

IBN AL-HAYTHAM E A REVOLUÇÃO MEDIEVAL NA ÓPTICA

Roberto de Andrade Martins

Resumo: Este artigo apresenta o desenvolvimento da Óptica – especialmente sob o ponto de vista da teoria da visão – da Antiguidade até o período medieval, indicando a importância do trabalho de Ibn al-Haytham no desenvolvimento de novas ideias que transformaram essa teoria. No século XI, Ibn al-Haytham introduziu uma interpretação que é parcialmente igual à que aceitamos hoje: a de que a visão ocorre quando a luz atinge os objetos e, depois, é captada por nossos olhos, produzindo neles imagens. Porém, a compreensão do funcionamento dos olhos só se deu, de fato, no século XVII, culminando com a contribuição de Kepler. É necessário perceber a importância da contribuição de al-Haytham, mas também é extremamente relevante captar as limitações de sua teoria, sem descrevê-la de modo anacrônico.

Palavras-chave: história da Óptica; história da Física; teoria da visão; Ibn al-Haytham; Óptica medieval; ciência islâmica

1. INTRODUÇÃO

Abū ‘Alī al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn al-Haytham¹ (aproximadamente 965-1040), que se tornou conhecido na

¹ O nome masculino Haytham significa uma jovem água. A pronúncia de Ibn al-Haytham é ĩb'ən ěl-hĩthəm (Kleinedler, 2005, p. 315), cujo som é aproximadamente ib(a)n(e)l-hith(a)m, onde as

Europa como Alhacen ou Alhazen, foi um pensador islâmico homenageado em 2015, dentro da programação do “Ano Internacional da Luz”, por suas contribuições à Óptica.²

Cerca de mil anos atrás ele escreveu seu “Livro de Óptica”, *Kitāb al-Manāẓir*. Nele propôs uma importante teoria sobre a visão, defendendo que ela se dá através da luz e das cores que se espalham em linha reta, para todos os lados, a partir de cada ponto da superfície dos objetos iluminados, e atingem o olho, nele produzindo uma réplica bidimensional que percebemos. Sua teoria, revolucionária para a época, não é igual à que aceitamos hoje em dia, mas foi um passo importante para a compreensão do processo visual, ajudando a transformar todo o estudo da Óptica.

A obra *Kitāb al-Manāẓir* de Ibn al-Haytham foi traduzida menos de dois séculos depois para o latim e teve grande influência na Europa, desde a Idade Média até o início do século XVII, quando Johannes Kepler (1571-1630) propôs uma nova teoria da visão que é, essencialmente, a que ainda utilizamos. O objetivo do presente artigo é apresentar um panorama geral sobre a história da Óptica desde a Antiguidade grega até a Idade Média, abordando as contribuições de Ibn al-Haytham, dando especial atenção à sua teoria da visão, comparando-a com as de seus antecessores e mostrando, também, algumas de suas limitações.

Ao final do artigo, adicionamos como apêndices as traduções de textos de al-Kindī, Ibn Sīnā e Ibn al-Haytham.

vogais entre parênteses indicam sons muito curtos, e a letra “h” é aspirada, como em inglês.

² Este artigo foi escrito em 2015, por ocasião das comemorações do “Ano Internacional da Luz”, sob o estímulo de um convite para apresentar uma conferência sobre “A óptica de Ibn al-Haytham: 1.000 anos de luz” na 67^a Reunião Anual da SBPC, realizada na Universidade Federal de São Carlos, de 12 a 18 de julho de 2015. Uma versão muito curta foi depois divulgada no *site* da SBPC, no endereço <http://www.sbpcnet.org.br/livro/67ra/PDFs/arq_3909_1804.pdf>

2. A ÓPTICA NA ANTIGUIDADE

Na Antiguidade grega e helenística, o processo de visão foi estudado por médicos interessados em questões como cegueira e doenças dos olhos, levando à análise da estrutura e fisiologia dos olhos; por filósofos interessados no processo de conhecimento do mundo e no sentido da visão; e por matemáticos interessados em compreender perspectiva e fenômenos ópticos como a reflexão (Lindberg, 1976, p. 1). Essas três tradições contribuíram para o desenvolvimento posterior da teoria da visão.

Da Antiguidade até o século XVI, a palavra “óptica” significava o estudo da visão e não o estudo da luz, como atualmente (Halsey, 1889, p. 173).³ Diversos pensadores da Antiguidade grega tentaram compreender como conseguimos enxergar os objetos. Afinal de contas, conseguimos ver coisas que estão a grande distância de nós, como árvores, montanhas, nuvens e estrelas. Como isso é possível? Como podemos captar a forma, o tamanho, a cor e a distância dos objetos, pela visão?

No caso de outros de nossos sentidos, a problemática é muito mais simples. Podemos conhecer os objetos pelo tato porque podemos tocá-los e, assim, perceber se são lisos ou ásperos, quentes ou frios, moles ou duros. Quando nossa mão está em contato com um objeto, a pele recebe diretamente essas informações e as transmite à nossa mente; não parece haver mistério nisso, porque não há distância alguma entre o objeto e nossa pele. No caso da audição, também não parecia existir nenhum mistério. Desde a Antiguidade já se sabia que o som era uma vibração produzida pelos objetos, que se espalha pelo ar e que, ao chegar até nós, pode ser percebido pelo ouvido. Não parece haver nada de misterioso, pois não percebemos o som à distância, e sim quando ele atinge nossos ouvidos. O sentido do paladar é semelhante ao do tato (somente sentimos o sabor de coisas que estão em contato com nossa boca); e o do olfato é

³ A palavra grega *ops* (ὄψ) significa olho; *optikós* (ὀπτικός) é aquilo que se refere à visão; e *ta optika* (τὰ ὀπτικά) é a teoria da visão.

semelhante à audição (o aroma sai dos objetos e vem até nossa narina, onde é captado). Em todos esses casos, há um contato direto ou indireto entre o objeto que estamos sentindo e nosso corpo. Foi esta propriedade da visão – captar a aparência de coisas distantes de nós – que foi considerada peculiar e desencadeou muitos estudos.

Certas interpretações da visão, na Antiguidade, supunham que alguma coisa saía dos objetos visíveis e chegava até nossos olhos (como no caso dos sons). São chamadas “teorias de intromissão” ou “teorias de ingresso”, ou seja, de entrada de alguma coisa em nosso órgão visual. Outras interpretações supunham que saía alguma coisa de nossos olhos que ia até os objetos, entrava em contato com eles e transmitia de volta aos nossos olhos as informações visuais sobre os mesmos; são chamadas de “teorias de emissão”, ou “teorias de egressão”, ou seja, de saída de alguma coisa de nosso órgão visual (Rudolph, 2015, p. 36).

Os atomistas gregos acreditavam que películas formadas por átomos se desprendiam da superfície dos objetos para todos os lados e que, atingindo os olhos, produziam a visão. Essas películas, chamadas “eidola” em grego (imagens), mantinham a forma e transmitiam outras características do objeto (Siegel, 1959). De acordo com Aristóteles, Demócrito (século V a.C.) apontava que podemos ver uma miniatura da imagem dos objetos nos olhos das pessoas e que isso era parte do processo da visão (Lindberg, 1976, pp. 2-3). Essas películas, comparadas por Lucretius à pele que se desprende de uma cobra, seriam unidades coerentes, mantendo a cor e a forma do objeto; assim, receber e entrar em contato com esses simulacros era equivalente a entrar em contato com o próprio objeto.

Tal proposta tinha vários problemas, que foram identificados por diversos pensadores da Antiguidade. Como a réplica de um objeto grande poderia entrar no olho? E como os diversos simulacros dos objetos existentes em um mesmo local poderiam passar uns através dos outros, sem se atrapalhar? Outro problema é que essas películas deveriam encolher com a

distância, de tal modo a transmitir ao observador um tamanho aparente coerente com as leis da perspectiva (Lindberg, 1976, p. 58).

Uma outra proposta surgiu aproximadamente no século V a.C.: a de que o olho conteria um tipo de “fogo”, que sairia dele e iria até os objetos, para produzir a visão – ou seja, uma teoria de emissão. Tal ideia é atribuída a alguns pitagóricos (como Alcmaeon de Croton) e a Empédocles (Ierodiakonou, 2005, p. 23; Lindberg, 1976, pp. 3-5). Essa hipótese foi depois modificada e desenvolvida por Platão (aprox. 427-347 a.C.). Segundo ele, o olho emite um tipo de luz ou fogo visual; quando o ambiente em volta da pessoa está iluminado, o fogo visual se combina com essa luz externa e forma raios que vão diretamente do olho até os objetos externos, transmitindo suas características ao observador. É como se pudéssemos esticar dedos invisíveis até os objetos, tocá-los e perceber como eles são.

Aristóteles (384-322 a.C.) rejeitou as teorias anteriores sobre luz e visão. Considerou que não era razoável aceitar que saísse alguma coisa dos olhos que fosse capaz de atingir até mesmo as estrelas. Também criticou a ideia de que pudesse ocorrer uma união ou combinação entre a luz interna e a luz externa (Lindberg, 1976, pp. 6-7). Segundo Aristóteles, se colocamos um objeto em contato com o olho, ele não é visto; portanto, a visão não é um tipo de contato. Precisa existir um meio transparente (como ar, água e a matéria celeste) entre o olho e o objeto; e é esse meio transparente que atua sobre o olho e produz a visão. Os materiais transparentes são fundamentais para a visão e é através deles que vemos as cores e os objetos.

As duas principais obras de Aristóteles que discutem a visão são *De anima* e *De sensu et sensato* (Smith, 2001, vol. 1, p. xxvi). Nelas, Aristóteles considera que o objeto primário da visão é a cor, que é uma propriedade inerente aos objetos físicos. Para se tornarem realmente visíveis, esses corpos devem estar em um meio transparente contínuo, como o ar, que os conecte diretamente com o olho. No entanto, esses meios só se tornam

efetivamente transparentes quando são iluminados; sem luz, esses meios permanecem negros e opacos.

