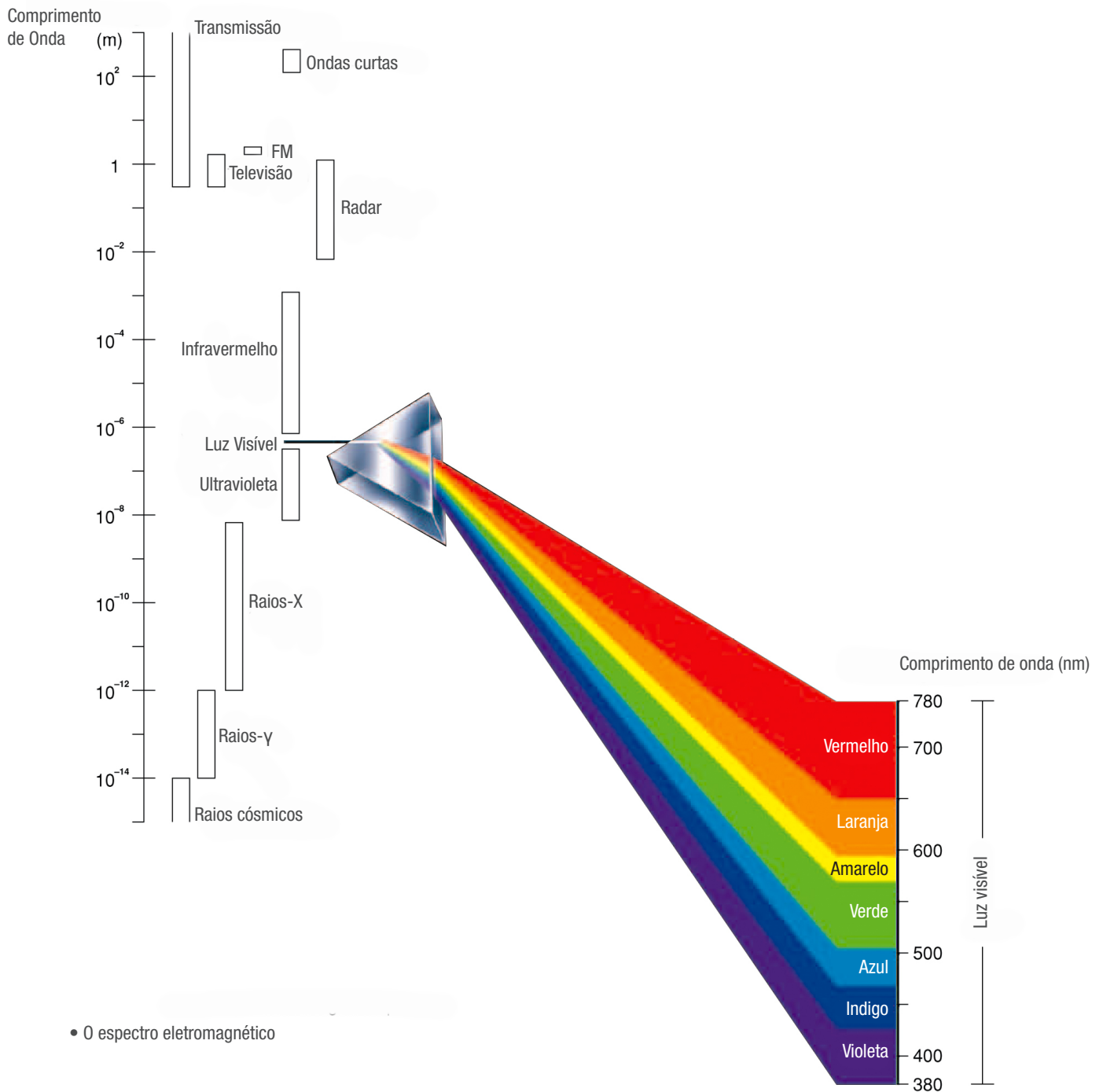


Os seres humanos percebem as cores em alguns comprimentos de onda específicos.



• O espectro eletromagnético

# Se separarmos a luz em seus diversos comprimentos de onda, podemos criar um espectro.

Muitas pessoas sabem que se passarmos a luz do sol por um prisma podemos criar uma distribuição de cor como em um arco íris. Esse fenômeno foi descoberto por Isaac Newton, que também descobriu a gravidade. Essa distribuição de cores é chamada de espectro, sendo que a separação da luz em um espectro é chamada de dispersão espectral.

