



METEOROS DE DESCARTES: DA TEORIA DOS CORPOS TERRESTRES AO ADVENTO DO MÉTODO

JOSÉ PORTUGAL DOS SANTOS RAMOS¹

RESUMO: A obra *Meteoros* foi primeiramente publicada em 1637, em conjunto com o *Discurso do Método* e os demais ensaios deste, a saber, a *Geometria* e a *Dióptrica*. Diante disso é imperativo elucidar que o ensaio meteorológico cartesiano deve ser interpretado a partir do horizonte filosófico e científico que enseja a proposta de Descartes contemplada neste período de sua produção intelectual. A obra *Meteoros* é dividida em 10 Discursos ou Capítulos, os quais revelam ao leitor duas características principais, a saber, por um lado, as semelhanças e diferenças que demarcam a filosofia especulativa e a proposta de uma filosofia moderna inaugurada por Descartes, e, por outro lado, o advento de um método inovador aplicado à ciência particular (ciência meteorológica), sobretudo, quando o referido filósofo francês descreve no Discurso VIII as cores do fenômeno atmosférico do arco-íris. A partir deste contexto é que o presente artigo apresenta os principais conteúdos da obra Meteorológica cartesiana de 1637.

PALAVRAS-CHAVE: Descartes, Meteorologia, método e experiência.

ABSTRACT: The work *Meteoros* was first published in 1637, together with the *Discourse on the Method* and its other essays, namely, *Geometry* and *Dioptrics*. In view of this, it is imperative to elucidate that the Cartesian meteorological essay must be interpreted from the philosophical and scientific horizon that gives rise to Descartes' proposal contemplated in this period of his intellectual production. The work *Meteoros* is divided into 10 Discourses or Chapters, which reveal to the reader two main characteristics, namely, on the one hand, the similarities and differences that demarcate speculative philosophy and the proposal for a modern philosophy inaugurated by Descartes, and, on the other hand, the advent of an innovative method applied to particular science (meteorological science), especially when the aforementioned French philosopher describes in Discourse VIII the colors of the atmospheric phenomenon of the rainbow. From this context, this article presents the contents of the Cartesian Meteorological work of 1637.

KEYWORDS: Descartes, Meteorology, method and experience.

¹ Professor Titular na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Doutor em Filosofia pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). E-mail: domluso@gmail.com.

O presente artigo tem por propósito apresentar aos leitores de língua portuguesa a obra *Meteoros*, com o intuito de explicitar (i) as origens especulativas do pensamento cartesiano contempladas na Segunda Escolástica e (ii) o roteiro dos temas, bem como os meios pelos quais Descartes os laborou, sobretudo, o Discurso VIII da referida obra. Para tanto, utilizou-se a fonte primária *Oeuvres de Descartes*, textos originais editados por Charles Adam & Paul Tannery, Vrin (1996). Esta edição é utilizada pelos mais célebres e consagrados estudiosos de Descartes como obra de referência das passagens citadas. Cabe assinalar que para todas as obras de Descartes, abreviamos a indicação da referida edição por (AT), seguida pelo número do volume em algarismo romano e da indicação das páginas correspondentes à passagem citada ou referida.

Em 1637 foi editado em Leyde por Jan Maire uma coleção em idioma francês de quatro obras inéditas: o *Discurso do método*, a *Geometria*, a *Dióptrica* e os *Meteoros*, de um autor anônimo residente na Holanda desde a década de 1620, que como sabemos se trata de René Descartes (SHEA, 1997, p. 531-549). Acerca desta edição e, respectiva publicação, Descartes relata a Mersenne em março de 1636 que:

[...] haverá quatro Tratados, todos em francês, cujo título geral será: O Projeto de uma Ciência Universal que pode elevar nossa natureza ao seu mais alto grau de perfeição [vide *Discurso do método*]. Além da *Dióptrica*, *Meteoros* e *Geometria*, em que os assuntos mais curiosos que o Autor pôde escolher para comprovar a Ciência universal que propõe, são explicados de tal maneira que, mesmo quem não os estudou pode entendê-los. Neste projeto revelo uma parte do meu Método [...] Tudo isso não constituirá, acredito eu, mais do que um volume de cinquenta ou sessenta folhas. [...] Então, por gentileza, não diga nada para ninguém, a não ser que julgueis conveniente falar com algum editor para saber se ele quer atender as minhas demandas [...] (AT, I, 339-340).

E, em seguida, assinala especificamente sobre o ensaio Meteorológico que:

Nos *Meteoros*, detenho-me a explicar principalmente a natureza sal, nas causas dos ventos e trovões, nas figuras da neve, as cores do arco-íris - também pretendo demonstrar qual é a natureza de cada cor em geral - as coroas, ou círculos, e os sóis, ou parélios, semelhantes aos que surgiram em Roma há seis ou sete anos (AT, I, 340).

Os ensaios científicos que acompanham o *Discurso do método*, em particular à obra *meteoros*, devem se compreendidos como frutos da teoria geral da matéria e do método de Descartes. No que diz respeito a obra *Meteoros*, ainda que a única referência explícita à utilização do método esteja presente no Discurso VIII, dedicado à explicação do arco-íris, o uso do método também está presente no modo como Descartes explica outros fenômenos meteorológicos, tais como os coronários e o parélio (vide Discursos IX e X da referida obra de

1637). Nesse contexto, Koyré assinala que *Meteoros* consiste em “um estudo de fenômenos [...] atmosféricos: as nuvens, a chuva e o granizo, o arco-íris e os parélios explicados pelos meios mais simples e mais naturais – o movimento da matéria que enche o espaço, a refração da luz nas gotas de chuva” (KOYRÉ, 1992, p. 11).²

Teoria dos corpos terrestres: das suposições às experiências metódicas de 1637

Meteoros tem uma peculiaridade distinta dos demais ensaios de 1637, a saber, Descartes requer como pano de fundo da sua exposição a sua teoria geral da matéria, o que revela uma estreita articulação entre este ensaio de 1637 e o Tratado *O Mundo*. Nesta perspectiva, Dijksterhuis faz a seguinte relevante observação:

Na obra *Meteoros*, Descartes procede, para fundamentar metafisicamente a teoria da matéria [...]: mas, em vez de desenvolver inteiramente, ele mostra algumas considerações acerca da estrutura dos corpos terrestres, dos vapores e das exalações provocadas na atmosfera, as quais são a causa dos fenômenos meteorológicos (DIJKSTERHUIS, 1950, p. 42).

