

# **Índice de refração e propriedades ópticas**

## **Química – 12º Ano**

**Plásticos, vidros e novos materiais**  
**Actividades de Projecto Laboratorial**

**Maio 2018**

**Jorge R. Frade, Ana Teresa Paiva**

**Dep. Eng. Materiais e Cerâmica**

**Universidade de Aveiro**

# Medição do índice de refração e a relação com propriedades ópticas

## 1. Objectivos

- Visualizar efeitos de refração da luz e reflexão total.
- Medir o índice de refração de placas de vidro e de outros materiais transparentes com um método geométrico simples.
- Ilustrar os princípios de funcionamento das comunicações ópticas.
- Visualizar efeitos de reflexão parcial à superfície de meios transparentes e ilustrar a sua utilização na climatização de edifícios.

## 2. Fundamentos

Na interface entre dois meios transparentes podem ocorrer diferentes fenómenos ópticos, designadamente refração, acompanhada de reflexão parcial da luz ou reflexão total, em determinadas condições. A refração traduz-se na alteração da direcção de propagação da luz. Quando um material se propaga de um material transparente (p.e. vidro) para o ar ou para outro meio transparente (p.e. água), ocorre desvio da trajectória da luz, representado na Figura 1. A relação entre os ângulos  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  relaciona-se com os valores do **índice de refração** dos dois meios, isto é,

$$n_1 \sin(\alpha_1) = n_2 \sin(\alpha_2) \quad (1)$$

cujas medições podem ser efectuadas com base nesses ângulos. O vácuo é considerado o meio padrão, ao qual se atribui um índice de refração unitário ( $n_{\text{vácuo}}=1$ ). Contudo, é complicado efectuar medições em vácuo e utiliza-se o ar como um padrão alternativo, cujo índice de refração é igualmente próximo deste valor, isto é,  $n_{\text{ar}} \approx 1$ . Quando se efectua uma medida de índice de refração usando ar como meio envolvente ter-se-á:

$$n_2 = \sin(\alpha_1) / \sin(\alpha_2) \quad (2)$$

A superfície entre dois meios transparentes também provoca reflexão parcial da luz, como se esquematiza na Figura 2. Ambas as superfícies paralelas de uma placa contribuem para a reflexão parcial. O duplo efeito das duas superfícies pode ser visualizado com um alvo colocado próximo da placa, como se mostra na Figura 2. A fracção da intensidade da luz reflectiva é dependente do índice de refração do material e do valor do ângulo de incidência, como se mostra na Figura 3. O aumento de fracção reflectida com o índice de refração tornou possível o desenvolvimento de vidraças capazes de reflectir uma elevada fracção de luz, mediante a deposição de um filme fino de um material de índice de refração muito mais elevado do que do vidro propriamente dito. Estas vidraças são muito importantes para efeitos de climatização. De igual modo, a orientação dos edifícios em relação ao sol pode ser projectada para minimizar os custos de energia relacionados com as necessidades de aquecimento ou de ar condicionado.

Também pode ocorrer reflexão total (Figura 4) quando a luz se propaga no meio

de mais elevado índice de refração, isto é,  $n_1 > n_2$ , e o ângulo de incidência excede um determinado valor crítico correspondente à condição  $n_1 \sin(\alpha_{\text{crit}}) = n_2 \sin(90^\circ)$ , ou seja:

$$\alpha_{\text{crit}} = \arcsin(n_2/n_1).$$

A reflexão total pode ser visualizada com um copo contendo água turva e um ponteiro Laser, conforme se representa na Figura 5. As partículas sólidas em suspensão na água turva provocam dispersão parcial da luz, mostrando assim a sua trajectória, com reflexão total à superfície.

A reflexão total permite que a luz se propague no interior de fibras, varetas e outras amostras de materiais transparentes, com trajectórias “aparentemente” curvas. Este efeito pode ser visualizado fazendo incidir a luz de um ponteiro Laser numa das extremidades de uma vareta de vidro, previamente encurvada com um maçarico. A luz emerge na outra extremidade devido a reflexões totais sucessivas, conforme se mostra na Figura 4. Este efeito torna possíveis as comunicações ópticas, nas quais a informação é transmitida sob a forma de sinais ópticos, os quais permitem a transmissão de enormes quantidades de informação, sem interferências electromagnéticas.

### 3. Equipamento, materiais e reagentes

- Ponteiro Laser com uma face plana.
- Papel milimétrico
- Diferentes placas de vidro com pelo menos um lado plano e polido.
- Placas de outros materiais transparentes (p.e. acrílico) com um lado plano e polido.
- Varetas de vidro encurvadas com um maçarico.
- Cabo de fibra óptica (opcional)

### 4. Realização experimental

1) Prepare um copo de água e turve-a ligeiramente com um pó fino (p.e. pó de giz).