Segundo Aristóteles, a luz (*phos*) não é material; é um estado adquirido pelas coisas transparentes, causado por objetos luminosos, como o fogo. Sendo um estado (e não uma substância), a luz pode atravessar instantaneamente um objeto transparente, de qualquer tamanho. A cor (*chroma*), segundo Aristóteles, é uma propriedade da superfície dos objetos visíveis, que pode atuar sobre os meios transparentes iluminados. O objeto assim atua sobre o ar e este atua sobre o olho. Como o olho também é transparente, esse efeito pode entrar nele produzir efeitos (a visão) (Lindberg, 1976, pp. 7-9). Quando estão iluminados, esses meios se tornam capazes de assimilar a cor dos objetos, através de uma mudança qualitativa e não pela entrada de alguma substância material. Essa mudança qualitativa do meio transparente se difunde instantaneamente e atinge o olho. O olho, sendo um órgão material transparente, também é tingido fisicamente pela cor incidente e assim podem ser refletidas imagens na superfície da córnea. Por outro lado, como uma entidade sensível, ele assimila o efeito colorido, transformando-o em uma impressão sensorial, assim como a cera macia pode adquirir a forma e a impressão de um sinete, sem mudar sua natureza (Smith, 2001, vol. 1, p. xxvii). Na teoria de Aristóteles, o olho é passivo, recebendo de fora (através do ar) as impressões das cores dos objetos. A causa física da visão não é material e sim uma causa formal transmitida até o olho.

A teoria de Aristóteles não dava conta do processo pelo qual o observador é capaz de observar diferentes objetos ao mesmo tempo; se todos eles estão atuando sobre o ar, como pode o olho separar uma influência da outra? Em que consistiria a direcionalidade da visão? (Lindberg, 1976, p. 59).

Pensadores estoicos posteriores, como Cícero, supunham que o centro de consciência produzia um tipo de poder vital (*pneuma*) óptico que ia até o olho e produzia efeitos no ar externo, colocando-o em um estado de tensão. Quando esse ar era iluminado pelo Sol, ele se tornava um instrumento capaz de

conectar o olho aos objetos externos, como se o olho os estivesse tocando com uma vareta (Lindberg, 1976, pp. 9-10).

Todos esses autores se preocupavam com o processo da visão, mas não entravam em detalhes a respeito dos fenômenos ópticos como a perspectiva, o funcionamento de espelhos, etc. Sabemos que já existia algum estudo geométrico desse tipo desde o tempo de Aristóteles, pois ele alude a isso (Lindberg, 1976, p. 11). No entanto, ele próprio não se dedicou ao assunto.

Alguns pensadores posteriores, do período helenístico, tentaram compreender como a aparência visual dos objetos se altera, conforme sua distância e posição em relação ao observador – um estudo que foi depois chamado “perspectiva” (Ierodiakonou, 2015). A mais antiga exposição da teoria matemática da visão que conhecemos é de Euclides (aprox. 300 a.C.). Este autor deixou de lado as discussões fisiológicas ou filosóficas sobre a visão, tratando apenas dos fenômenos que podem ser analisados geometricamente. Pressupôs, no entanto, o olho enxerga enviando algo (os raios visuais retilíneos) que atinge os objetos visíveis. O ponto de partida desses raios é um ponto dentro do olho, que se torna o vértice de um cone ou feixe de raios. Cada um desses raios tocava um ponto do corpo observado e permitia ao observador saber sua posição (pela direção do raio) e outras propriedades (como a cor) que eram transmitidas de volta pelo raio. A base do cone é a superfície do objeto. A visão é semelhante ao tato, já que algo sai da pessoa e vai até o objeto, para senti-lo (Smith, 2001, vol. 1, p. xxviii-xix; Lindberg, 1976, p. 12). Como esses raios são retilíneos, tal teoria permite uma análise geométrica da perspectiva, explicando fatos como a diminuição aparente dos objetos quando eles se afastam. Os raios visuais formam cones, cuja base está na superfície dos objetos vistos, e cujo vértice está no olho. As coisas vistas sob um ângulo maior parecem maiores e as que são vistas sob um ângulo menor parecem menores; e a posição das coisas é percebida pela direção dos raios que as atingem. A nitidez da visão de um objeto depende do número de raios que o atingem. Para Euclides, os raios visuais formam um

feixe discreto e um objeto muito pequeno ou muito distante se torna invisível por estar no espaço entre os raios. A visão permite perceber a direção em que o objeto está e também sua distância, já que o observador os está "tocando" com seus raios visuais.

Mais do que discutir a própria natureza da visão, Euclides e outros matemáticos aplicaram a hipótese dos raios visuais para explicar geometricamente diversas características importantes da visão – aparência visual (forma), direção, percepção de movimentos, distância, tamanho, nitidez etc.

Outros autores posteriores, como Heron de Alexandria e Ptolomeu, também utilizaram a hipótese de raios visuais, analisando geometricamente as propriedades da visão de imagens em espelhos (reflexão), assim como através de corpos transparentes (refração). Note-se que, nesse período, a Óptica era o estudo da visão e não do movimento da luz. Ninguém se referia à reflexão da luz nos espelhos e sim à reflexão dos raios visuais neles.

Heron de Alexandria (século I d.C.) adotou em seus estudos sobre os espelhos uma atitude semelhante à de Euclides. Refere-se pouco ao processo visual, utilizando uma abordagem quase totalmente geométrica. No entanto, como Euclides, ele também utiliza alguns pressupostos sobre a visão, empregando a ideia de raios visuais que saem dos olhos, atingem os espelhos e são refletidos por eles (Lindberg, 1976, pp. 14-15). Argumentou que esses raios se movem tão rapidamente que, quando fechamos os olhos e os abrimos de novo, olhando para o céu, vemos imediatamente as estrelas. Ao explicar as diferenças entre uma superfície polida e outra não polida, Heron indicou que os raios visuais se comportam como uma pedra atirada contra uma parede, sugerindo assim que esses raios possuem uma natureza material. Ele fez um estudo detalhado dos fenômenos de reflexão das imagens, introduzindo também a ideia de que os raios visuais sempre percorrem o caminho mais curto possível (Martins & Silva, 2013).

Ptolomeu (século II d.C.) escreveu a mais importante obra sobre óptica da Antiguidade que chegou até nós. A primeira parte de sua obra, que discutia o processo da visão, não foi conservada, o que dificulta a compreensão de sua abordagem. No entanto, sabe-se que ele atribuía a visão a um fluxo visual que saía do olho, como Euclides; porém, interpretava os raios visuais como sendo da mesma natureza dos raios luminosos, atribuindo-lhes assim uma natureza física. Ptolomeu dividiu sua obra em três partes. Primeiramente analisou o caso da visão em linha reta ("óptica"); depois, estudou os efeitos da reflexão em espelhos ("catóptica"); e, por fim, os fenômenos de refração ("dióptrica") (Smith, 2001, vol. 1, p. xxxv). Ele estudou a questão da visão binocular, a diplopia, ilusões visuais e outros efeitos, pois a óptica antiga era a ciência da visão e não da luz.

Ptolomeu aceitava que a cor era uma propriedade dos objetos físicos, uma qualidade que produzia uma modificação nos raios visuais que atingiam o objeto. Essa cor só pode produzir efeitos na presença da luz externa (Lindberg, 1976, pp. 14-16). Na óptica de Ptolomeu, os raios visuais já não são mais pensados como um feixe discreto e sim como um cone contínuo. Os raios visuais individuais se tornam assim apenas imaginários, um recurso que permite analisar a visão com o uso da geometria. O cone visual atinge um objeto e apreende a cor e o brilho de sua superfície, transmitindo esse efeito de volta até o olho, onde produz uma impressão visual. Além de indicarem a cor e o brilho dos objetos, os raios visuais permitem perceber sua posição, tamanho e distância (Smith, 2001, vol. 1, pp. xxix - xxxii).

O médico helenístico Galeno (aprox. 129-199 d.C.) afirmou que existiam apenas duas possibilidades de tentar explicar a visão: ou alguma coisa saíria do próprio objeto e iria até a pessoa, ou alguma coisa saíria da pessoa e iria até o objeto (Lindberg, 1976, p. 10). A primeira alternativa lhe parecia inaceitável, pois a imagem de uma montanha muito grande precisaria ao mesmo tempo se espalhar para todos os lados de modo a atingir diversas pessoas; e encolher para entrar pela

pupila. Assim, a segunda alternativa precisaria ser verdadeira, ou seja, o olho deveria enviar até o objeto seu poder sensorial. Adotou, assim, uma hipótese semelhante à dos estoicos, supondo que o poder vital visual (*pneuma*, em grego) seria enviado do cérebro, através dos nervos ópticos, até os olhos; sairia então pelos olhos e produziria uma alteração no ar, mas não iria até longe; o efeito do *pneuma* no ar é que seria transmitido até grandes distâncias, quando o ar está iluminado. O poder visual se estende então pelo ar transparente, até atingir o corpo colorido (Ierodiakonou, 2014).

Galeno enriqueceu sua teoria da visão com muitas informações sobre a anatomia e a fisiologia do olho, distinguindo várias de suas partes como retina, córnea, íris, humor aquoso, humor vítreo. Ele supunha que o cristalino (humor glacial) era o principal órgão da visão, pois quando ocorre a catarata, entre o cristalino e a córnea, a visão é prejudicada, até que a catarata seja removida (Lindberg, 1976, p. 11). Não atribuída importância à retina.

O período medieval foi fortemente influenciado pelos autores helenísticos. Como vimos, tanto a teoria de Euclides quanto a de Galeno aceitavam que o poder visual emana do olho e é enviado diretamente (através de raios visuais) ou indiretamente (através de uma modificação do ar) até o objeto visível para percebê-lo. A proposta atomista praticamente não teve impacto nos pensadores posteriores; mas a concepção aristotélica teve influência no pensamento islâmico sobre a visão, a partir do século X.