A razão pela qual o ser humano pode ver o espectro é porque esses comprimentos de onda específicos estimulam a retina do olho humano. O espectro está disposto em uma ordem; vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta, de acordo com os diferentes comprimentos de onda \*1 da luz. A região da luz com os comprimentos de onda mais longos é vista como vermelha, e a região da luz com os comprimentos de onda mais curtos é vista como violeta. A região da luz que o olho humano pode ver é chamada de região de luz visível. Se nos movermos além da região de luz visível, através de comprimentos de onda mais longos, entramos na região do infravermelho; se nos movermos através dos comprimentos de onda mais curtos, entramos na região ultravioleta. Essas duas regiões não podem ser vistas pelo olho humano.

A luz é apenas uma entre as diversas ondas eletromagnéticas que estão no espaço. O espectro eletromagnético cobre uma faixa extremamente larga, que vai das ondas de rádio e elétricas, com comprimentos de onda de vários quilômetros até os raios gama (g) com comprimentos de onda de  $10^{-3}$ , e inferiores. A região de luz visível é apenas uma pequena porção desse espectro: de aproximadamente 380 a 780 nm \*2. A luz refletida de um objeto, a qual reconhecemos como sendo uma cor é (com exceção da luz monocromática feita pelo homem) a mistura de luz em diversos comprimentos de onda dentro da região visível.

\*1 Comprimento de onda: A luz possui características de uma onda; o comprimento de onda é distância entre os picos de duas ondas adjacentes.



\*2 nm (nanômetro): A unidade de medida normalmente utilizada quando os comprimentos de onda de luz são discutidos; m (micrometro) é também utilizado algumas vezes.

$$1\text{nm}=10^{-9}\text{m}=10^{-6}\text{mm}=10^{-3}\mu\text{m}$$

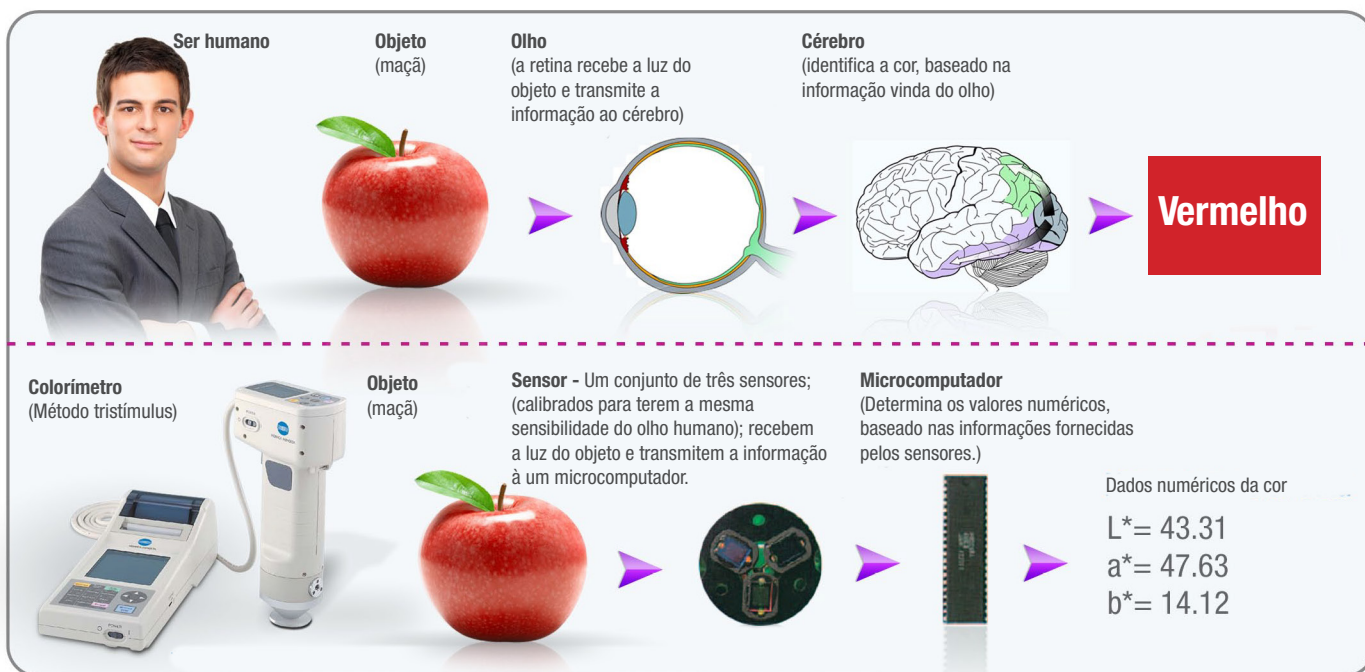
$$1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}=10^{-3}\text{mm}=1000\text{nm}$$