Faça incidir o feixe de luz de um ponteiro Laser sobre a superfície, com uma inclinação de cerca de  $45^\circ$  e verifique a alteração da trajectória da luz, característica da refração da luz. (A existência de partículas em suspensão provoca dispersão parcial da luz, revelando assim a sua trajectória).

2) Disponha uma placa de vidro sobre uma folha de papel milimétrico, fazendo coincidir um lado plano e liso com uma linha horizontal do papel milimétrico. Faça incidir a luz de um ponteiro laser num ponto intermédio da placa, de modo que a luz possa incidir paralelamente à placa com um ângulo de incidência de aproximadamente  $45^\circ$ , como se representa na Figura 1. Marque, sobre a folha de papel milimétrico, os pontos onde a luz incide e emerge da placa. Retire a placa de vidro sem alterar a posição do ponteiro Laser relativamente à folha de papel. Com o auxílio de um alvo (p.e. uma folha de papel A4 colada numa placa) marque dois pontos correspondentes ao trajecto da luz na ausência da placa. Determine o índice de refração  $n = \sin(\alpha_1)/\sin(\alpha_2)$  a partir dos segmentos marcados na Figura 1.

3) Faça incidir o ponteiro Laser na parede lateral do copo, a cerca de 1 cm da

superfície da água e com uma inclinação próxima de  $45^\circ$ , conforme se mostra na Figura 5. Verifique que a trajetória da luz no copo de água revela a existência de reflexão total à superfície. Verifique que não ocorre reflexão total quando o feixe de luz incide directamente sobre a superfície da água e explique porquê.

4) Faça incidir a luz do ponteiro Laser numa das extremidades de uma vareta de vidro e verifique que a luminosidade emerge na outra extremidade. Repita a experiência com varetas previamente encurvadas com o auxílio de um maçarico ou bico de Bunsen. Caso tenha acesso a um cabo de fibra óptica verifique que a luz se propaga apesar das inúmeras curvaturas que o mesmo possa apresentar. Como explica estas trajetórias de luz aparentemente curvas? Discuta a sua importância nas comunicações ópticas.

5) Prepare um alvo constituído por uma folha de papel colada sobre uma placa plana (de madeira ou de outro material disponível) e uma montagem experimental constituída por esse alvo e por uma placa de vidro transparente, dispostos perpendicularmente, como se representa na Figura 2.

6) Aponte o feixe de luz de um ponteiro Laser sobre a placa de vidro da alínea 4, fazendo-o incidir a cerca de 5 cm de distância do alvo e com uma inclinação de aproximadamente  $45^\circ$ . Verifique a ocorrência de diferentes pontos luminosos no alvo, correspondentes a luz reflectida e a luz transmitida.

7) Repita a alínea 5 com outras placas de materiais transparentes, incluindo amostras mais reflectoras e amostras de diferentes espessuras. Discuta as diferenças entre o brilho das componentes reflectidas por diferentes placas.

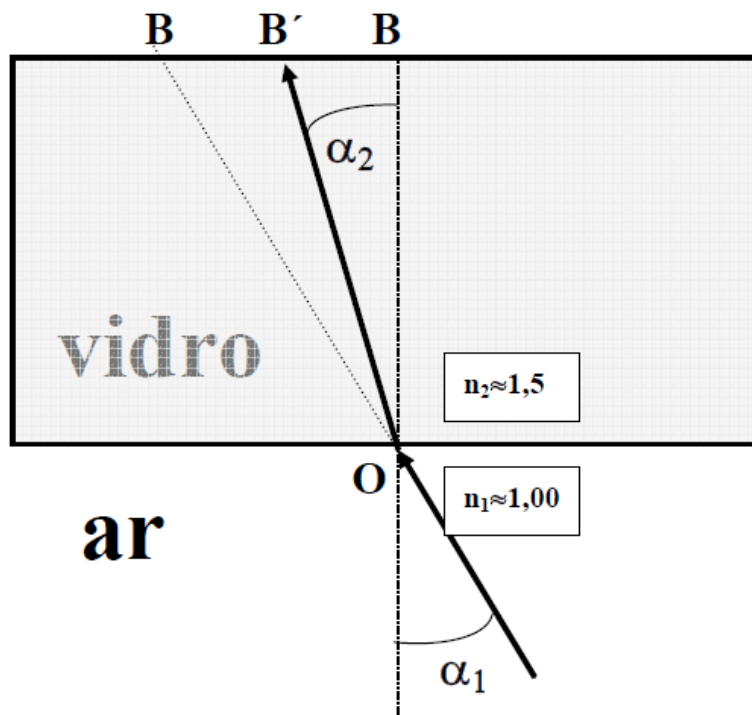


Figura 1: Representação de uma montagem experimental para verificar o fenómeno da refração.

