



CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br

Óptica (Geométrica) na Idade Média.

Por volta de 1038, o físico e matemático iraquiano Abu-’Ali Al-Hasan ibn al-Haytham (Al-Hazen) (c.965-1038), em seu livro intitulado **Kitab Al-Manazer** (“Tesouro da Óptica”) – obra de conteúdo puramente geométrico –, afirmou que a fonte dos **raios luminosos** está no Sol ou em qualquer outro objeto luminoso, e mais ainda, que a visão se deve tão somente à reflexão desses raios para os olhos que estão contemplando determinado objeto [Jacob Bronowski, **A Escalada do Homem** (Martins Fontes/EDUSP, 1979)]. Ainda nesse livro, ele completou a lei da **reflexão da luz**, afirmando que *o raio incidente, o raio refletido e a normal estão no mesmo plano*. Apesar de muito esforço e experimentação sobre a **refração da luz**, Al-Hazen não conseguiu formular corretamente sua lei, porém corrigiu as tabelas de **refração** de haviam sido apresentadas pelo astrônomo grego Cláudio Ptolomeu (85-165) em seu livro intitulado **Óptica**. Ao estudar a estrutura anatômica do olho, principalmente o cristalino (o qual supôs ser o receptor da imagem), Al-Hazen demonstrou então que o poder de ampliação de uma **lente** era devido à sua curvatura, e não a uma propriedade intrínseca a sua composição, conforme a opinião da época. Al-Hazen construiu também um **sistema de lentes** e discutiu algumas propriedades dos **espelhos parabólicos e esféricos**, principalmente a determinação de seus focos, determinação essa que ficou conhecida como o **problema de Al-Hazen** (vide verbete nesta série). Ao tentar determinar o foco dos **espelhos esféricos**, descobriu a **aberração da esfericidade**, isto é, a indefinição do foco de tais espelhos, quando um feixe de raios luminosos paralelos incidentes nos mesmos for de grande abertura angular. Observou ainda Al-Hazen que isso não acontece nos **espelhos parabólicos**, uma vez que os raios luminosos incidentes são refletidos e focalizados em um mesmo ponto, independentemente da distância daqueles raios ao eixo do espelho. Note-se que, por essa razão, os **espelhos parabólicos** são usados como faróis de carro. É ainda de Al-Hazen a observação de que há um aparente aumento da Lua quando próxima do horizonte, e que o crepúsculo solar permanece até mesmo quando o Sol está cerca de 19° abaixo do horizonte. Tal fenômeno decorre da **refração da luz** na atmosfera terrestre, concluiu Al-Hazen. Deve-se ainda a esse sábio árabe a obtenção de imagens em **câmaras escuras**, bem como a redescoberta da **lei do trajeto mínimo da luz**, enunciada pelo matemático e inventor grego Heron de Alexandria (c.20 d.C.- ?). Observe-se que em todo estudo feito por Al-Hazen sobre os **fenômenos luminosos** e suas consequências não há nenhuma alusão à **natureza da luz**.

O erudito inglês Robert Grosseteste (c.1175-1253), Bispo de Lincoln, usou o livro de Al-Hazen em suas experiências com a **reflexão** e **refração da luz**. Contudo, sua **lei da refração** – *O ângulo de refração é metade do ângulo de incidência* – mostrou-se ser completamente equivocada, e foi posteriormente substituída pela **lei de Snell** (1621)-**Descartes** (1637) (vide verbete nesta série). Por outro lado, como o **Tesouro da Óptica** era de conteúdo puramente geométrico, sem conter qualquer comentário sobre a **natureza da luz**,

Grosseteste retomou a concepção platônica sobre a mesma, isto é, segundo a qual a **luz** é uma criação divina. Ainda para ele, a **luz** era a primeira forma corporal, que podia se autopropagar instantaneamente, em linha reta e em todas as direções e sem perder substância. Foi dessa maneira que a **luz** engendrou o Universo tornando-se sua substância primordial. Assim, no começo do mundo, Deus tirou a matéria informe do nada (hoje: vácuo quântico), e foi a **luz** que produziu, por autodifusão, as dimensões do espaço e, em seguida, todos os seres. Por esse motivo, Grosseteste afirmava que o estudo da **Óptica Geométrica** fornecia a chave para entender o mundo físico. É ainda de Grosseteste a ideia de usar as **lentes** para ampliar os objetos pequenos e aproximar os objetos distantes. [Jean Gimpel, **A Revolução Industrial da Idade Média** (Zahar Editores, 1977)].

Uma outra contribuição ao estudo da **Óptica Geométrica** na Idade Média, deve-se ao filósofo inglês, o monge franciscano Roger Bacon (c.1219-c.1292), que explicou ser o fenômeno do **arco-íris** (vide verbete nesta série) devido a pequenas imagens do Sol desvanecido em inúmeras gotículas d'água, e que suas cores (em número de cinco) eram consequência de um fenômeno subjetivo produzido pelo olho. Além do mais, observou que sua localização no espaço só ocorria quando o ângulo entre a direção dos raios solares incidentes e a dos raios refletidos pelas nuvens até os olhos do observador era de aproximadamente 42° .