3. ESTUDOS ISLÂMICOS SOBRE ÓPTICA

Durante a Idade Média, as ideias sobre a visão que tinham sido propostas na Antiguidade começaram a ser estudados pelos pensadores islâmicos. Os primeiros estudos islâmicos sobre óptica que conhecemos foram desenvolvidos no século IX, por Abū Yūsuf Ya'qūb ibn Ishāq al-Kindī. O trabalho de al-Kindī foi diretamente influenciado pelo pensamento grego. Aparentemente, não conhecia a obra de Ptolomeu, pois não a

cita. Baseou-se, em grande parte, na tradição geométrica da perspectiva de Euclides (Lindberg, 1976, pp. 18-19). Aceitava a hipótese de emissão de raios visuais. No entanto, uma de suas obras acabou contribuindo, posteriormente, para a substituição dessa teoria: no seu trabalho “Sobre os raios das estrelas”, no qual propõe uma base teórica para a astrologia e a magia, al-Kindī afirma que todos os corpos do universo emitem raios, como as estrelas, e assim se influenciam uns aos outros (ver Apêndice I deste artigo). Segundo sua visão, tudo produz raios que se espalham para todos os lados e preenchem todo o universo. Através deles, as estrelas enviam suas influências sobre o mundo terrestre; os ímãs, o fogo, o som e as cores atuam também através de raios sobre sua vizinhança. Possivelmente essa hipótese de al-Kindī foi influenciada pelo neo-platonismo de Plotinus.

Embora aceitasse a hipótese de emissão de raios visuais, al-Kindī estudou a propagação de raios luminosos, analisando as propriedades geométricas das sombras produzidas por objetos, para defender que eles seguiam linhas retas (Lindberg, 1976, p. 20). Após o trabalho de al-Kindī, muitos outros autores islâmicos defenderam a teoria de emissão de raios, como al-Farabi (século X), ibn Bakhtyashy (século XI), Ibn Hazm (século XI), Nasir al-Din al-Tusi (século XIII) e outros (Lindberg, 1976, p. 31).

Após o trabalho de al-Kindī, muitos outros autores islâmicos defenderam a teoria de emissão de raios, como al-Farabi (século X), Ibn Bakhtyashy (século XI), Ibn Hazm (século XI), Nasir al-Din al-Tusi (século XIII) e outros.

Na área médica, os estudos islâmicos sobre a visão parecem ter sido iniciados aproximadamente na mesma época dos estudos ópticos de al-Kindī, ou seja, no século IX. O texto mais antigo que conhecemos é de autoria de Yuhanna ibn Masawaih, de Bagdá (Lindberg, 1976, p. 33). Seu discípulo, ‘Abū Zayd Ḥunayn ibn ‘Ishāq, também do século IX, é considerado mais importante do que ele. Ḥunayn ibn Ishaq traduziu textos médicos para o árabe e escreveu trabalhos originais sobre o olho

e a visão, baseados principalmente nas ideias de Galeno (Lindberg, 1976, p. 34). Sua obra teve, posteriormente, grande influência no ocidente. Ḥunayn ibn Ishaq criticou a teoria de emissão de raios visuais, argumentando que eles precisariam sair do olho e preencher todo o espaço, até os objetos mais distantes, o que parece implausível. Pelo contrário, na teoria de Galeno, esse espaço já está preenchido pelo ar, e o poder vital visual que sai do olho apenas toca o ar que está perto do olho; o ar, assim modificado, transmite essa ação à distância. Ele também admitia que as cores dos objetos se propagam pelo ar e citava como confirmação disso o fato de que se uma pessoa está abaixo de uma árvore, sua roupa fica da tonalidade dos ramos dessa árvore (Lindberg, 1976, pp. 38-40).

Ḥunayn ibn Ishaq teve grande influência tanto no mundo islâmico quanto no ocidente. Sua obra foi citada por autores persas como Abu Bakr Muahammad ibn Zakariya al-Razi (século X), Abu Ruh Muhammad ibn Mansur al-Jurjani (século XI), ‘Ali ibn Ibrahim ibn Bakhtyashu’ (final do século XI), pelo sírio Khalifa al-Halabi (século XIII) e por muitos outros. No ocidente, sua obra sobre a visão foi traduzida para o latim no final do século XI, circulando de forma ampla e influenciando diretamente Bartholomaeus Anglicus, Vincent de Beauvais e Roger Bacon; até o século XVI, era muito citado (Lindberg, 1976, p. 41). A teoria da visão de Galeno defendida por ele permaneceu praticamente imutável, nos séculos seguintes.

Os ataques islâmicos contra a teoria da emissão começaram a se tornar mais fortes na obra de Abū ‘Alī al-Ḥusayn ibn ‘Abd Allāh ibn Sīnā (980-1037), mais conhecido no ocidente como Avicenna (ver Apêndice 2 deste artigo). Todo o pensamento de Avicenna foi fortemente influenciado por Aristóteles (Lindberg, 1976, p. 43). Avicenna criticou a teoria dos raios visuais argumentando que seria absurdo acreditar que um órgão tão pequeno quando o olho fosse capaz de emitir alguma coisa capaz de preencher um hemisfério do universo; e que isso teria que ser repetido cada vez que o olho fosse aberto, a menos que retornasse e fosse reabsorvido pelo olho. Além disso, se o olho

percebe os objetos quando os raios visuais o tocam, ele sempre os perceberia do mesmo tamanho que são, e as leis da perspectiva não valeriam. Avicenna discute a possibilidade de que os raios visuais não preenchessem todo o espaço, mas saíssem dos olhos e perdessem contato com ele; ou que não atingissem o objeto observado; no entanto, em ambos os casos, tais raios não poderiam transmitir a visão do objeto. Por outro lado, se fosse o ar que transmitisse as propriedades do objeto até os raios visuais, para que seriam necessários esses raios? Ele também critica a ideia de que os raios são descontínuos e em número finito, pois nesse caso a visão seria constituída por pontos e não seria contínua. Argumenta ainda que, se os raios visuais possuem realidade física, então eles ocupam espaço e não poderiam se propagar pelo ar ou pelo éter que preenche o espaço entre os astros. Se esses raios forçassem sua passagem abrindo espaços no meio da matéria, então, ao olhar para um objeto abaixo da água, a água deveria aumentar de volume (Lindberg, 1976, p. 47).

Avicenna também criticou a teoria galênica de que os raios visuais modificam o ar e o tornam capaz de transmitir a visão. Se olhar para um objeto através do ar desse uma nova propriedade ao ar, então as pessoas míopes veriam melhor quando estivessem perto de outros; e uma pessoa com visão fraca veria melhor quando estivesse próxima a outra com visão mais forte – o que não ocorre (Lindberg, 1976, pp. 47-48). Segundo Avicenna, as condições para a visão seriam apenas que o meio seja transparente, que existam as cores nos objetos, que o olho seja saudável e que haja iluminação. Como o próprio ar está em contato com o olho, ele transmite a visão ao olho, não havendo necessidade de um raio que saia dele. Portanto, ele retornou à teoria de Aristóteles. Assim como no caso de outros sentidos (como olfato e audição) não se precisa supor que algo saia do órgão e vá até os objetos, também no caso da visão basta supor que algo vem até o órgão (Lindberg, 1976, pp. 45-46). Sob o ponto de vista da estrutura do olho, Avicenna seguiu Galeno. Avicenna comparou a visão com a formação de imagem

que ocorre em um espelho; e afirma que os objetos produzem imagens na superfície do olho. O tamanho dessas imagens produz o efeito da perspectiva; se os raios visuais fossem até os objetos e os “sentissem”, a perspectiva não existiria

A teoria aristotélica da visão, defendida por Avicenna, foi depois também apresentada por Abu-l-Walid Mahammad ibn Rushd (1126-1198), mais conhecido como Averroes (Lindberg, 1976, p. 52). Averroes adicionou alguns aspectos da fisiologia do olho de Galeno, mas manteve essencialmente a teoria aristotélica.

Até al-Haytham, os vários autores islâmicos que escreveram sobre óptica podiam ser divididos em várias escolas: a dos matemáticos (que seguiam a abordagem geométrica de Euclides, como al-Kindi), a dos médicos (que seguiam os estudos de Galeno, como Hunain) e a dos filósofos aristotélicos (como Avicenna). Al-Haytham superou essa divisão, aproveitando elementos de cada uma dessas tradições e unindo-as em uma teoria fértil e bastante coerente (Lindberg, 1976, p. 85).

4. IBN AL-HAYTHAM E SUA OBRA

Abū ‘Alī al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn al-Haytham (aprox. 965-1039), que se tornou conhecido na Europa como Alhacen ou Alhazen, nasceu em Baṣra, no atual Iraque ou, talvez, em Miṣrī, no Egito (era chamado de al-Baṣrī – proveniente de Baṣra – ou al-Miṣrī). Passou a maior parte de sua vida no Egito, onde tentou estabelecer um sistema de controle das inundações do Nilo, sem sucesso (Lindberg, 1976, p. 60).

Segundo Roshdi Rashed (2008, p. 1090), as informações históricas sobre al-Haytham são raras e pouco confiáveis, misturadas a lendas. As duas principais fontes biográficas sobre al-Haytham foram escritas dois séculos depois de sua morte, por Jamal al-Din ibn al-Qifti (d. c. 1248) e Ibn Abi Usaybi‘a (d. 1270); fontes, portanto, baseadas em informações secundárias ou tradições orais (Smith, 2001, vol. 1, p. xv). É difícil

estabelecer uma versão segura sobre sua vida, a partir dessas fontes.

A partir dessas fontes, é possível afirmar que ele nasceu no Iraque, provavelmente em Basra, no litoral do Golfo Pérsico. A data de nascimento é incerta; certamente foi na segunda metade do século X, possivelmente em torno do ano 965. Talvez ele tenha sido vizir (conselheiro de um califa) na sua cidade. Antes do ano 1021 ele passou a residir no Cairo, no período do califado de Faṭimid al-Ḥākīm. Propôs um projeto hidráulico para controlar as águas do rio Nilo, mas ele foi rejeitado pelo califa. Continuou a viver no Cairo até sua morte, que ocorreu após o ano 1040.