Vejamos o que o próprio Descartes declara logo no início dos *Meteoros*: “Neste primeiro discurso tratarei da natureza em geral dos corpos terrestres”(AT,VI, 232). E conclui ainda no discurso I da obra:

Contudo para que aceites todas estas suposições com menos dificuldades, sabéis que não concebo as pequenas partes dos corpos terrestres como átomos ou partículas invisíveis, mas julgando todas de uma mesma maneira, acredito que cada uma poderia ser dividida em uma infinidade de maneiras, e que não diferem entre si, mas as concebo como pedras de várias formas que têm sua origem uma mesma rocha (AT,VI, 238-239).

E, no *O Mundo*, Descartes, assim como faz nos *Meteoros* de 1637 (AT, VI, 239), destitui as qualidades reais da matéria designadas como “calor”, “frio”, “umidade” e “secura” propostas pelos Filósofos da Escola – e alega que as formas dos “corpos inanimados” podem ser explicadas apenas pela “suposição” de que a matéria contempla “movimento”, “tamanho”, “figura” e a “disposição de suas partes”. Segue Descartes:

Se vos parece estranho que, ao explicar os elementos, eu não faça recurso a qualidades denominadas calor, frio, umidade e secura – tal como fazem os filósofos [das Escolas] – eu vos direi que tais qualidades, do meu ponto de vista, carecem elas mesmas de explicação. [...] Não somente estas quatro

² Segundo Cottingham: “*Les Météores*, obra escrita em francês, foi um dos três ensaios publicados em conjunto com o *Discurso do método* em 1637. A água, a terra, o ar, e todos os outros corpos à nossa volta são compostos de partículas de matéria de várias tamanhos e figuras, e tais diferenças em tamanho e figura seriam pois, suficientes para explicar toda a variedade que observamos, sem necessidades de postular qualquer diferença qualitativa entre diferentes tipos de matéria”. (COTTINGHAM, 1993, p. 118-119). Acrescenta-se a esses dados que as ilustrações dos *Meteoros* foram desenhadas por Franz van Schooten (AT,VI, V-VI).

qualidades, mas todas as outras, incluindo-se até mesmo as formas dos corpos inanimados, podem ser explicadas sem a necessidade de se supor outra coisa em sua matéria além de movimento, tamanho, figura e disposição de suas partes (AT, XI, 25-26).

Os corpos terrestres, portanto, são caracterizados como compostos de pequenas partículas ou corpúsculos de tal modo dispostos que há, entre eles, determinados intervalos. No entanto, como Descartes rejeita o vácuo, isto é, o vazio, supõe que esses intervalos são preenchidos por uma matéria muito sutil. É por meio desse ato, que Descartes conjectura os diferentes tipos de corpos e os meios pelos quais eles se movem, como o ar e a água. Por isso é que na carta de março de 1636 Descartes alerta a Mersenne que:

Não suponho que a matéria sutil, da qual vos falei por diversas vezes, seja constituída de matéria diferente daquela dos corpos terrestres, mas, como o ar é mais líquido do que a água, suponho que seja ainda mais líquido, ou fluido, e penetrante do que o ar. Quanto ao reflexo do arco, depende do fato de que, como o modo de seus poros está corrompido, a matéria sutil que passa por eles tende a restaurá-los, independentemente do lado por onde entre (AT, I, 341).

As pequenas partes estão dispostas de tal modo que não podem ser facilmente separáveis, então elas constituem os corpos duros, caso contrário, formam os líquidos. É interessante notar que Descartes utiliza uma analogia para explicar o modo como aquelas pequenas partes se organizam, pois descreve as partes da água como longas, unidas e escorregadias, comparando-as a pequenas enguias. Outro aspecto a ser considerado é a articulação de três pressupostos: (i) as pequenas partes que compõem a matéria, (ii) o movimento dessas partes e (iii) a ação da matéria sutil. Quando as partes da matéria estão dispostas umas sobre as outras, sem o mesmo entrelaçamento que caracteriza os corpos duros, elas são facilmente movidas pela agitação da matéria sutil, tal como ocorre com o ar e a água. Descartes sustenta os aspectos gerais de tese da natureza dos corpos em *O Mundo* da seguinte maneira:

[...] a matéria pode ser dividida em todas as suas partes segundo todas as figuras que podemos imaginar, e que cada parte é capaz de receber todos os movimentos que podemos conceber. [...] a quantidade de matéria que descrevi não difere de sua substância, assim como os números não diferem das coisas numeradas. Tampouco se deve julgar estranho que eu conceba essa extensão, ou a propriedade que ela tem de ocupar o espaço, não como um acidente, mas como sua verdadeira forma e sua essência (AT, XI, 34-36).