**O arco íris é criado pela passagem de luz através de finas gotas de água no ar, que atuam como prismas.**

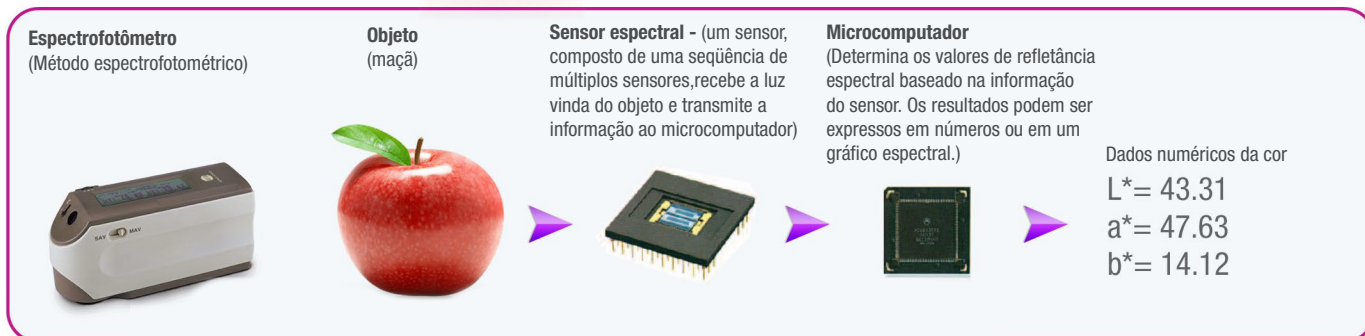


Vamos analisar as diferenças entre o processo no qual a luz atua no olho humano, dando a sensação de cor, e o processo de medição de um colorímetro.

Figura 16: Métodos de percepção da cor.



\*Fotos e detalhes do colorímetro Konica Minolta CR-400

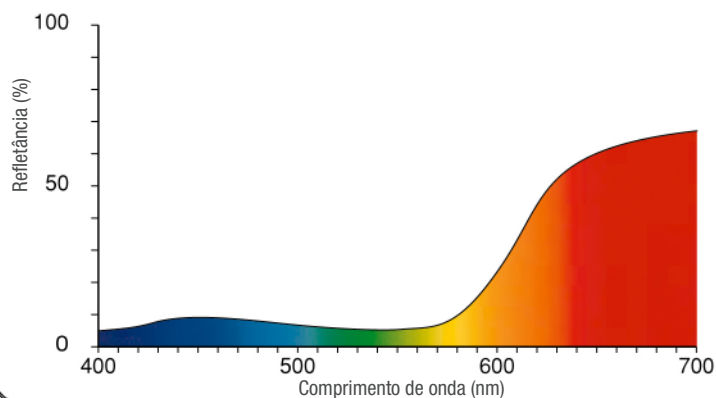


\*Fotos e detalhes do espectrofotômetro Konica Minolta CM-2600d

O olho humano pode ver a luz na região visível do espectro eletromagnético, todavia, “luz” não é o mesmo que “cor”. A luz é definida como a “radiação que estimula a retina do olho e torna possível a visão”. A estimulação do olho é transmitida ao cérebro, e é aqui que o conceito de “cor” ocorre pela primeira vez como sendo a resposta do cérebro à informação recebida do olho. A figura 16 mostra a comparação básica entre os princípios pelos quais o olho humano e o colorímetro percebem as cores. O método utilizado pelo colorímetro, discutido na [Parte I](#), é chamado de método tristímulus. Colorímetros que utilizam este método são desenhados para medir a luz de forma semelhante ao olho humano. Outro método para a medição da cor, que será explicado mais adiante, é o método espectrofotométrico. Os instrumentos para a medição de cor que utilizam este método, medem as características espectrais da luz e depois calculam os valores tristímulus baseados em equações que utilizam as funções dos Observadores Padrão CIE. Além dos dados numéricos em vários espaços de cor, os instrumentos que utilizam o método espectrofotométrico podem apresentar imediatamente os dados espectrais da cor, fornecendo informações mais detalhadas do objeto medido. Ver na página 38 as informações mais detalhadas sobre ambos os tipos de medição de cor!

#### Gráfico de refletância espectral

Além de fornecer os dados numéricos da cor, o espectrofotômetro também pode fornecer um gráfico da refletância espectral da cor. Como explicado na página 31, as cores são criadas pela mistura de vários comprimentos de onda de luz em determinadas proporções. Um espectrofotômetro mede a luz refletida de um objeto em cada comprimento de onda; ou em determinados intervalos de comprimento de onda; estes dados podem então ser apresentados em um gráfico proporcionando informações mais detalhadas a respeito da natureza da cor.