Conta-se que al-Haytham havia se gabado de ter um plano para controlar as inundações do Nilo e inicialmente teria sido convidado pelo califa al-Ḥākīm para desenvolver esse projeto. No entanto, após percorrer o Nilo, al-Haytham se convenceu da inviabilidade do projeto. Temendo a fúria do califa, fingiu-se de louco e teria ficado preso em uma casa por cerca de 10 anos, até o falecimento de al-Ḥākīm, em 1021. Durante esse período ele teria escrito seu famoso livro sobre óptica, *Kitāb al-Manāẓir*. Depois disso, passou a residir em uma tenda diante da mesquita Azhar, no Cairo. Sustentou-se ensinando e fazendo cópias de manuscritos científicos para outras pessoas, prosseguindo seus estudos e escrevendo diversos livros (Smith, 2001, vol. 1, p. xv).

Alguns antigos bibliógrafos citam 96 títulos de obras atribuídas a Ibn al-Haytham, mas nem todas sobreviveram. Metade de seus escritos eram sobre matemática, 14 sobre óptica, 23 sobre astronomia, duas sobre filosofia, três sobre estática e hidrostática, duas sobre astrologia e quatro sobre outros tópicos (Rashed, 2008, p. 1090). Muitas parecem ter sido compostas no intervalo entre 1028 e o ano de sua morte. Existem as versões árabes de aproximadamente 60 delas (Smith, 2001, vol. 1, p. xix). Seus trabalhos mais antigos (não conservados) parecem ter sido sobre lógica e sobre a filosofia de Aristóteles. A partir de 1028, ele se concentrou em trabalhos matemáticos e científicos.

Seus trabalhos abrangem matemática, astronomia, medicina, óptica e teologia.

No campo da óptica, os trabalhos de al-Haytham que foram conservados foram *Kitāb al-Manāẓir*, depois traduzido para o latim com os nomes *De Aspectibus* ou *Perspectiva*; “Sobre o espelho parabólico incendiário”, traduzido para o latim com o nome *De speculis comburentibus*; “Sobre o espelho esférico incendiário”; “Sobre a esfera incendiária”; “Sobre a luz”; “Sobre o arco-íris e o halo”; “Sobre a natureza das sombras”; “Sobre a forma do eclipse”; “Sobre a luz da Lua” e “Sobre a luz das estrelas” (Lindberg, 1976, pp. 60-61; Rashed, 2008, p. 1092). Outros seis de seus trabalhos, perdidos, também tratavam sobre a visão e a luz. Não há dúvidas, no entanto, de que a sua principal obra sobre óptica foi o *Kitāb al-Manāẓir*, que parece ter sido concluída entre 1028 e 1039 (Smith, 2001, vol. 1, p. ix).

Ibn al-Haytham estava diretamente familiarizado com as obras de Euclides, Ptolomeu, Aristóteles e Galeno (Smith, 2001, vol. 1, p. xxv). Embora esses autores tivessem ideias divergentes sobre a visão, al-Haytham procurou conciliar suas teorias. Ele escreveu sobre todos os temas da tradição óptica anterior, comentando sobre a obra de Aristóteles, de Euclides, de Galeno e de Ptolomeu, abordando a óptica geométrica, a óptica física, a fisiologia e a psicologia da visão. Ibn al-Haytham foi contemporâneo de Avicenna e também sofreu forte influência de Aristóteles⁴. Porém, conseguiu unir elementos de muitas abordagens diferentes, empregando os recursos geométricos de Euclides e Ptolomeu, os conhecimentos anatômicos e fisiológicos de Galeno, e produzindo uma teoria original sobre a visão. Em seus trabalhos, Ibn al-Haytham modificou o significado da óptica, que abordou não apenas como uma teoria

⁴ Avicenna e al-Haytham foram contemporâneos; não é possível datar com certeza seus trabalhos, por isso é difícil estabelecer a influência que um deles possa ter exercido sobre o outro. David Lindberg acredita que não houve influência mútua (Lindberg, 1976, p. 61).

da visão, mas também como teoria da luz, sua propagação e seus efeitos. Esse foi o início da revolução medieval da óptica.

O *Livro de óptica* ou *Livro de perspectiva* de al-Haytham (*Kitāb al-Manāẓir*)⁵ tem sete partes ou livros. O primeiro trata sobre luz, cores e a teoria geral da visão através da recepção de raios luminosos pelo olho. Explica as várias condições para que a visão ocorra, ou seja, que o objeto visível seja luminoso ou iluminado, que esteja diante do observador, que o espaço entre o olho e o objeto seja transparente, etc. O livro 2 expõe uma teoria do conhecimento baseada no fenômeno visual e explica como a radiação física se transforma em impressões visuais no sistema que contém o olho, os nervos ópticos e o cérebro. O terceiro analisa o processo de visão com os dois olhos e erros de visão que podem ocorrer quando o objeto é muito brilhante ou muito pouco brilhante, se está próximo demais ou muito distante, ou quando o meio intermediário não é suficientemente transparente; analisa também a visão binocular. O livro 4 trata da reflexão, estudando espelhos planos, cilíndricos, cônicos e esféricos, tanto côncavos quanto convexos. O quinto livro analisa a formação e a posição de imagens no caso de reflexão e o sexto os erros de visão associados à reflexão, discutindo a distorção da imagem produzida por espelhos com diferentes formas. O sétimo e último livro estuda a refração da luz ao passar do ar para a água, do ar para o vidro e da água para o vidro, tanto em superfícies planas quanto esféricas, assim como os efeitos visuais da refração (Sabra, 1972; Smith, 2001, vol. 1, pp. xviii-xix). Alguns temas que al-Haytham tratou em outras obras não são abordados no *Kitāb al-Manāẓir*, como as propriedades dos focos de espelhos esféricos e parabólicos ou a formação do arco-íris.

⁵ A palavra árabe *kitāb* significa livro; no contexto da Óptica árabe, *manāẓir* é o plural da palavra *manzara* que significa o instrumento da visão ou aquilo pelo qual ocorre a visão (Sabra, 1972, nota 9). *Manzara* vem do verbo *nazara*, “olhar para”.

5. OS RAIOS VISUAIS, A LUZ E O PROCESSO DE VISÃO

Uma parte da contribuição de Ibn al-Haytham consiste em criticar as teorias anteriores e, em especial, a hipótese dos raios visuais emitidos pelo olho. Sob esse aspecto, costuma-se considerar que a refutação apresentada por Avicenna é mais detalhada e completa (Lindberg, 1976, p. 61). Ao contrário do que se pode imaginar, nenhum deles provou que não saem raios dos olhos; mas Ibn al-Haytham mostrou que há muitos problemas em admitir sua existência e que a visão pode ser compreendida sem eles, portanto seria inútil utilizar essa hipótese. No Apêndice 3 ao final deste artigo, apresentamos uma tradução de trechos da argumentação de Ibn al-Haytham.

Al-Haytham discute a hipótese de que a visão poderia ocorrer através de raios visuais que saem do olho e atingem os objetos. Se esses raios não trazem nada de volta ao olho, então o olho não pode receber nenhuma influência; então, é necessário supor que esses raios trazem algo de volta; o olho não pode ver os objetos à distância, onde eles estão; o efeito visual só pode ocorrer no próprio olho. “O olho não percebe a luz e a cor no objeto a menos que alguma coisa venha até o olho, da luz e da cor do objeto”, seja no caso em que o olho emita raios ou não (Lindberg, 1976, p. 63). Al-Haytham argumentou que as formas da luz e da cor do objeto atingem o olho através do meio transparente, bastando saber isso para compreender a visão; não é preciso supor que saem raios dos olhos. Assim, a hipótese de emissão dos raios é supérflua e inútil (Lindberg, 1976, p. 64).

Ele também critica a hipótese de emissão de raios de uma outra forma, semelhante à de Avicenna e outros autores. Se a visão fosse devida a alguma substância que saísse do olho, então, quando olhamos para as estrelas, essa substância deveria sair do olho e preencher todo o espaço entre a terra e o céu, sem que o olho fosse destruído, o que é absurdo. Se aquilo que sai do olho não é corpóreo, então não poderá perceber o objeto, pois só há percepção nas coisas corpóreas (Lindberg, 1976, p. 64). Al-Haytham não provou que não saem raios dos olhos; mas

indicou que, se eles saem, não são capazes de produzir a visão, sendo inútil, portanto, utilizar essa hipótese.

Geralmente uma teoria não é derrubada porque tem defeitos (todas têm) e sim porque há uma teoria competidora que apresenta grandes vantagens de algum tipo. Por isso, mais importante do que a tentativa de refutação da teoria de emissão de raios é a defesa que al-Haytham fez de uma nova teoria.

As teorias de intromissão dos atomistas e de Aristóteles não davam conta dos aspectos visuais de perspectiva e da possibilidade de ver vários objetos ao mesmo tempo. Avicenna havia argumentado muito bem sobre a inviabilidade das teorias de emissão, mas não havia estabelecido a viabilidade da teoria de intromissão – na verdade, sugeriu que nenhuma teoria satisfatória havia ainda sido desenvolvida (Lindberg, 1976, p. 59). Um dos aspectos importantes foi considerar que cada ponto individual de um objeto emite raios que são captados pelo olho – ou seja, não é o objeto inteiro, como um todo, que afeta o olho diretamente ou o ar (Lindberg, 1976, p. 59). Embora este pareça um passo simples, ninguém antes dele havia proposto isso.