Cartas de Descartes que visaram a elaboração do ensaio *Meteorológico* de 1637

Conforme foi explicitado na introdução deste artigo, a obra *Meteoros* é um dos três ensaios do método que Descartes publicou com o *Discurso* de 1637. Cottingham esclarece que a obra *Meteoros* é dividido em dez Capítulos (ou Discursos). O primeiro fornece uma explicação geral sobre a natureza dos corpos terrestres, seguindo-se então capítulos sobre uma série de fenômenos ‘meteorológicos’, incluído vapores e exalações, ventos, nuvens, neve, chuva, granizo, tempestade, relâmpagos, além do arco-íris (COTTINGHAM, 1993, p. 118-119). No que se refere a este último fenômeno atmosférico, Gilson assinala que o método de Descartes é exercido, sobretudo, no “Discurso VIII dos *Meteoros*, no qual é tratado o fenômeno do arco-íris” (GILSON, 1987, p. 80).

A partir da correspondência de Descartes é possível extrair informações importantes quanto à elaboração da obra *Meteoros*. A primeira carta a ser considerada é aquela enviada a Mersenne em 04 de março de 1630, ao final da qual é feita alusão explícita aos “seus *Meteoros*” (AT, I, 127) e a pretensão de explicar a neve e o gelo. Na segunda carta, endereçada a Golius, datada de 06 de maio de 1635 (AT, I, 320), após uma breve consideração sobre as coroas e os parélios, há uma nova referência a obra *Meteoros*, quando Descartes relata que não se esquecerá de incluir nesse texto a explicação de tais fenômenos.

Descartes se propôs a escrever a obra *Meteoros* em meados de 1629. Nesta ocasião, ele se interessou pela investigação dos parélios, cujo fenômeno meteorológico Mersenne lhe havia comentado (GILSON, 2005, p. 102). Nesta mesma oportunidade, Descartes relatara a Mersenne que: “Penso agora poder fornecer todas as razões em um breve Tratado. Neste Tratado eu fornecerei a razão das cores do arco-íris, a qual me causou mais dificuldades do que todo o resto, e, em geral, do que todos os fenômenos designados sub-lunares [pelos Escolásticos]”(AT, I, 23)³. Seguindo certamente esses passos investigativos, Gaukroger ressalta que:

Em outubro de 1629, Descartes escreveu a Mersenne pedindo informações mais detalhadas sobre a aparição particularmente impressionante de sóis “falsos”, “fictícios” ou “múltiplos” – os parélios – observada em Roma em 20 de março. Os parélios, ao lado do arco-íris, dos halos e de várias riscas ou colunas de luz coletivamente chamadas de raios são fenômenos meteorológicos reconhecidos desde a Antiguidade, desde então considerados úteis na previsão do tempo. [...] O astrônomo Christoph Scheiner havia observado um parélio particularmente espetacular em Frascati, nos arredores de Roma, com três círculos e quatro manchas de luz tremeluzente, e seu relato foi remetido ao cardeal Barberini, que o enviara a Peirese, o qual, por sua vez, distribuíra diversas cópias aos cientistas (proviniente da cópia de Beeckman e exposto nos *Meteoros* de Descartes). Uma das pessoas a quem se remeteram

³ É interessante observar que os Conimbrincenses dividem dos Comentários *Sobre o Meteorológicos* em Tratados.

cópias foi Gassendi, que deu uma cópia a Reneri, o qual mostrou a Descartes (GAUKROGER, 2002, p. 82).

A partir dessas indicações sustentamos que foi em meados de 1629 que Descartes começou efetivamente a se dedicar a estudos de Óptica e Meteorologia com o intuito de escrever os *Meteoros* (GILSON, 2005, p. 102). Nesta perspectiva, Gilson (2005, p. 102) acrescenta que, durante o inverno de 1629-1630, Descartes seguindo esse propósito, esteve na Holanda, onde por sinal não se deparou com gelo e apenas observou pouca neve (GILSON, 2005, p. 102.) Ele também teria observado pouquíssima neve sexangular, e diante disso afirmara a Mersenne em uma carta datada de 4 de maio de 1630 que: “Além disso, se Gassendi tem alguma outra observação em relação à neve, que eu previamente tenha visto em Kepler, e se observou ainda neste inverno *Nive sexangula et Grandine acumita* [frase retirada de uma obra de Kepler publicada em 1611], eu ficarei bastante contente em aprender, pois quero explicar o mais exato que puder nos meus *Meteoros*”(AT, I, 127).⁴ Nesta carta é manifesto que Descartes ficou interessado pelas observações dos outros pesquisadores, mas, ao mesmo tempo, desejoso também de fazer as suas próprias observações e experiências. Esse interesse é evidenciado pela observação de duas coroas que ele fez através de uma vela – ao atravessar de noite o Zuyderzee, para ir de Frise à Amsterdan (GILSON, 2005, p. 102).⁵ É a partir desta experiência que Descartes constata que as cores não se formam no ar, mas nos humores dos olhos. Vejamos o relato dessa experiência através da carta de Descartes a Golius datada de 19 de maio de 1635: “[...] Ao colocar o dedo entre o meu olho e a chama da vela, constato que as cores desaparecem inteiramente. De modo que assim eu possa obter muito esclarecimento disso. Essa experiência me forneceu direcionamentos que eu não quero esquecer para escrever e expor em meus *Meteoros*” (AT, I, 320).⁶

De acordo com Gilson (2005, p. 103) foi durante a impressão da *Dióptrica* que Descartes acrescentou os *Meteoros* ao *Discurso do Método*. Descartes esteve entretido durante os dois ou três primeiros meses do verão de 1635, a resolver diversas dificuldades que ainda não havia examinado – tal como aquelas relatadas na carta a Golius – e, que pretendia ter o prazer em demonstrar.⁷ Mas Descartes não pode se decidir em pôr seu ensaio em um estado nítido, nem em escrever o prefácio que queria, pois, a partir do momento em que ele não esperava aprender

⁴ *Correspondance* (AT, I, 127).