# Os componentes da luz e cor. Usando um espectrofotômetro.

Um objeto absorve parte da luz de uma fonte de iluminação e reflete o restante da luz. A luz refletida entra no olho humano, e o resultado da sua estimulação sobre a retina é reconhecida pelo cérebro como a cor do objeto. Cada objeto absorve e reflete a luz do espectro em porções e quantidades diferentes.





$L^* = 43.31$   
 $a^* = 47.63$   
 $b^* = 14.12$

## Maçã

Se medirmos uma maçã, obteremos o gráfico espectral mostrado na Figura 17a. Observando esse gráfico vemos que a refletância (quantidade de luz refletida) na região dos comprimentos de onda vermelhos é alta, mas nos outros comprimentos de onda a refletância é baixa. A Figura 17b mostra que a maçã reflete luz nas regiões de comprimento de onda laranja e vermelho e absorve luz nas regiões com comprimento de onda verde, azul, indigo e violeta. Dessa forma efetuando-se a medição com um espectrofotômetro e dispondo os resultados em um gráfico espectral, podemos analisar a natureza da cor da maçã.

Figura 17a:

Gráfico de refletância espectral de uma maçã.

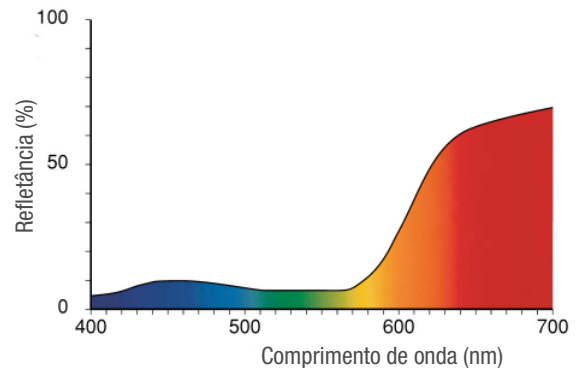


Figura 17b:

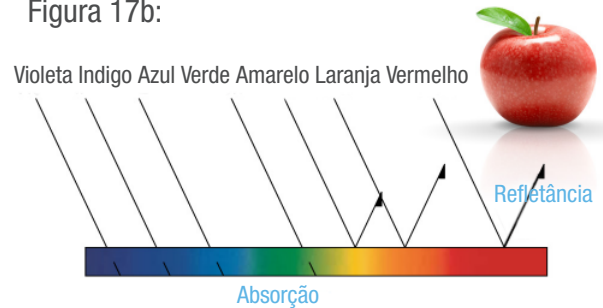


Figura 18a:

Gráfico de refletância espectral de um limão.

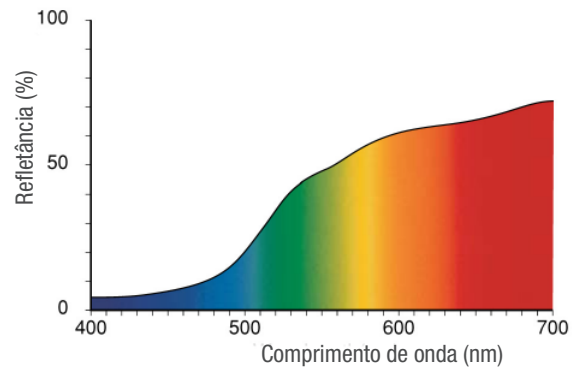
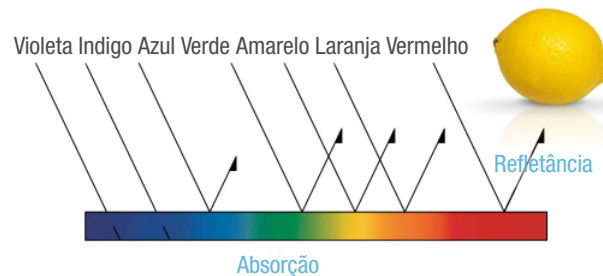


Figura 18b:



$L^* = 75.34$   
 $a^* = 4.11$   
 $b^* = 68.54$

## Limão

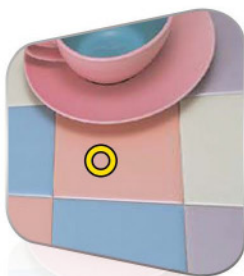
Se medirmos um limão, obteremos o gráfico espectral mostrado na Figura 18a. Se observarmos esse gráfico, veremos que a refletância (quantidade de luz refletida) é alta nas regiões de comprimentos de onda vermelho e amarelo, mas a refletância é baixa nas regiões de comprimentos de onda indigo e violeta. A Figura 18b mostra que o limão reflete luz nas regiões de comprimentos de onda verde, amarelo e vermelho e absorve luz nas regiões de comprimento de onda indigo e violeta. Tal precisão não é possível de ser obtida com o olho humano e nem mesmo com um colorímetro, sendo possível somente com o uso de um espectrofotômetro.