Essa parte de sua argumentação aparece em detalhe apenas na versão árabe de seu livro. Ibn al-Haytham defende, através de observações e argumentos, que cada ponto de um objeto iluminado ou luminoso emite luz e cor em todas as direções (uma ideia que já havia sido apresentada por al-Kindī). Para ele, as cores são entes reais e distintos da luz; estão presentes nos objetos coloridos e se irradiam deles para todos os lados, como a luz. Ele supõe que as cores poderiam se espalhar no ar na ausência da luz, mas experimentos mostram que elas sempre acompanham a luz. Todas as regras que se aplicam à luz também se aplicam às cores (Sabra, 1972). A abordagem de Ibn al-Haytham é fortemente experimental – como a de Ptolomeu também era, muitos séculos antes dele. No livro I, capítulo 3 de sua obra, al-Haytham apresenta numerosos experimentos envolvendo diversos dispositivos – como tubos, cordas, câmera escura – para defender a propagação retilínea de todos os tipos de luz: primária, secundária, refletida e refratada. Ele se refere

em diversos pontos a experimentos realizados em um quarto escuro, nos quais observa a passagem de luz vinda do exterior através de uma pequena abertura, produzindo manchas luminosas na parede oposta. Nesses experimentos, no entanto, ele não observa imagens nítidas (como as que são produzidas por um pequeno orifício circular) e sim manchas irregulares, produzidas por uma fenda (como uma porta semicerrada). Em um desses experimentos, realizado à noite, ele colocou diversas velas fora do quarto e observou manchas correspondentes projetadas na parede interna; utilizou esse fato para concluir que as luzes e cores provenientes das diversas fontes luminosas podem se atravessar mutuamente, sem se misturar ou atrapalhar.⁶

Ele defende, em seguida, que a luz e as cores produzem efeitos no olho. Se o olho está diante de um corpo luminoso ou iluminado, separado dele apenas por uma substância transparente como o ar, a luz e a cor do objeto (ou suas formas) atingirão e penetrarão no olho. Uma luz muito brilhante (como a do Sol, ou a luz solar refletida por um espelho) pode produzir dor e dano ao olho. Além disso, o efeito de luzes brilhantes que atingem o olho tem certa duração: olhando para um lugar escuro depois de observar um corpo branco brilhante, não se consegue ver bem, durante algum tempo; seu olho conserva o efeito do objeto brilhante. Não faz diferença se a pessoa olhou para o Sol, o fogo, ou para um objeto fortemente iluminado, o efeito é o mesmo; e os objetos coloridos também produzem efeitos nos olhos que duram algum tempo. Tudo isso indica, segundo al-Haytham, que a luz e as cores produzem efeitos nos olhos

⁶ Em nenhum ponto de suas obras al-Haytham comparou o olho a uma câmara escura, como se costuma afirmar. Em outra obra, sobre a forma dos eclipses, al-Haytham discutiu uma questão que já aparece na antiga obra *Problemata* atribuída a Aristóteles, sobre a imagem em forma de crescente produzida pelo Sol parcialmente eclipsado quando sua luz passa por um pequeno orifício. Ao estudar o fenômeno, al-Haytham proporcionou uma explicação geral sobre o princípio da câmara escura.

(Lindberg, 1976, p. 62). Esta argumentação de al-Haytham mostra que a luz e a cor afetam os olhos, mas não estabelece se o efeito é produzido pela radiação que vai do objeto para o olho, ou por um poder visual que sai do olho e vai até o objeto, captando seu brilho e a cor e então retornando esse efeito ao olho.

Como cada ponto dos objetos luminosos e iluminados emite luz e cores para todos os lados, e como a luz e a cor produzem efeitos nos olhos, Ibn al-Haytham defendeu que a visão da cor dos objetos visíveis e da luz só ocorre através das formas da luz e da cor que chegam até o olho, a partir da superfície dos objetos (Lindberg, 1976, p. 63). Ou seja: ele está defendendo uma teoria de intromissão, semelhante à de Aristóteles, porém com novos argumentos e detalhes. Um dos aspectos importantes foi considerar que cada ponto individual de um objeto emite raios que são captados pelo olho – ou seja, não é o objeto inteiro, como um todo, que afeta o olho diretamente ou o ar. Embora este pareça um passo simples, ninguém antes dele havia proposto isso.

Como foi demonstrado que o ar e os corpos transparentes recebem a forma do objeto visível e a transmitem ao olho e a todos os corpos diante dele, aquilo que eles conjecturam que retorna algo do objeto visível para o olho nada mais é do que o ar e os corpos transparentes entre o olho e o objeto da visão. [...] E como o ar e os corpos transparentes fazem isso sem exigir que algo saia do olho e, além disso, como o ar e os corpos transparentes estão estendidos entre o olho e o objeto visível, sem lacunas, é inútil supor que alguma outra coisa retorne algo do objeto de visão ao olho. Portanto, é inútil dizer que os raios existem. (Ibn al-Haytham, *apud* Lindberg, 1976, p. 65)

Um dos grandes sucessos da teoria dos raios visuais tinha sido a explicação de fenômenos de perspectiva e dos espelhos. Ibn al-Haytham admitiu isso e considerou que o uso de raios retilíneos é adequado, desde que se admita que são imaginários,

ou seja, meras construções geométricas, sem realidade física. E se são imaginários, por que saem dos olhos e não dos objetos? (Lindberg, 1976, p. 66). Invertendo a interpretação de Euclides e Ptolomeu e supondo que a luz caminha em linha reta dos objetos até os olhos, Ibn al-Haytham foi capaz de aproveitar todas as análises geométricas antigas e integrá-las à sua nova teoria. Adicionou também, em sua obra, muitos experimentos sobre reflexão e refração relativos à luz (e não à visão).⁷

6. O OLHO E A VISÃO, SEGUNDO IBN AL-HAYTHAM

Uma das vantagens da teoria de al-Haytham é integrar as abordagens anatômica, física (filosófica) e matemática. Sob o ponto de vista anatômico, al-Haytham manteve praticamente a mesma descrição do olho que havia sido apresentada por Galeno, Hunain e ‘Ali ibn ‘Isa. Introduziu, no entanto, algumas novidades, impondo um modelo geométrico na anatomia ocular. Argumentou que todas as partes do olho possuem superfícies esféricas e que o centro de todas essas superfícies (exceto da uvea e a superfície posterior do cristalino) coincide em um mesmo ponto, no centro do olho. Assim, todas as superfícies pelas quais a luz deve passar antes de sair do cristalino seriam concêntricas e sua posição não mudaria quando o olho se move para um lado ou para o outro. Este é um esquema altamente idealizado e foi inspirado pela teoria de visão de al-Haytham, e não por observações (Lindberg, 1976, p. 69). Como seus antecessores, al-Haytham supunha que a parte sensível do olho era o cristalino (“humor glacial”), argumentando que se este for danificado, mesmo se as outras estruturas do olho permanecerem perfeitas, a visão é destruída; e que se as outras estruturas forem danificadas mas sua transparência e o cristalino forem mantidos, a visão não é destruída. Al-Haytham supõe que

⁷ Ptolomeu já havia apresentado experimentos a respeito de reflexão e refração, mas interpretava os fenômenos como sendo associados aos raios visuais e não à luz.

a substância transparente do olho assume as qualidades do objeto visível e, assim, possibilita a visão. Afirmo que o “humor glacial” (cristalino), sendo transparente, pode receber as formas; no entanto, como é denso, as formas não passam livremente por ele. Assim, as formas (luz e cor) se fixam na sua superfície. Então, o “humor glacial” percebe a forma na sua superfície e essa sensação é sentida pela pessoa.

Um dos pontos essenciais da teoria de al-Haytham é a ideia de que cada ponto de um corpo luminoso ou iluminado irradia luz e cor para todas as direções, seguindo linhas retas – algo que já havia sido afirmado por al-Kindi (Lindberg, 1976, p. 73). Isso, no entanto, cria um problema para sua teoria de visão. Toda a superfície do cristalino recebe luz e cor de cada um dos pontos do objeto que está diante dele. Então, como pode ser percebida uma imagem nítida?

Nem Ibn al-Haytham, nem qualquer outro autor do período medieval, pensava que o cristalino formava uma imagem na retina e que a parte sensível do olho era a retina (e não o cristalino). Assim, sem conhecer um mecanismo de formação de imagem desse tipo, tornava-se muito difícil compreender a visão.

A solução encontrada por al-Haytham é muito diferente da que aceitamos hoje em dia, porém era plausível, na época. Ele se baseou na propriedade de refração da luz: quando a luz incide perpendicularmente na superfície de separação entre dois meios, ela passa sem se desviar; quando incide obliquamente, ela sofre um desvio. Assim, os raios luminosos que chegam perpendicularmente à superfície do cristalino possuem uma característica especial. Al-Haytham concluiu que apenas os raios que chegam de um objeto perpendicularmente à superfície do cristalino produzem efeitos visuais e isso é o que permite uma visão nítida dos objetos: de cada ponto luminoso ou iluminado do objeto, um único raio atinge a retina perpendicularmente e apenas esse raio transmite as propriedades de luz e cor desse ponto (Lindberg, 1976, pp. 74-75). Al-Haytham esclareceu este ponto através de uma analogia: uma

espada penetra mais facilmente em uma superfície quando a atinge perpendicularmente; e uma bola atravessa mais facilmente uma superfície quando a atinge perpendicularmente. No entanto, al-Haytham não tem nenhum argumento razoável para mostrar que os raios que são defletidos não podem produzir efeitos visuais.

É curioso que o próprio al-Haytham, no final de sua obra, descreve um experimento que refuta essa suposição. Fechando um dos olhos, ele colocou um pequeno objeto diante do outro. Notou que ainda conseguia ver as coisas que estavam atrás desse pequeno objeto, embora de forma menos distinta. Como essas coisas não poderiam estar sendo vistas por raios perpendiculares ao cristalino, era necessário concluir que estavam sendo observadas através de raios refratados. Ele tentou conciliar esse experimento com sua teoria da visão, sem muito sucesso, no entanto.

Embora a justificativa não seja excelente, a solução encontrada por al-Haytham tem uma enorme vantagem, pois permite combinar a hipótese de intromissão com toda a óptica geométrica que havia sido desenvolvida tratando de raios visuais (Lindberg, 1976, p. 78). Essa proposta superou, assim, as limitações das teorias dos atomistas e de Aristóteles.