⁵ Cf. GILSON, 2005, p. 102.

⁶ *Correspondance* (AT, I, 320)..

⁷ Cf. GILSON, 2005, p. 103.

mais nada sobre tais questões, dedidiu-se por publicar o ensaio meteorológico tal como se encontrava (AT, I, 329-330).⁸

Em meados de 1636, os *Meteoros* estava pronto para a impressão e, portanto, apto a acompanhar a *Dóptica*, a *Geometria* e o *Discurso do método* – por isso, Descartes declara a Mersenne na carta exposta anteriormente que: “Num projeto de uma ciência universal que pudesse elevar nossa natureza a seu maior grau de perfeição”, o que é similarmente anunciado no prefácio do *Discurso do método*.⁹ Neste ensejo, ressalta-se a seguinte relevante observação feita por Koyré:

[...] o *Discurso do método* [...] que saiu da imprensa de Jean Maire, em Leyde, no dia 5 de junho do ano de 1637, era muito diferente do que nós lemos hoje. [Isto é] o *Discurso do método* não era para eles o que é para nós. Para nós, o *Discurso do método* é um livrinho encantador que contém sobretudo e antes de mais uma autobiografia espiritual de Descartes [etc]. [...] Para os contemporâneos de Descartes as coisas passavam-se de outra maneira. O *Discurso do método* ou, para usarmos o título exato, o *Discurso do método* para bem para bem conduzir a razão e procurar a verdade nas ciências, mais a *Dióptica*, os *Meteoros* e a *Geometria*, que são Ensaios deste método era um volumoso livro – 527 páginas (KOYRÉ, 1992, p. 10- 11).

Em 1637 os *Meteoros* foi publicado com os outros dois ensaios, tendo como introdução geral o *Discurso do método*. No contexto que antecedia a publicação dos *Meteoros*, Descartes relata ao Padre Vatier em uma carta datada de 22 de fevereiro de 1628 que:

Devo dizer, inicialmente, que não foi meu propósito ensinar completamente o método em minha exposição, mas apenas dizer o bastante para mostrar que as novas explicações da *Dióptica* e dos *Meteoros* não eram ideias ao acaso, e por isso pudesse valer a pena examiná-las. Não pude mostrar efetivamente o método nos três ensaios que publiquei, porque ele prescreve uma ordem de investigação que difere muito da que julguei apropriada para explicar. Todavia, forneci um exemplo sucinto dele em minha exemplificação do arco-íris e, se tiverdes o trabalho de relê-la, espero que ela vos satisfaça mais do que na primeira vez; a questão, afinal, é bastante difícil em si mesma. Anexei esses três ensaios [A *Geometria*, A *Dióptica* e Os *Meteoros*] ao *Discurso* que os precede por estar convencido de que, se as pessoas os examinarem com critério e os compararem ao que foi anteriormente escrito sobre os temas, terão fundamento para considerar que o método adotado por mim não é oportunista e possivelmente seja mais adequado do que os demais [dos Tratados Escolásticos] (AT, I, 559-560).

De acordo com Gilson (2005, p. 103) nas páginas que Adam estabeleceu os *Meteoros*, afirma-se com ênfase que Descartes recomeça nos *Meteoros* a investigação de um assunto que era tradicional na Filosofia Escolástica. Apenas a leitura do sumário dos *Meteoros* de Eustache

⁸ Cf. *Correspondance* (AT, I, 329-330).

⁹ Vide *Correspondance* (AT, I, 339).

de Saint-Paul – um breve capítulo de sua *Summa Philosophica* – e as matérias do *Curs de Abra* de Raconis fazem ficar a sua essa rubrica, sugerindo, portanto, a notória relevância do que Descartes escreveu sua obra desejando evidenciar a superioridade de seu novo sistema filosófico em face ao sistema aristotélico adotado nas Escolas. Neste contexto Gilson (2005, p. 105) assinala que a obra *Commentarii Collegii Conimbricensis Societatis Iesu In Libros Meteororum Aristotelis* certamente foi a fonte da escolástica tardia que Descartes se baseou para escrever os seus *Meteoros*. E Gomes destaca que:

O século XVII francês também respeitou de modo variado a *lectio* de Coimbra [Conimbricensis], que servia de compêndio em Escolas [...]. O caso mais caso é, porém, o de Renato Descartes, último dos escolásticos, primeiro dos modernos. Descartes frequentou o Colégio de la Flèche e leu, sem dúvida os *Commentarii*. [...] Dos seus textos, o que mais se aproxima do contexto conimbricense é o *Meteoros*, em que a informação haurida no compêndio de Manuel de Góis se torna mais tangível – mantém quase a mesma ordem, exclui uma que outra matéria – vg. Os terremotos – mantendo, a teoria dos meteoros como fenômenos sublunares e não propriamente celestes (GOMES, 1992, p. 118).

E, o próprio Descartes revela a indicação da leitura dos comentários meteorológicos dos Conimbricenses, ao relatar a Mersenne que: “Eu apenas me servi [dos comentários meteorológicos] dos *Conimbricensis*, Toletus e Rubius [...]” (AT, III, 185). Segue o trecho completo que referenda a referida influência dos jesuítas:

[...] estou com vontade de reler mais a Filosofia [da Escola] deles [dos jesuítas], o que não faço há vinte anos, com o intuito de verificar se me parecerá agora melhor que outrora. E, para tanto, solicito que me informeis os nomes dos autores que escreveram cursus de Filosofia e que são os mais seguidos por eles e se eles têm alguns novos depois de vinte anos; lembro-me apenas dos Conimbricenses, Toledo e Rúbio. Gostaria também de saber se há alguém que tenha feito um Manual de toda a Filosofia da Escola [...] (AT, III, 185).