# Medindo várias cores com um espectrofotômetro.

Quando medimos os objetos com um colorímetro tristímulus (p.21), **Parte I**, podemos obter apenas os valores numéricos da cor em vários espaços de cor. Se usarmos um espectrofotômetro para as medições, obteremos, não somente os mesmos valores numéricos, como também o gráfico de refletância espectral da cor. Além disso, com seu sensor de alta precisão e a inclusão de dados de diversos iluminantes, o espectrofotômetro pode fornecer dados com maior precisão que os fornecidos por um colorímetro tristímulus.

## A: Cerâmica

$L^* = 74.72$   
 $a^* = 15.32$   
 $b^* = 10.21$



Observando o gráfico de refletância espectral de uma cerâmica rosa podemos ver que a cerâmica reflete luz em todos os comprimentos de onda e que a refletância espectral nas regiões de comprimentos de onda acima de 600nm (regiões laranja e vermelho) é maior que nas outras regiões de comprimentos de onda.

## D: Impressão

$Y^* = 16.02$   
 $x^* = 0.1693$   
 $y^* = 0.1999$



A refletância espectral do logotipo é quase a mesma encontrada na amostra B, porém se observarmos atentamente veremos que a refletância espectral nos comprimentos de onda maiores que 600nm é ainda menor. Sendo um azul ligeiramente mais escuro.

## B: Borracha

$L^* = 37.47$   
 $a^* = 7.07$   
 $b^* = -47.77$



Este é um azul vivo. A refletância espectral nas regiões de 400 - 500 nm (regiões do azul e indigo) é alta e a refletância espectral em comprimentos de onda maiores que 500 nm é pequena, com a maioria da luz sendo absorvida nessa região.

## E: Têxteis

$L^* = 76.47$   
 $C^* = 37.34$   
 $h^* = 359.69$



A refletância espectral do tecido rosa é alta em toda a região de comprimento de onda. Por outro lado a refletância é menor em torno de 550nm, indicando que a luz verde e a luz amarela foram absorvidas.

## C: Plástico

$L^* = 34.27$   
 $a^* = 44.53$   
 $b^* = -21.92$



Medindo-se um plástico vermelho-violeta, nota-se que as regiões entre 400nm e 700nm possuem uma alta refletância espectral e que os comprimentos de onda nas regiões entre 500 e 600nm possuem baixa refletância espectral. Podemos ver isso pela luz que é absorvida.