Embora a justificativa não seja excelente, a solução encontrada por Ibn al-Haytham tem uma enorme vantagem, pois permite combinar a hipótese de intromissão com toda a óptica geométrica que havia sido desenvolvida tratando de raios visuais. Essa proposta supera, assim, as limitações das teorias dos atomistas e de Aristóteles. A formação de uma imagem no olho, na qual cada ponto do objeto corresponde a um e só um ponto da imagem é essencial na teoria de Ibn al-Haytham e nas teorias posteriores, como a de Kepler.

A teoria de Ibn al-Haytham tem pontos fracos, comparados com a teoria dos raios visuais. Nesta, a percepção da distância até os objetos era percebida pelo comprimento dos raios visuais, que estão conectados ao olho da pessoa e que sentem essa distância. No caso da teoria de Ibn al-Haytham, os raios de luz

não permitem determinar a distância de onde vieram até o olho. Por isso, ele desenvolveu uma complexa análise psicológica (e não física ou fisiológica) para tentar explicar a percepção de distância.

7. INFLUÊNCIA DA OBRA DE IBN AL-HAYTHAM

Embora possamos considerar a teoria de al-Haytham como superior a todas as anteriores, ela não as substituiu imediatamente. Alguns autores islâmicos posteriores continuaram e adotar as hipóteses anteriores. Muḥammad Ibn ‘Aḥmad Ibn Rušd (1126-1198), conhecido no ocidente como Averroes, foi o mais influente comentador de Aristóteles. Nas obras em que se refere à visão, em diversos pontos ele se afasta de Aristóteles e utiliza elementos da teoria de Galeno. No entanto, não adotou a teoria de Ibn al-Haytham (Lindberg, 1976, pp. 52-57).

A obra de Ibn al-Haytham não teve impacto imediato no mundo islâmico, sendo pouco mencionada até o início do século XIV. Em torno de 1300 d.C., cerca de 250 anos após sua composição, o *Kitāb al-Manāẓir* começou a despertar o interesse dos pesquisadores árabes, especialmente após a elaboração do estudo do autor persa Kamāl al-Dīn al-Farisi, intitulado *Tanaīh al-Manāẓir*, ou seja, Paráfrase do al-Manāẓir (Smith, 2001, vol. 1, p. xix; Sabra, 1972; Sabra, 2007).

Na Europa, a partir de meados do século XIII, a obra de al-Haytham foi traduzida para o latim e começou a ser conhecida na Europa, com o título *De Aspectibus* (Lindberg, 1968). Muitos autores supõem que a primeira tradução foi feita por Gerard de Cremona, no final do século XII. Uma tradução latina já estava circulando na Europa aproximadamente em torno de 1220 ou 1230. O trabalho de al-Haytham foi citado várias vezes na obra *De proprietatibus rerum* de Bartholomaeus Anglicus, que parece ter sido escrita na década de 1240. A partir de 1260 ganhou maior popularidade, sendo citado na *Perspectiva* de Roger Bacon (aproximadamente 1265), na *Perspectiva* de Witelo (aprox. 1275) e na *Perspectiva communis* de John

Pecham (aprox. 1280). Há nove manuscritos latinos conhecidos da obra, que datam do século XIII (Smith, 2001, vol. 1, pp. xx-xxi; Lindberg, 1976, pp. 86, 104).

Houve pelo menos dois tradutores, um deles (talvez Gerard de Cremona) proporcionando uma tradução tão literal quanto possível do original árabe, enquanto o outro (desconhecido) produziu mais uma paráfrase do que tradução (Smith, 2001, vol. 1, p. ix). Por algum motivo desconhecido até hoje, as traduções latinas não incluem os três primeiros capítulos do primeiro livro do texto árabe, que traziam uma parte importante da argumentação de al-Haytham a respeito do processo de visão por intromissão (Sabra, 1972).

O texto latino foi publicado pela primeira vez em 1572, em Basel, por Frederick Risner, em um volume intitulado *Opticae thesaurus*. Porém, nos séculos anteriores, já havia circulado amplamente sob forma manuscrita. Nos manuscritos latinos, o título da obra é indicado como *De Aspectibus* e o nome do autor aparece como Alhacen (uma forma latina de al-Hasan), ou Hacen, Alacen, Achen. A forma ‘Alhazen’ foi introduzida apenas no século XVI, quando o texto foi publicado por Friedrich Risner (Smith, 2001, vol. 1, p. xxii). A edição de Risner se baseou em manuscritos pouco confiáveis, mudou a redação, introduziu divisões novas e interpolou fontes e citações (Smith, 2001, vol. 1, pp. x-xi). Apesar de não ser fiel ao original, foi a principal fonte de consulta na Europa, a partir de então, para o estudo do pensamento de Ibn al-Haytham (Vescovini, 1990). Os autores europeus do século XVI e início do século XVII que escreveram sobre óptica ainda estavam diretamente influenciados por al-Haytham.

Foi Johannes Kepler quem, no início do século XVII, realizou uma nova revolução no que se refere ao processo visual. Ele aceitou que cada ponto dos objetos visíveis emite luz e cor para todos os lados e que a luz e a cor se propagam em linha reta, atingindo o olho e produzindo a visão; porém, negou que o cristalino fosse a parte sensível do olho, defendendo que esse papel era desempenhado pela retina; e abandonou a ideia

de formação de uma réplica dos objetos no cristalino, substituindo-a pela de formação de uma imagem na retina, pelo cristalino, que atua como uma lente (ver Lindberg, 1976). Atualmente aceitamos, em grande parte, a interpretação de Kepler; mas o trabalho de Ibn al-Haytham foi um passo muito importante para a compreensão do processo de visão.

8. COMENTÁRIOS FINAIS

A contribuição de Ibn al-Haytham para a teoria da visão foi fundamental e teve enorme influência em todo o desenvolvimento posterior da Óptica. O estudo deste episódio nos ensina a valorizar os pesquisadores da Idade Média e também a perceber que houve avanços científicos importantes no mundo islâmico, o que nos ajuda a romper com a visão eurocêntrica da história da ciência. Porém, devemos ter o cuidado de não interpretar de forma anacrônica e exagerada aquilo que al-Haytham propôs. Em primeiro lugar, ele não *provou* que a visão é produzida pela luz captada pelos olhos – apenas argumentou que os raios visuais não eram uma boa explicação e que seria *plausível* que a visão fosse devida à luz. Em segundo lugar, ele não compreendeu a formação de imagens dentro do olho (na retina), adotando um ponto de vista muito diferente: que a imagem se formava na superfície do olho, pelos raios luminosos que a atingiam perpendicularmente. Foi preciso esperar mais cinco séculos para o surgimento de uma teoria mais satisfatória a respeito da visão, com Johannes Kepler.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece o apoio recebido da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) durante a elaboração da presente pesquisa histórica.⁸

⁸ Nesse período, o autor era pesquisador visitante do Instituto de Física de São Carlos (USP) e professor visitante do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade da UFSCar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-HAYTHAM, Abū 'Alī al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn. *Opticae thesaurus Alhazeni arabis libri septem, nunc primum editi. Eiusdem liber De crepusculis et nubium ascensionibus. Item Vitellonis Thuringopoloni libri X*. Ed. e trad. Friedrich Risner. Basileae: per Episcopios, 1572.
- AL-KINDĪ, Ya'qūb ibn Ishāq. *De radiis. Teorica delle arti magiche*. Ed. e trad. Ezio Albrile, Stefano Fumagalli. Milano: Mimesis Edizioni, 1995.
- AL-KINDĪ, Ya'qūb ibn Ishāq. *De radiis: théorie des arts magiques*. Trad. Didier Ottaviani. Paris: Editions Allia, 2003.
- HALSEY, Charles Storrs. *An etymology of Latin and Greek*. Boston: Ginn Heath, 1889.
- IBN SINA, Abū 'Alī al-Ḥusayn ibn 'Abd Allāh. *Avicenne. Livre de science*. Trad. Mohammad Achena e Henri Massé. Paris: Belles Lettres, 1958. 2 vols.
- IERODIAKONOU, Katerina. Empedocles on colour and colour vision. *Oxford Studies in Ancient Philosophy* 29: 2-37, 2005.
- IERODIAKONOU, Katerina. On Galen's theory of vision. *Bulletin of the Institute of Classical Studies*. Supplement 114: 235–247, 2014.
- IERODIAKONOU, Katerina. Hellenistic theories of vision. Pp. 227-250, in: HOLMES, Brooke; FISCHER, Klaus-Dietrich (eds.). *The frontiers of ancient science*. Essays in honor of Heinrich von Staden, Berlin : Walter de Gruyter, 2015.
- KLEINEDLER, Steven (ed.). *The American Heritage Science Dictionary*. Boston: Houghton Mifflin, 2005.
- LINDBERG, David. Alhazen's theory of vision and its reception in the west. *Isis*, 58: 321-341, 1968.
- LINDBERG, David C. *Theories of vision from al-Kindi to Kepler*. Chicago: University of Chicago Press, 1976.
- MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA, Ana Paula Bispo da. *Princípios da óptica geométrica e suas exceções: Heron e a*

- reflexão em espelhos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, **35** (1): 1605-1–1605-9, 2013.
- RASHED, Roshdi. Ibn Al-Haytham (Alhazen). Pp. 1090-1093, in SELIN, Helaine (ed.). *Encyclopaedia of the history of science, technology, and medicine in non-western cultures*. Berlin: Springer-Verlag, 2008.
- RUDOLPH, Kelli. Sight & the Presocratics: approaches to visual perception in early Greek philosophy. Pp. 36-53, in: SQUIRE, Michael (ed.). *Sight and the ancient senses*. New York: Routledge, 2015.
- SABRA, Abdelhamid I. Ibn al-Haytham. Vol. 6, pp. 189–210, in: GILLISPIE, Charles Coulston (ed.). *Dictionary of scientific biography*. New York: Charles Scribner's Sons, 1972.
- SABRA, Abdelhamid I. The "Commentary" that saved the text. The hazardous journey of Ibn al-Haytham's Arabic Optics. *Early Science and Medicine*, **12** (2): 117-133, 2007.
- SABRA, Abdelhamid I. *The Optics of Ibn al-Haytham. Books I-II-III: On direct vision*. English Translation and Commentary. 2 vols. (Studies of the Warburg Institute 40) London: The Warburg Institute, University of London, 1989.
- SIEGEL, Rudolph E. Theories of vision and color perception of Empedocles and Democritus; some similarities to the modern approach. *Bulletin of the History of Medicine*, **33** (2): 145-159, 1959.
- SMITH, A. Mark. *Alhacen's theory of visual perception*. A critical edition, with English translation and commentary, of the first three books of Alhacen's *De Aspectibus*, the Medieval Latin version of Ibn Al-Haytham's *Kitab Al-Manazir*. 2 vols. Philadelphia: American Philosophical Society, 2001.
- VESCOVINI, G. Federici. La fortune de l'optique d'Ibn al-Haytham: le livre 'De aspectibus (Kitab al-Manazir)' dans le moyen-âge latin. *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, **40** (125): 220-238, 1990.