Por considerar que dentre estes autores, os Conimbricenses tiveram uma maior divulgação e impacto na formação científica de Descartes no que se refere aos seus estudos meteorológicos, optei por mostrar os comentários dos mestres jesuítas lusitanos contemplados em Portugal entre o final do século XVI e início do século.

Roteiro da Obra Meteorológica de Descartes versus a Meteorologia da Escola

Por considerar que Gilson (2005) fez a mais pertinente comparação entre o conteúdo – e seu respectivo desenvolvimento teórico – da obra *Meteoros* de 1637 e dos Manuais Conimbricensis, propomos aqui seguir o itinerário proposto na sua edificante obra *Étudees sur le rôle de la pensée medieval dans la formation du système cartésien*, com o intuito reproduzir em linhas gerais o roteiro empreendido por Descartes em seu ensaio Meteorológico. Cabe

destacar que, a ênfase de Gilson é dedicada peculiarmente ao estudo dos conteúdos contemplados entre o Discurso I e o Discurso VII da obra *Meteoros*, a saber, indicando de que modo, a partir (i) da teoria geral dos corpos terrestres e (ii) de suas suposições iniciais, Descartes procura se diferenciar dos Jesuítas Conimbricenses ao descrever diferentes fenômenos Meteorológicos. Segue o roteiro estabelecido pelo próprio Descartes:

Neste primeiro discurso tratarei da natureza em geral dos corpos terrestres, com o propósito de melhor explicar em seguida as exalações e os vapores. A partir da constatação de que estes vapores, ao surgir do interior do mar, geram a formação do sal sobre sua superfície, decidi realizar uma breve descrição deste fenômeno com intuito de indagar se é possível conhecer as formas dos corpos que, segundo os filósofos [das Escolas], são compostos de elementos numa mistura perfeita, tal como as dos meteoros que, dizem, não são compostos senão por uma mistura imperfeita (AT, VI, 232).

A partir do estabelecimento da natureza dos corpos terrestres (AT,VI, 238-239) e da elaboração de determinadas suposições, Descartes explica a formação dos vapores e das exalações. Nesta perspectiva, Gilson (2005, p. 111) alega que é com o intuito de rejeitar a Meteorologia especulativa lecionada pelos *Conimbricenses*, que Descartes ataca inicialmente a primeira matéria dos Manuais das Escolas, a saber, os vapores e as exalações.¹⁰ Para tanto, Descartes considera estes mencionados fenômenos meteorológicos como análogos as nuvens de poeira que sobem nos campos. Estas partes dos corpos são pequenas e facilmente separáveis, e, por isso, elas se desprendem quando são violentamente agitadas pela força dos raios do sol e se elevam no ar. Diz Descartes:

[...] o sol tem a força que as atira, mais somente a causa que elas não encontrem outro local dentro do seu lugar, seja assim fácil de continuar os seus movimentos [...] tal como a poeira de um campo se eleva quando ela é empurrada e agitada pelos pés de qualquer pessoa que a arrasta (AT,VI, 239-240).

Os vapores e as exalações não devem ser confundidos. Em linhas gerais, a distinção que Descartes faz entre estes fenômenos meteorológicos é a mesma realizada pelos Conimbricenses. Os vapores são de natureza aquosa, e, diferentemente, as exalações são compostas de partes irregulares, as quais compõem os corpos duros, tais como os da terra. Segue Descartes na obra *Meotoros*:

¹⁰ Segue o texto dos conimbricenses: "*Hoc vero maxime praestant sua vi et influxu corpora coelestia... Causa vero instrumentaria, qua corpora coelestia ad haec effecta utuntur, est potissimum calor, qui aquam, ac terram pervadit, easque attenuando in halitus solvit; quos pariter in sublimem effert interventu levitatis, quae calorem ipsum et raritatem consequitur, ut in superioribus elementis conspiciamus*". *Constata-se assim que os Conimbricenses possuem uma explicação muito semelhante a de Descartes; entretanto, rejeitando: "Sunt tamen qui putent vapores et exhalationes haudquaquam in se recipere levitatem, cujus impulsu in altum ferantur, sed trudi extrinsecus a calore, quem sol in hac infima regione reciprocantibus in se radiis congeminat. At non recte philosophantur. Primum quia calor non est virtus per se loco movens. Secundo quia cur praedicti halitus sint tenues et calidi, qua ex complicatione levitas oritur, cum non habeant levitatem sibi inhaerentem, cujus vi sursum commeent?"* Conimbricenses., I, I, p. 9. In: (GILSON, 2005, p. 111).

Mas observais que essas pequenas partículas, que são assim elevadas no ar pelo sol, devem na maior parte ter a figura que eu atribui a esta da água, a causa que não a em nenhum ponto outros que podem assim facilmente ser separados dos corpos onde eles estão. Eu as nomearei particularmente de vapores, com o intuito de as distinguir dos outros que tem figuras mais irregulares e aqueles outros eu denominarei como exalações (AT, VI, 240).

Segundo Gilson (2005, p. 111-112) os Conimbricenses definem do mesmo modo de Descartes os vapores quentes e úmidos que provém dos líquidos. As exalações são sopros quentes e secos provenientes tanto das terras mais úmidas, quanto das terras mais secas.¹¹ Além desse aspecto, Descartes se assemelha com os filósofos da Escola ao compreender que determinadas exalações podem facilmente se inflamar. Isto porque, Descartes destitui da designação de vapores aquelas que são compostas de partes análogas as da água. Para Descartes, os vapores e as exalações¹² se elevam mais frequentemente em conjunto para em seguida se dissociar. As exalações chegam nas regiões mais altas ou mais baixas a depender dos vapores, isto é, a depender das partes que os constituem.