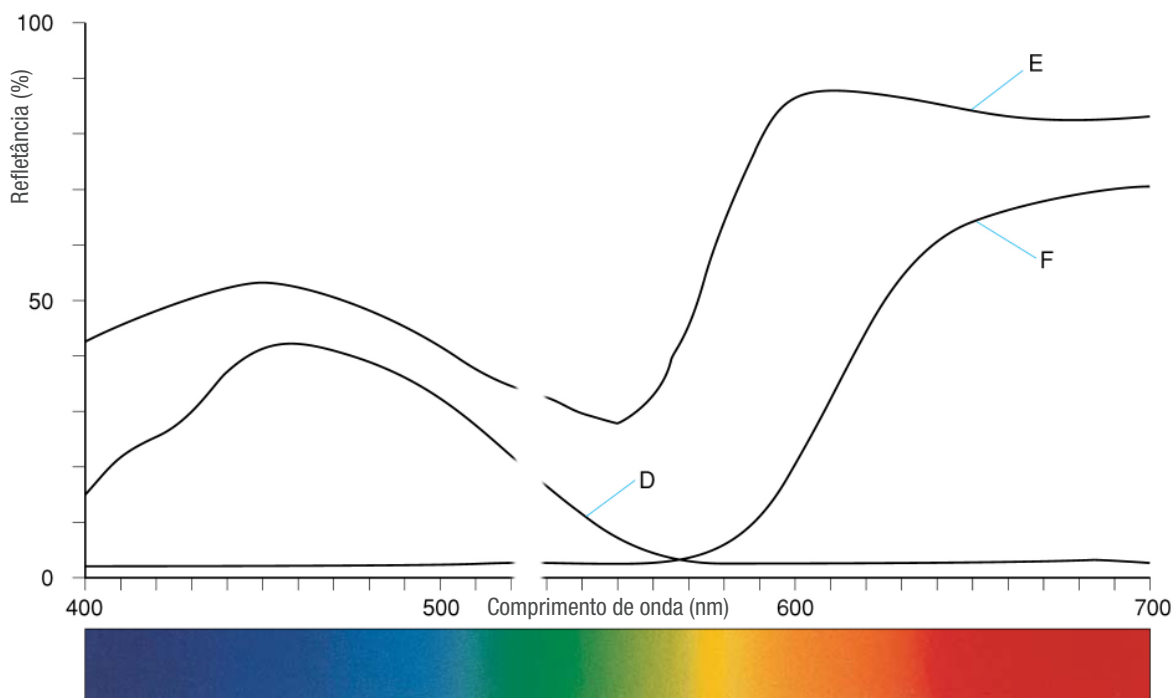
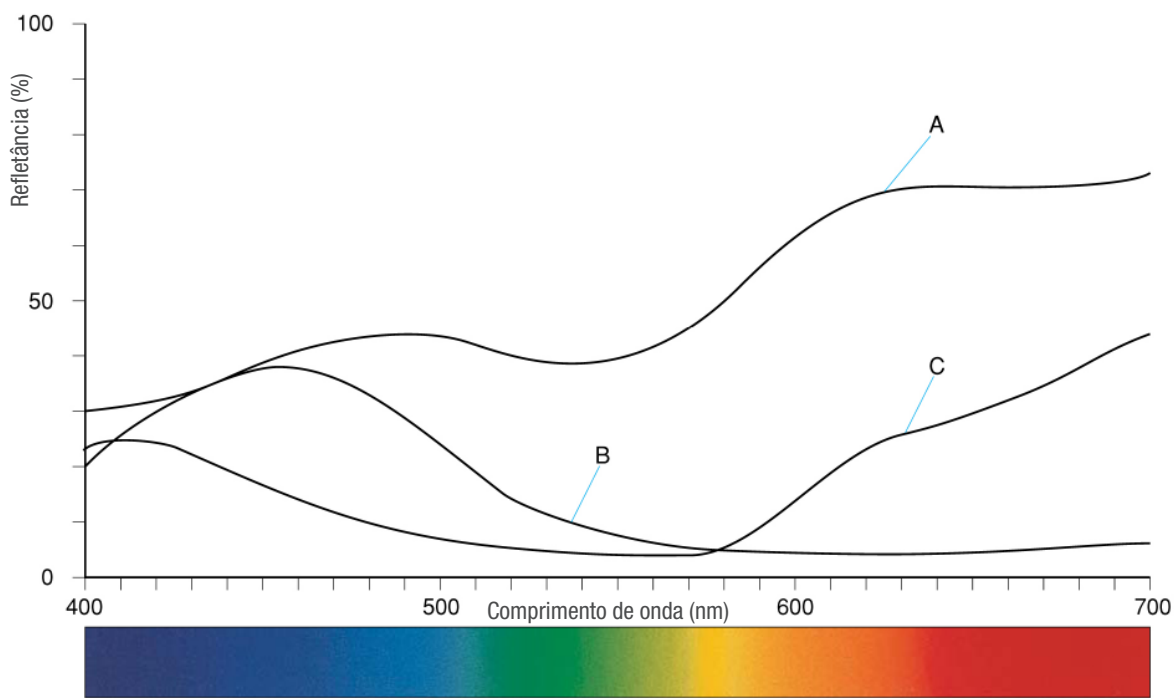
## F: Tinta

$HL^* = 28.30$   
 $a^* = 52.83$   
 $b^* = 17.33$



Esta tinta vermelha possui refletância alta apenas nas regiões de comprimento de onda entre 600 e 700nm (regiões laranja e vermelho), sendo que grande parte da luz nos comprimentos de onda abaixo de 600nm foi absorvida.

Indica o local onde a medição foi efetuada.