APÊNDICE 1: TRECHOS DA OBRA DE AL-KINDĪ SOBRE A EMISSÃO DE RAIOS

Apresento aqui a tradução de alguns trechos do *De radiis* de Ya‘qūb ibn Ishāq Al-Kindī. Esta obra só é conhecida em sua versão latina – o texto original, em árabe, foi perdido. A tradução se baseou em duas versões diferentes (Al-Kindi, 1995; Al-Kindi, 2003).

De Radiis, livro II

1 Cada estrela tem de fato sua natureza própria e seus modos de ser em que está contida, entre outras, a projeção de raios. E, da mesma maneira que cada uma tem sua natureza própria, que não pode ser encontrada totalmente em nenhuma outra e na qual está contida a emissão de raios, do mesmo modo esses raios são de natureza diferente nas diferentes estrelas, como as próprias estrelas são diferentes segundo sua natureza. [...]

3. Além disso, um raio de luz diferente muda o efeito dos raios como também o fazem as outras propriedades diferentes das estrelas. É por isso que cada estrela produz um efeito diferente, em lugares e coisas diferentes, por menores que sejam essas diferenças. Isso vem do fato de que a operação das estrelas procede totalmente por raios, que eles mesmos variam em função da variação da radiação de luz. [...]

6. A razão conclui igualmente que os raios das estrelas, em uma mesma coisa composta por elementos, produz efeitos diferentes nessa coisa em função da natureza variada de seus componentes. De fato, quando os raios do Sol iluminam uma coisa escura, como o corpo humano, eles permanecem na superfície sobre a qual são refletidos sob o ponto de vista da cor. Sob o ponto de vista do calor, eles se introduzem no próprio corpo e o aquecem. E, sob o ponto de vista da natureza vivificante que eles também possuem, eles reforçam o espírito humano. Ocorre o mesmo, como parece verossímil, com as outras realidades que não se manifestam nesse ponto à sensação.

De Radiis, livro III

1. Portanto, como o mundo dos elementos é uma imagem do mundo sideral, assim, toda coisa que ele contém, contém sua forma e, portanto, é claro que cada coisa desse mundo, seja substância ou acidente, emite raios como os astros, de seu modo; se não fosse assim, esse mundo não representaria plenamente o mundo sideral.

2. Isso se manifesta em certos casos à sensação. De fato, o fogo transmite os raios de calor aos lugares que estão próximos, e a terra os raios de frio. Vemos também os remédios ingeridos ou aplicados exteriormente difundirem o poder curativo de seus raios através do corpo de quem os toma. A colisão de corpos também produz um som que, de sua maneira, se difunde para todos os lados por raios, e cada coisa colorida emite seus raios graças aos quais ela é vista. Isso também é conhecido perfeitamente em numerosos outros casos, e é por isso evidente à razão que isso é verdade sempre, em todos os casos.

3. Assim sendo, dizemos que tudo o que existe realmente no mundo dos elementos emite raios em todas as direções, que preenchem de certo modo todo o conjunto do mundo. Segue-se que cada lugar deste mundo contém os raios de todas as coisas que aí existem em ato e, como as coisas diferem umas das outras, da mesma forma os raios de cada uma delas diferem dos de todos os outros pelo efeito e pela natureza; por esse fato, a ação dos raios em cada coisa em particular é diferente.

4. Além disso, a distância de uma coisa a outra produz uma diferença no efeito dos raios sobre as coisas desse mundo.

APÊNDICE 2: TRECHOS DA ARGUMENTAÇÃO DE IBN SĪNĀ SOBRE A VISÃO

Este apêndice apresenta uma parte da argumentação de Avicena, ou Abū 'Alī al-Ḥusayn ibn 'Abd Allāh Ibn Sīnā, contra a hipótese dos raios visuais. A tradução foi realizada a partir de uma versão em francês (Ibn Sina, 1958, vol. 2, p. 58).

Exame da opinião vã dos antigos sobre a visão.

Há divergência sobre o tema do que é a visão.

Daqueles que precederam Aristóteles, o grande Filósofo, um grupo imaginou que do olho emanam um raio e uma claridade que atingem uma coisa, tocam-na e a veem. Ideias absurdas: que olho poderia conter tantos raios que vissem a metade do universo, do céu à Terra?

Depois alguns físicos, que preferiam ensinar essa doutrina, mas escapando desse absurdo, disseram: “Como emana do olho um pequeno raio que se mistura intimamente ao do ar, esse raio do ar torna-se órgão da visão, e o olho vê através dele”. Segundo absurdo! De fato, se o ar se tornasse dotado de visão unindo-se a esse raio [do olho], deveria acontecer que, quando os homens se reunissem em grupo, eles dessem ao ar uma faculdade de visão mais forte. Portanto, o homem de visão fraca deveria ver melhor em companhia de seus amigos do que quando estivesse sozinho. [Além disso] se o ar tivesse o poder de visão somente por trazer ao raio [do olho] a imagem da coisa a ser vista, de que serviria que esse raio saísse [do olho]? Como o próprio ar está em contacto com o olho, ele transmitiria por si só [a imagem] ao olho, de tal forma que o raio não precisaria sair, já que esse raio é ou substância corporal ou acidente; se ele é acidente, ele não pode se transportar de um lugar a outro; se ele é uma substância corporal, seria necessário que ele se difundisse no ar; portanto, deveríamos captar a imagem da coisa decomposta, e não composta.

Se o raio [do ar] não tivesse contacto com o olho, o absurdo seria pior. De fato, não tendo contacto, ele seria uma coisa separada.

Se ele fosse como uma linha contínua, seria necessário que o vento ou um outro motor o colocasse em movimento, e ele cairia em outro lugar; portanto, quando o vento soprasse [ou pela intervenção de algum outro meio] o olho veria algo que não está à sua frente.

Se alguma coisa emanasse do olho e tomasse contacto com a coisa a ser vista, dever-se-ia perceber as dimensões dessa

coisa, e não vê-la menor quando estivesse mais afastada, a menos que tocasse apenas algumas partes. Ora, não ocorre assim, pois se vê a coisa toda, e às vezes até ela é vista maior do que é. Portanto, não se vê a coisa na sua medida correta, e vê-se menor e reduzida [quando está longe]. Ora, segundo a doutrina de Aristóteles, há uma causa evidente para vermos uma coisa menor, como vamos recordar adiante. É surpreendente que essas pessoas falem também dessa causa, embora ela não concorde com o princípio que eles mantêm.

APÊNDICE 3: TRECHOS DO LIVRO 1 DO *KITĀB AL-MANĀẒIR*

Apresento a seguir a tradução de algumas passagens da obra de Ibn al-Haytham, para que os leitores possam apreciar o estilo de sua argumentação a respeito do processo de visão. A tradução foi realizada a partir do texto em latim, com apoio da tradução em inglês (Al-Haytham, 1572; Smith, 2001).

4.1 Encontramos que quando nossa visão se fixa sobre fontes de luz muito fortes, ela sofre uma dor intensa e é prejudicada por elas, pois quando um observador olha para o corpo do Sol, ele não consegue fazê-lo direito, pois sua visão sofre com sua luz. Pelo mesmo motivo, quando ele olha para um espelho polido atingido pela luz do Sol, e seu olho é colocado em um ponto para o qual a luz daquele espelho é refletida, sua visão também sofre pela luz refletida que atinge seu olho pelo espelho, e ele não consegue abrir seu olho para olhar para aquela luz.

4.2 Além disso, encontramos que quando um observador olha para um corpo branco puro iluminado pela luz solar, e fica olhando durante algum tempo, então desloca sua visão para um lugar escuro ou fracamente iluminado, ele dificilmente distingue os objetos visíveis naquele lugar. Em vez disso, parece-lhe como se houvesse uma cortina entre ele e esses objetos. Assim, também, quando um observador olha para um

fogo forte e continua a olhar para ele durante um longo tempo, se então deslocar seu olhar para um lugar escuro, fracamente iluminado, ele terá o mesmo efeito visual.

4.3 Encontramos também que, quando um observador olha para um corpo branco puro iluminado pela intensa luz do dia, mesmo se não receber diretamente luz solar, se ele continuar a olhar para esse corpo por algum tempo e então deslocar sua visão para um lugar escuro, ele verá a forma de sua luz, assim como sua forma, naquele lugar escuro. Se ele então fechar seus olhos e olhar durante algum tempo, verá a forma dessa luz no olho. Com o tempo esse efeito se desgasta, e sua visão retorna ao estado normal. A mesma coisa acontecerá à sua visão quando olhar para um objeto iluminado pela luz solar. [...]

4.5 Todos esses fatos indicam, portanto, que a luz pode afetar a visão de algum modo.

4.6 [...] Se ele olhar para um objeto que é colorido de azul, ou vermelho, ou qualquer outra cor brilhante iluminada pela luz do Sol e continuar a olhar para ele, e depois deslocar sua visão para objetos brancos que estejam em um lugar fracamente iluminado, ele verá suas cores misturadas com a tonalidade original.