Assim a influência exercida pelos *Meteoros* dos conimbricenses é extremamente relevante para formação do pensamento científico de Descartes. Os *Meteoros* de Descartes trata: as matérias evocadas pelos conimbricenses e nele, Descartes pretende refutar os argumentos dos Conimbricenses, sobretudo, quando tais argumentos são baseados no sistema filosófico de Aristóteles. É possível constatar que a principal diferença entre os *Meteoros* dos conimbricenses e os *Meteoros* de Descartes reside na distinção escolástica dos vapores em relação às exalações. No ensaio *Meteoros* Descartes, ao contrário dos Conimbricenses, supõe que os corpos são apenas compostos de partes de vários tamanhos e figuras, os quais podem ser divididos infinitamente e que se distinguem simplesmente por seus movimentos. Ora tais diferenças são, pois, suficientes para explicar toda a variedade que se observa nos corpos, sem necessidade de requerer qualquer distinção de formas substanciais ou suas qualidades reais, as quais como foi assinalado anteriormente são defendidas pelos escolásticos tardios. E isto torna-se ainda mais explícito na carta que Descartes escreve ao Padre Noel em meados de outubro de 1637:

Além disso, não me parece que há ninguém que tenha mais interesse de examinar esta obra do que os membros da Companhia: pois já vejo que tantas pessoas acreditam no que ele contém que (particularmente em relação aos

¹¹ Gilson oferece a seguinte passagem dos *Meteoros* dos conimbricenses: “*Est autem vapor, halitus sive spiratio calida et humida, quae ex humore aqueo prodit, qualem videre est ascendentem ex aqua, quae in olla subjecta igni effervescit....Exhalatio est anhelitus terrae calidus et siccus, continetque sub se duas quase species....Prior e terra pingui ortiur....posterior ex aridiori terra*” (Conimb. I, I, p. 5). Cf. In. GILSON, 2005, p. 112.

¹² Gilson oferece a seguinte passagem dos *Meteoros* dos Neo-escolásticos coimbricenses: “*Exhalatio...continet sub se duas quasi species, unam quae parvo negotio flammam concipit, et in ignem mutatur...alteram quae non ita facile incenditur, ex qua proxime venti existunt*” (Conimb. I, I, p. 6). Cf. In. GILSON, 2005, p. 112.

Meteoros) eu não sei de que modo eles poderão doravante os ensinar, como fazem todos os anos na maior parte de vossos Colégios [Tal como dos Conimbrincenses], se eles não refutarem isso que eu tenho escrito ou se eles não o seguirem (AT, I, 455).

Explicação metódica do arco-íris

Descartes relata em uma carta datada de 22 de fevereiro de 1638 (*vide* AT, I, 559) que a exposição mais adequada da aplicação do seu método à prática científica é aquela que ele explica as cores do arco-íris no capítulo VIII dos *Meteoros*.¹³

Expõe-se a seguir uma possível reconstituição do modo como Descartes haveria determinado metodicamente a lei dos senos mediante uma demonstração geométrica, feita especificamente para explicar a reflexão e a refração do movimento da luz em um prisma de cristal.

Um raio AB penetra em um prisma HBP e emerge ao longo de BI (ver figura 1).¹⁴ Para medir o ângulo de refração e de incidência em B, Descartes acrescenta CE, a normal em B, que é perpendicular a BP.¹⁵ Para reconhecer que HI é o sen de r e que OI é o sen de i basta traçar HO e, uma vez que BH=BO, HO é paralela CE. AB é paralelo a HI, donde o ângulo ABC é igual ao ângulo OHI, e o ângulo EBI é igual ao ângulo BOH. Portanto, o ângulo HOI= $180^\circ - r$. Uma vez que a razão dos senos de dois ângulos internos de um triângulo é igual à razão dos lados opostos, $\text{sen HOI}/\text{sen OHI} = \text{HI/OI}$, ou $\text{sen}(180^\circ - r)/\text{sen } r = \text{HI/OI}$. Entretanto, $\text{sen } 180^\circ - r$ é igual à $\text{sen } r$; e, assim, $\text{sen } i/\text{sen } r = \text{HI/OI}$.¹⁶ Logo, a razão constante de refração em um prisma de cristal corresponde à razão entre o senos de i e r . Essa lei, portanto serve como meio

¹³ Segundo Cottingham: “Os *Meteoros* são divididos em dez capítulos (Discursos). O primeiro fornece uma explicação geral sobre a natureza dos corpos terrestres, seguindo-se de capítulos sobre uma série de fenômenos meteorológicos, incluído vapores, exalações, ventos, nuvens, neve, chuva, granizo, tempestade, relâmpagos e, sobretudo, o ARCO-ÍRIS”. Os *Meteoros*, obra escrita em francês, foi um dos três ensaios publicados com o *Discurso do método* em 1637 (COTTINGHAM, 1995, p. 118-119).

¹⁴ Deve-se assinalar que é a partir de um prisma de cristal que Descartes reproduz as cores do arco-íris no capítulo VIII dos *Meteoros*.

¹⁵ É interessante observar que de maneira semelhante, Descartes demonstra na *Geometria* a lei dos senos através da posição da normal nas ovas. No tópico da *Geometria* intitulado *a demonstração das propriedades das ovas referentes às reflexões e as refrações*, Descartes relata que: Mas é necessário que eu não omita a demonstração do que disse, e para isso, tomemos, por exemplo, qualquer ponto C na primeira propriedade da primeira oval: tracemos a reta CP normal à curva em C, o que é fácil pelo método que expliquei”. *La Geometrie* (AT, VI, 431).