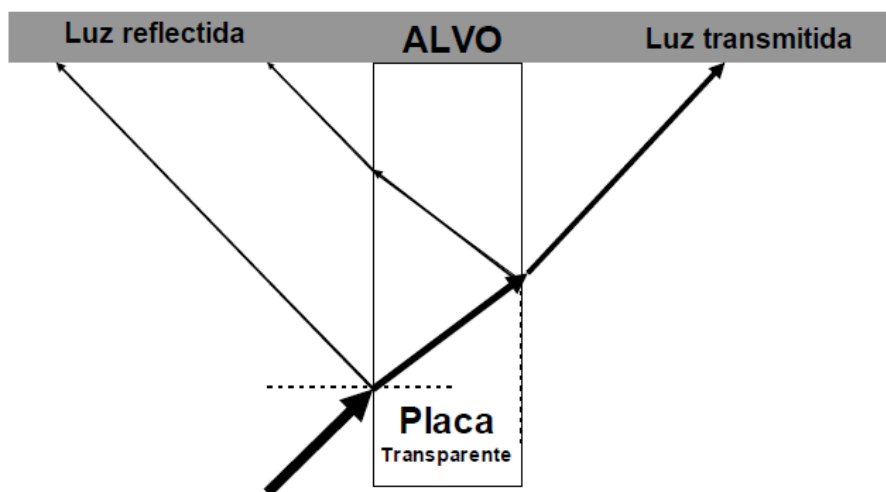


Figura 2: Representação de uma montagem experimental para verificar efeitos de reflexão parcial em placas de vidro e de outros materiais transparentes

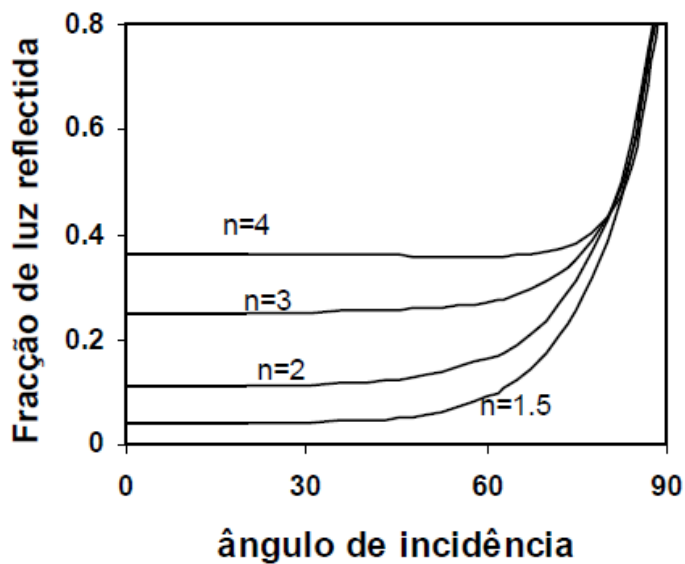


Figura 3: Fração de luz refletida em função do ângulo de incidência e do índice de refração do material ( $n$ ).

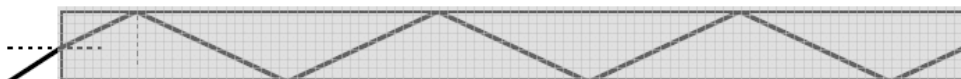


Figura 4: Representação esquemática da reflexão total numa vareta de vidro.

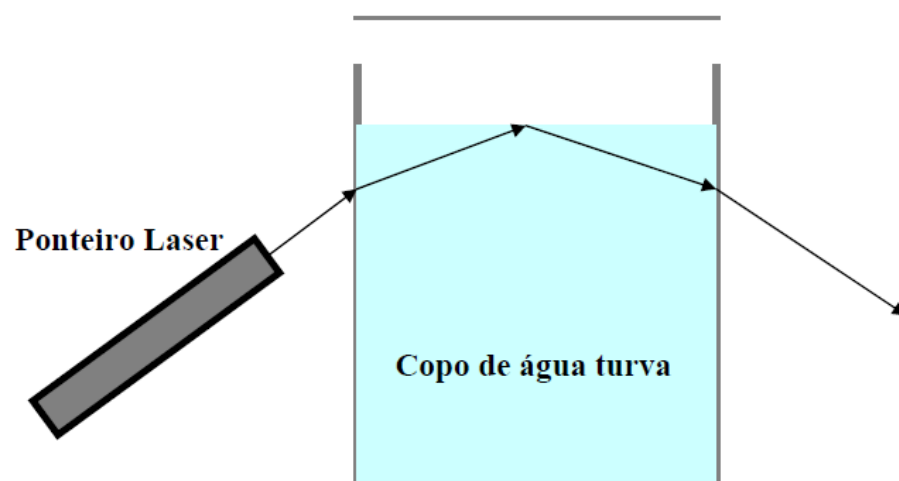


Figura 5: Esquema de uma demonstração de reflexão total