# Diferenças entre o método tristímulus e o método espectrofotométrico.

Na pag. 31, vimos as cores do espectro (laranja, amarelo, verde...). Dessas cores, o vermelho, o verde e o azul, são consideradas as três cores primárias da luz. Isso porque o olho humano possui três tipos de cones (sensores de cor) os quais são sensíveis à essas três cores primárias e nos possibilitam perceber as cores. A Figura 19: mostra as curvas de sensibilidade espectral do olho humano, de acordo com a definição da CIE para o Observador Padrão 1931. São conhecidas como as funções de relação de cor; o  $x(\lambda)$  possui alta sensibilidade na região de comprimentos de onda vermelhos, o  $y(\lambda)$  possui alta sensibilidade na região de comprimentos de onda verde e o  $z(\lambda)$  alta sensibilidade na região de comprimentos de onda azul. As cores que vemos são o resultado de proporções (estímulos) diferentes de  $x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$  e  $z(\lambda)$  recebidos de um objeto. Como mostrado na Figura 21b, o método tristímulus mede a luz refletida de um objeto utilizando três sensores calibrados para ter a mesma sensibilidade  $x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$  e  $z(\lambda)$  do olho humano, proporcionando a medição direta dos valores tristímulus X,Y e Z. Por outro lado, o método espectrofotométrico mostrado na figura 21c utiliza múltiplos sensores (40 no modelo CM2600d) para medir a refletância espectral de um objeto em cada comprimento de onda ou em determinados intervalos estreitos de comprimentos de onda. Através de uma integral, o microcomputador do instrumento calcula os valores tristímulus dos dados da refletância espectral. No exemplo da maçã, os valores tristímulus são  $X=21.21$ ,  $Y=13.37$ , e  $Z=9.32$  - esses valores tristímulus podem ser calculados em qualquer espaço de cor como  $Xy$  ou  $L^*a^*b^*$ . A Figura 20 mostra como os valores tristímulus, X,Y,Z, são determinados. A luz com distribuição espectral **A**, refletida de uma amostra, incide sobre sensores com sensibilidade espectral **B**, cujos filtros dividem a luz em regiões de comprimentos de onda correspondentes às três cores primárias e fornecem os valores tristímulus (X,Y e Z) **C**. Portanto  $C=A \times B$ . Os resultados nas três regiões de comprimentos de onda de **C** também são mostrados C-1:  $x(\lambda)$ , C-2:  $y(\lambda)$ , e C-3:  $z(\lambda)$ . Os valores tristímulus são iguais à integração da área sombreada nos três gráficos.

Figura 19:  
Sensibilidade espectral correspondente ao olho humano  
(funções de relação de cor do Observador Padrão CIE 1931)

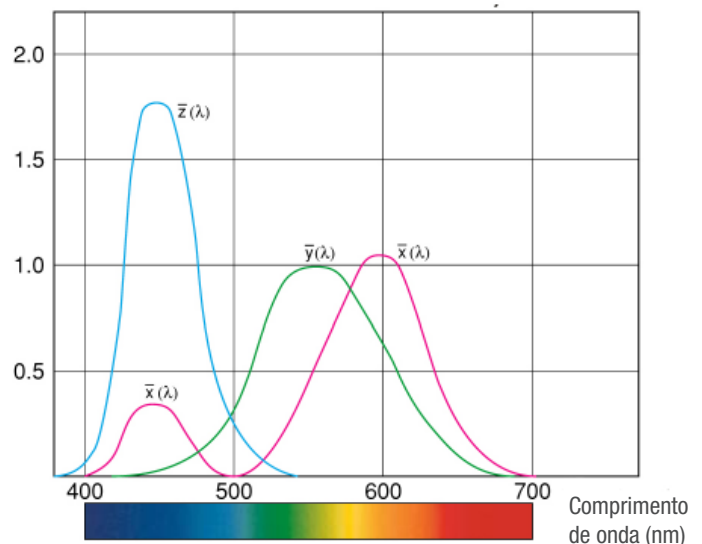


Figura 20:  
Determinação dos valores tristímulus em medições de cor.