¹⁶ Para essa explicação foram utilizados os cálculos fornecidos por Shea na sua obra *The Magic of Numbers and Motion*. Em relação a essa explicação, Shea relata que a demonstração geométrica feita por Descartes na carta datada de 13 de novembro de 1629, possibilita uma reconstituição plausível do modo como Descartes determinou a lei dos senos. Ele acrescenta, ainda, que a dedução de Descartes é exclusivamente geométrica, ou seja, não se baseia em qualquer lei física (SHEA, 1991, p. 156-157). Assinala-se, todavia, que Descartes não deixou à posterioridade uma explicação explícita do modo como ele determinou a lei dos senos. Entretanto, há consenso entre os historiadores da filosofia de que Descartes havia determinado a lei dos senos desde meados de 1626.

de orientação das experimentações científicas. Tal orientação é que revela o início da aplicação do método na ciência meteorológica de Descartes.

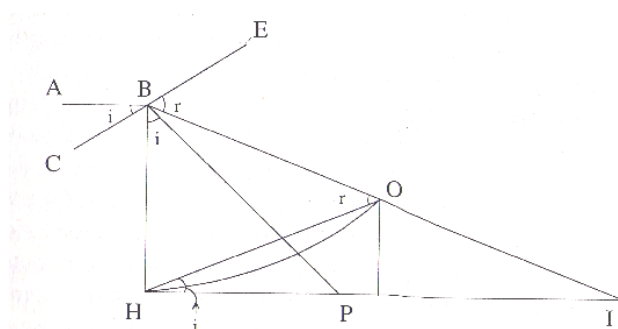


FIGURA 1 (SHEA, 1991, p. 156)

As experimentações da ciência meteorológica são iniciadas, então, quando Descartes deduz a lei dos senos e, a partir disso, visa justificar as cores do arco-íris. Para tal justificação é necessário à aplicação do método através de outros meios de orientação, os quais possibilitem a investigação de objetos físicos que compõem o arco-íris.

Descartes identifica as condições necessárias que originam o aparecimento das cores do arco-íris no prisma de cristal. Ele, assim, constata que os diversos movimentos são estabelecidos matematicamente conforme cada cor é observada. Entretanto, Descartes suspeita que as cores que aparecem através do prisma podem não ser aquelas que se observa diretamente em um arco-íris, pois, o prisma requer sombras. Descartes:

De maneira que, mesmo no caso do arco-íris, eu comecei a duvidar se as cores se produziam exatamente da mesma maneira que no prisma de cristal MNP. Pois, eu não notava alí nenhuma sombra que terminasse a luz e continuei sem compreender por que elas apenas apareciam sob determinados ângulos. Contudo, quando peguei a caneta e calculei minuciosamente todos os raios que incidem sobre os diversos pontos de uma gotícula de água, com o intuito de verificar sob quais ângulos eles chegariam aos nossos olhos, após duas refrações e uma ou duas reflexões, constatei que um número muito maior deles pode ser visto em ângulo de 41 a 42 graus do que em qualquer ângulo menor, e nenhum é visível em um ângulo maior. Depois também observei que, após duas reflexões e duas refrações, havia de maneira demasiada mais raios que vinham na direção dos olhos, isto é, em um ângulo entre 51 a 52 graus do que em qualquer ângulo maior; e que não havia nenhum que viesse em um menor. Desse modo, dos dois lados há uma sombra que bloqueia a luz que, depois de passar por uma infinidade de gotículas de chuva iluminadas pelo Sol, vem em direção aos olhos em um ângulo de 42 graus, ou um pouco menor, causando assim o arco-íris primário e mais importante. E existe outra que termina aquela que vem em um ângulo de 51 graus ou um pouco maior, causando, assim o arco-íris exterior. Isso demonstra que as cores desses arcos são produzidas pela mesma causa que aquelas que aparecem com a ajuda do prisma de cristal MNP (AT,VI, 336-337).

Assim, Descartes demonstra que as cores dos arcos são produzidas pela mesma causa que aquelas que apareciam com o auxílio do prisma de cristal MNP (ver figura 2). Isso porque ele constata que o raio do arco interno não é maior do que 42° e que o raio do arco exterior é de aproximadamente 51° a 52° . Na sequência, Descartes diz: “Mas de modo que aqueles que têm um conhecimento da matemática possam compreender se o cálculo que eu fiz destes raios sejam suficientes e exatos, porém ainda é necessário explicá-lo”(AT,VI, 337).¹⁷

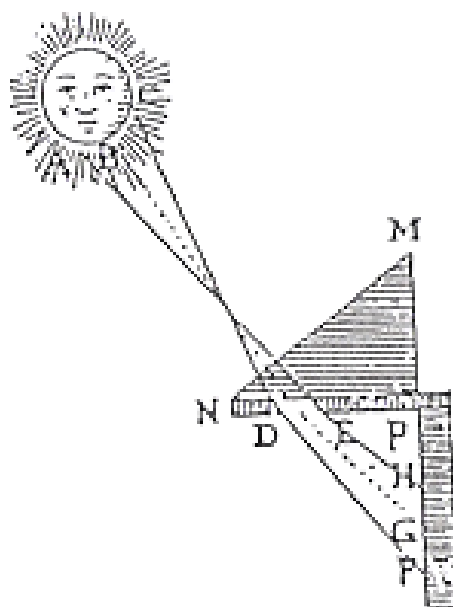


FIGURA 2 (AT,VI, 335)