4.7 Esses exemplos indicam, portanto, que as cores iluminadas podem afetar a visão. [...]

4.27 E como a luz forte de objetos visíveis às vezes impede a visão de algumas características possuídas por certas entidades visíveis, e em outros casos revela certas características possuídas por algumas entidades visíveis, e como a luz fraca de objetos visíveis às vezes revela a visão de algumas características possuídas por certas entidades visíveis, e em outros casos oculta certas características possuídas por algumas entidades visíveis, e como as cores de objetos coloridos algumas vezes são alteradas por variação da luz que brilha sobre eles, e como a luz forte brilhando sobre o olho algumas vezes impede a visão de distinguir certos objetos visíveis, e como em todos esses exemplos a vista apesar disso não percebe nada dos objetos visíveis a menos que eles estejam iluminados, a forma

do objeto visível que a visão percebe depende completamente da luz que aquele objeto visível possui, assim como da luz que brilha sobre os olhos quando aquele objeto visível é percebido, e da que ilumina o meio aéreo entre os olhos e o objeto visível. [...]

6.1 Já foi mostrado antes que a luz emana de todas as direções de qualquer corpo luminoso, seja como ele estiver iluminado. Assim, quando o olho está diante de qualquer objeto visível que brilha com algum tipo de iluminação, a luz desse objeto visível brilhará sobre a superfície do olho. E foi mostrado que é uma propriedade da luz afetar a visão, enquanto faz parte da natureza da visão ser afetada pela luz. É, portanto, adequado dizer que a visão sente a luminosidade de um objeto visível apenas através da luz que brilha dele sobre o olho.

6.2 Também foi mostrado antes que a forma da cor de qualquer corpo colorido que brilha com qualquer tipo de iluminação sempre se mistura com a luz que brilha para todas as direções desse corpo, e luz e a forma da cor sempre correspondem uma à outra. Portanto, como a forma da cor do objeto visível sempre coexiste com a luz brilhando do objeto visível para o olho, e como a luz e a cor atingem juntas a superfície do olho, e como a visão sente a cor que está nos objetos visíveis por meio da luz que brilha sobre ela do objeto visível, é bastante adequado dizer que a visão sente a cor do objeto visível apenas pela forma dessa cor que atinge o olho junto com a luz. [...]

6.27 [...] Como a forma da luz e a da cor se irradiam de cada ponto sobre a superfície de um corpo colorido e iluminado ao longo de toda reta que pode ser estendida daquele ponto a qualquer outro ponto diante daquele corpo colorido e iluminado, a forma da luz e da cor da superfície daquele corpo se irradia de qualquer corpo sobre a superfície daquele corpo para aquele ponto diante dele em uma linha reta que se estende entre aquele mesmo corpo e aquele ponto. A forma da luz e da cor de qualquer corpo colorido que está iluminado de alguma forma se estende, assim, de sua superfície para qualquer ponto diante

daquela superfície ao longo de uma linha contida pelo cone que está formado entre aquele ponto e a superfície. E a forma será disposta dentro daquele cone de acordo com as linhas que se interceptam naquele ponto, que forma o vértice do cone, e esse arranjo será o mesmo que o arranjo dos pontos de cor sobre a superfície do corpo.

6.28 Assim, se o olho está diante de qualquer objeto visível, pode-se conceber um cone formado entre o ponto que representa o centro do olho e a superfície do objeto visível, sendo o vértice do cone o centro do olho e sua base sendo a superfície do objeto visível. E se o ar entre esse objeto visível e o olho for contínuo, e se não houver qualquer corpo opaco interposto entre esse objeto visível e o olho, e se esse objeto visível estiver iluminado de algum modo, então as formas da luz e da cor sobre a superfície do objeto atingirão o olho através de uma linha contida por esse cone. E a forma de todo ponto sobre a superfície daquele objeto visível se irradiará ao longo da reta que conecta aquele ponto e o vértice do cone, que está no centro do olho. [...]

6.45 Vamos agora resumir o que pode ser concluído a partir de tudo o que dissemos.

6.46 E digamos que a visão sente a luz e a cor na superfície de um objeto visível através da forma de ambos, luz e cor, que se estende da superfície do objeto visível através do meio transparente que está entre o olho e o objeto visível, e a visão percebe a forma dos objetos visíveis apenas através das linhas retas que se estendem entre o objeto visível e o centro do olho. E foi mostrado que isso é possível, e não impossível. [...]

6.51 Agora poderíamos alegar que o meio transparente recebe algo do olho e o transmite ao objeto visível, de tal modo que a sensação surge da extensão dessa coisa entre o olho e o objeto visível. Esta é a opinião dos proponentes dos raios.

6.52 De acordo com isso, suponhamos que assim ocorre e que saem raios do olho e passam pelo meio transparente para alcançar o objeto visível, e que a sensação ocorre por meio desses raios. Mas se a sensação ocorre desse modo, eu pergunto se algo é transmitido de volta aos olhos através desses raios ou

não. Por um lado, se a sensação ocorre por meio de raios, mas eles nada transmitem de volta para o olho, então a visão nada perceberá. Por outro lado, a visão sente o objeto visível, e se sente o objeto visível apenas por meios dos raios, então esses raios que sentem o objeto visível transmitem algo de volta para o olho por meio do qual a visão sente o objeto visível. No entanto, se os raios transmitem algo de volta para os olhos por meio do qual a sensação visual do objeto visível ocorre, então a visão sentirá a luz e a cor no objeto visível apenas por meio de algo que vem da luz e da cor no objeto visível para o olho, e os raios devem transmiti-lo. Sob qualquer hipótese, então, a visão só ocorrerá por meio de alguma propriedade visível que atinge o olho do objeto visível, independentemente de saírem raios do olho.

6.53 Ora, já foi mostrado que a visão só ocorre através da transparência do meio entre o olho e o objeto visível, e não ocorre quando o meio entre eles não é transparente. [...] Assim sendo, como dissemos, e como foi mostrado que as formas da luz e da cor em um objeto visível atingem o olho quando ele está diante do olho, então aquilo que vem até o olho do objeto visível para proporcionar um meio pelo qual ele percebe a luz e a cor no objeto visível, sejam quais forem as circunstâncias, é exatamente esta forma, e apenas ela, quer saiam raios do olho ou não.

6.54 E já foi mostrado que as formas da luz e da cor são geradas continuamente no ar e em todos os corpos transparentes, e essas formas se estendem continuamente pelo ar e pelos corpos transparentes em várias direções, esteja o olho presente ou não. Portanto, a saída de raios é supérflua e inútil. Assim, o olho sente a luz e a cor do objeto visível apenas pela forma que vem da luz e da cor no objeto visível. [...]

6.56 Agora que isso foi demonstrado, resta-nos considerar a opinião dos proponentes dos raios e mostrar o que é falso e o que é verdadeiro naquela opinião. Assim, diremos que se a visão resulta de alguma coisa que passa do olho para o objeto visível, então essa coisa ou é corpórea ou não é. Se for corpórea, então,

quando olhamos para o céu e vemos as estrelas, naquele mesmo momento uma substância física deve fluir de nossos olhos enchendo o espaço entre os céus e a terra sem que o olho diminua de nenhum modo; mas isso é ilógico. Portanto, a visão não pode ser devida à emissão de alguma substância física pelo olho para o objeto visível. Mas se aquilo que é emitido do olho não é corpóreo, ele não sentirá o objeto visível, pois a sensação só pode ocorrer em corpos. Assim nada sai do olho para o objeto visível para sentir aquele objeto.

6.57 É óbvio que a visão ocorre pelo olho. Assim sendo, se a visão percebe um objeto visível apenas quando algo sai do olho para o objeto visível, mas aquilo que sai não sente o objeto visível, então aquilo que sai do olho para o objeto visível não transmite nada de volta para o olho para servir de meio através do qual ele pode perceber o objeto visível. A ideia de algo que sai do olho não se baseia em evidência empírica, mas em suposição, e nada deve ser suposto a menos que seja ditado pela lógica. No entanto, os proponentes dos raios os postulam porque encontraram que a visão percebe um objeto visível quando o olho e o objeto estão separados espacialmente. Mas é um preceito central entre os homens que a sensação não pode ocorrer sem contato, assim os proponentes dos raios visuais concluíram que a visão só ocorre por alguma coisa que sai do olho até o objeto visível e que sente o objeto visível onde ele está, ou que toma alguma coisa do objeto visível e a transmite de volta ao olho, e nesse momento o olho o sente.

6.58 Mas como um corpo sensível não pode sair do olho para o objeto visível, e como só um corpo pode sentir um objeto visível, a única opção deixada é supor que aquilo que sai do olho para o objeto visível toma algo do objeto visível e o transmite de volta para o olho. Mas já foi mostrado que o ar e outros objetos transparentes recebem a forma de um objeto visível e a transmitem para o olho e também para qualquer corpo que esteja diante do objeto visível, e assim o que se assume transmitir algo do objeto visível para o olho nada mais é do que o ar ou meio transparente entre o olho e o objeto visível. E como o ar e corpos

transparentes transmitem algo do objeto visível para o olho, eles o transmitem em qualquer momento dado e sob todas as condições quando o olho está diante do objeto visível, sem necessidade de qualquer coisa que saia do olho. [...] Assim, a alegação de que os raios visuais existem é anulada.

Scientiarum Historia et Theoria Studia, volume 4

Roberto de Andrade Martins

Ensaio sobre História e Filosofia das Ciências I

Extrema: Quamcumque Editum, 2021

Sumário

Prólogo	1
O <i>Tratado da Esfera</i> de André do Avelar (1593)	5
O surgimento da mecânica quântica – uma ou duas teorias?	41
Ibn Al-Haytham e a revolução medieval na Óptica	125
O formalismo da mecânica clássica, de Aristóteles a Galileo	165
O desenvolvimento do formalismo da mecânica clássica, de Christiaan Huygens e Isaac Newton até Leonhard Euler	195

Paperback edition: ISBN 978-65-996890-6-2

Kindle edition: ISBN 978-65-996890-7-9

Available at:

<https://www.amazon.com/dp/659968906X>