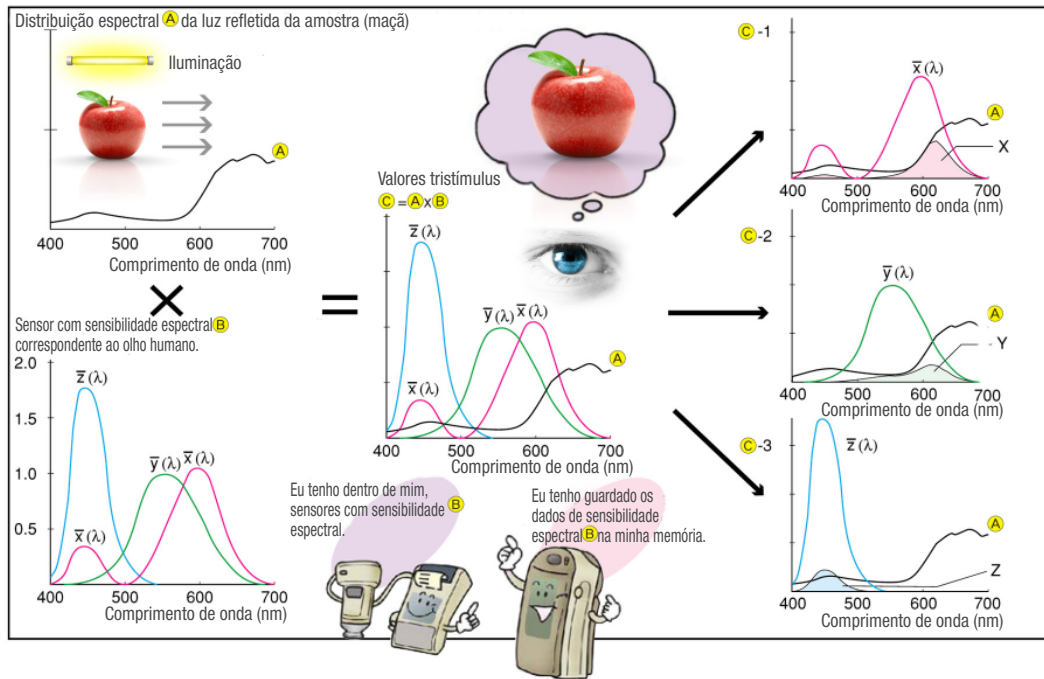
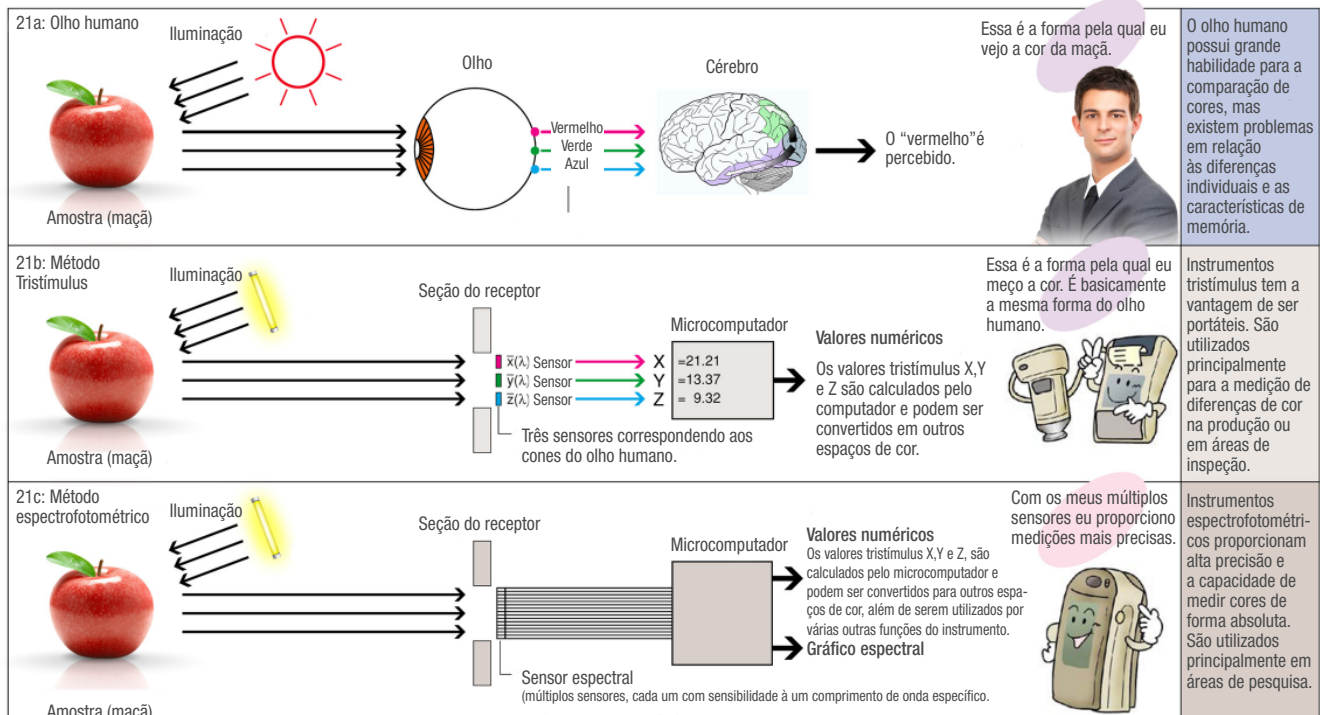


Figura 21: Os métodos do olho humano e dos instrumentos de medição



O PADRÃO EM MEDIÇÃO DE

COR 39