Em 1267, em seu livro **Opus Major** ("Obra Maior"), Roger Bacon afirmou que um raio luminoso atingindo o olho "diretamente e perpendicularmente" era a imagem perfeita da graça; e mais ainda, que através da visão poderíamos perceber como a sabedoria divina se manifesta no mundo visível. Roger Bacon também se interessou pela **Óptica Geométrica**, chegando a construir **lentes** e a sugerir seu emprego em espetáculos teatrais. Ao afirmar que, através das **lentes**, o Sol, a Lua e as estrelas poderiam aparecer mais perto de nós, Roger Bacon tornou-se o precursor do **telescópio** (sobre este instrumento óptico, ver verbete nesta série). Admitiu, também, que a **luz** necessitava de certo tempo para se propagar, ou seja, que sua velocidade era finita.

Em 1268, Roger Bacon escreveu uma carta ao Papa Clemente IV (Gui Foulques/Guido Fulcodi) (~1200-1268) sugerindo o uso de objetos transparentes para auxiliar a visão, conforme se pode ver no seguinte trecho daquela carta: - *Se examinarmos letras ou pequenos objetos por meio de uma lente de vidro, cristal ou qualquer outra matéria transparente colocada sobre as letras, se essa lente tiver uma forma ligeiramente esférica, se a face convexa estiver voltada para o lado do olho e o olho estiver diante do vazio, ver-se-ão então muito melhor as letras, que parecerão mais gordas Este instrumento será extremamente útil aos velhos e às pessoas que têm a vista fraca, porque poderão ver as letras pequenas, se forem suficientemente ampliadas.* Desse modo, Roger Bacon foi o precursor do **óculos**. (Gimpel, op. cit.).

Ainda segundo Gimpel (op., cit.), Roger Bacon acreditava que o Imperador Romano Julius Caesar (100-44) havia mandado colocar nas costas do Norte da Gália imensos **espelhos** capazes de refletir a posição das cidades e dos campos da Inglaterra. Em vista disso, ele propôs no **Opus** que **espelhos** semelhantes poderiam ser colocados numa colina, diante de uma cidade ou de um exército hostil, e que nos fariam visíveis todos os movimentos dos inimigos.

Por volta de 1274, o erudito polonês Witelo (c.1225-c.1275), em seu livro **Perspectiva** – um tratado fundamentado em Ptolomeu e Al-Hazen – apresentou uma

primeira percepção do **espaço**, assim como descreveu suas experiências relacionadas com a **refração da luz** nas interfaces água-ar, ar-vidro e água-vidro, e com a **dispersão da luz** branca (vide verbete nesta série) em um prisma hexagonal e em esferas de vidro cheias d'água, com as quais abordou o problema das cores do **arco-íris**. Aliás, o físico persa Ibn Marud al-Schirazi [floresceu cerca (f.c) da metade do Século 13] também estudou o fenômeno do **arco-íris**, afirmando que o mesmo era devido à **dupla-refração** e **reflexão** de raios solares nas gotículas d'água que compõem as nuvens.

Na segunda metade do Século 13, entre 1280 e 1290, no vale do rio Arno, na Itália, houve o emprego de **lentes** para corrigir a visão, isto é, seu emprego como **óculos** (vide verbete nesta série). No entanto, eles eram muito grosseiros, dando imagens deformadas dos objetos, por falta de boa técnica de polimento das **lentes**. Note-se que essa técnica só vai se desenvolver no Século 17, com a invenção do **telescópio**. [Jean Rosmorduc, **De Tales a Einstein: História da Física e da Química** (Editorial Caminho, 1983)].

Segundo vimos em verbete desta série, logo no começo do Século 14, em 1304, o monge e erudito alemão Dietrich von Freiberg (Theodorico de Freiberg) (c.1250-c.1310) publicou o livro intitulado **De Iride et Radialibus Impressionibus** ("Sobre o Arco-Íris e as Impressões Causadas pelos Raios"), no qual apresentou a hipótese de que o **arco-íris** era resultado de uma combinação de **refração** e de **reflexão** da luz solar por gotículas de chuvas individuais, e não coletivamente como considerou o filósofo grego Aristóteles de Estagira (384-322). Com o propósito de confirmar essa hipótese, encheu esferas cristalinas ocas com água e as colocou no trajeto de raios solares. Com essa experiência, Theodorico conseguiu reproduzir os **arco-íris** primário e secundário. Além do mais, demonstrou que o arco secundário apresentava invertida a ordem de suas cores em relação às do arco primário; e mais ainda, que o ângulo entre os raios incidentes e emergentes dos raios secundários era maior que 11° em relação aos raios primários, observação essa que concordava com os **arco-íris** naturais observados. Com isso, Teodorico explicou a famosa **região escura de Alexandre**, região essa situada entre os dois **arco-íris**, e que havia sido observado pela primeira vez pelo filósofo grego Alexandre de Afrodísias (f.c. entre os Séculos 3 e 2 a.C.), por volta de 200 a.C.

Concluindo este verbete, é interessante destacar que o estudo da **Óptica Geométrica** também foi objeto de estudo por parte do erudito inglês John Peckman (Pecham) (c.1230-1292), Arcebispo de Canterbury; pelo erudito italiano Blaise de Parme (Blasing de Parma) (c.1345-1416), no livro intitulado **Quaestiones Perspectivae** ("Questões de Perspectiva"), escrito por volta de 1390; e pelo matemático florentino Paolo Toscanelli (1397-1482), no texto **Della Prospettiva** ("Da Prospettiva"), de 1420. [Pierre Thuillier, **Espace et Perspective au Quattrocento**, *La Recherche* **160**, p. 1384 (Novembre, 1984)].



ANTERIOR

SEGUINTE