¹⁷ No capítulo intitulado “Ensaio Metodológicos”, da obra *Descartes Philosophy of Science*, Clarke relata que existem problemas óbvios implicados na suposição de que a descrição que aparece no discurso VIII dos *Meteoros* represente fielmente o trabalho experimental que Descartes leva a cabo realmente. Ainda que este tema possa ser resolvido através de estudos históricos mais detalhados, está bastante claro que a *reconstrução* do *descobrimento* que Descartes faz, é um fiel exemplo do que quer dizer com o método do descobrimento que encontramos tanto encoberto como revelado na Parte II do *Discurso do método*. Isto quer dizer que podemos abandonar confiadamente a ideia de que o método cartesiano na física é não experimental ou inaceitavelmente *a priori*. Igualmente, nas provas geométricas introduzimos primeiro novas construções e obtemos conclusões a partir destas, e com estas conclusões, como base, surgem outras construções e deduções até que finalmente descobrimos a maneira de discorrer a partir do que é dado, aquilo que buscamos por meio de construções extras, e, do mesmo modo, na ciência física obtemos conclusões a partir do observado, e isto sugere novos experimentos e observações que geram novas conclusões. A introdução sistemática de pressupostos e modelos auxiliares que o emprego apropriado de provas experimentais em cada passo deste procedimento é o que Descartes quer dizer com “análise”. A síntese, assim, é a tarefa mais simples de reescrever o descobrimento por analogia com as provas da geometria, de maneira que resulte explícito que o que se supõe inicialmente como hipótese fundamental, é a conexão “racional” entre os distintos passos do argumento resultante. Cf. CLARKE, 1982, p. 184-186. Entretanto, defende-se nesta pesquisa que a via analítica de descoberta não é empregada por Descartes diretamente nas provas experimentais, mas sim na descoberta de demonstrações geométricas que sirvam como meio de orientação das justificações experimentais.

A justificação das cores do arco-íris, então, é feita por Descartes a partir da lei dos senos e da seguinte maneira: seja AFD uma gota de água (AT, VI, 337).¹⁸ Descartes divide o meio-diâmetro CD ou AB em partes iguais aos raios que ele pretende calcular, possibilitando, assim, atribuir a mesma quantidade de luz às demais (AT, VI, 337). Em seguida, ele considera um desses raios em particular, por exemplo, EF, que, em vez de passar reto em direção a G, desvia-se para K, e se reflete de K para N. Nesta perspectiva, o raio vai em direção ao olho P ou, então, reflete-se mais uma vez de N para Q, e desse ponto volta em direção ao olho R (ver figura 3). Traçando CI a ângulos retos sobre FK, Descartes constata – conforme foi estabelecido na *Dióptrica* – que AE, ou HF e CI tem entre si a proporção pela qual é medida a refração na água. De modo que, se HF contém 8.000 partes, tais que AB contém 10.000 partes. Descartes admite, por conseguinte, que CI contém aproximadamente 5.984 partes. Logo, a refração é de 187 a 250 (AT, VI, 337).

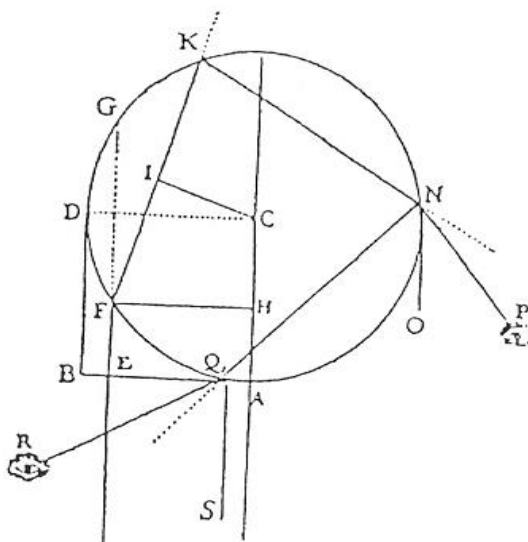


FIGURA 3 (AT,VI, 337)

Após identificar as duas linhas HF e CI, Descartes (AT, VI, 337- 338) constata os dois arcos principais, a saber, FG – que é de 73 graus e 44 minutos – e FK – que é de 106.30. Em seguida (AT, VI, 337- 338), ele traça SQ paralela a EF, e, assim, calcula todos os outros raios paralelos à EF, os quais passam pelas divisões do diâmetro AB (ver Tabela 1 do Discurso VIII dos *Meteoros*):

¹⁸ Segundo Alquié: “Por isso o método se propõe simultaneamente descobrir o simples, objeto da intuição [por exemplo, a lei dos senos], e dispô-lo segundo a ordem, pela qual poderemos elvar-mos, como que gradualmente, e de uma maneira racional, até ao conhecimento do complexo. Substituir o complexo que se apresenta, e se apresenta sem razão, numa espécie de experiência confusa, por um complexo ordenado e racionalmente reconstruído, é que é efetivamente constituir ciência” (ALQUIÉ, 1986, p. 29).

La ligne HF	La ligne CI	L'arc FG	L'arc FK	L'angle ONP	L'angle SQR
1000	748	168.30	171.25	5.40	165.45
2000	1496	156.55	162.48	11.19	151.29
3000	2244	145.4	154.4	17.56	136.8
4000	2992	132.50	154.10	22.30	122.4
5000	3740	120.	136.4	27.52	108.12
6000	4488	106.16	126.40	32.56	93.44
7000	5236	91.8	116.51	37.26	79.25
8000	5984	73.44	106.30	40.44	65.46
9000	6732	51.41	95.22	40.57	54.25
10000	7480	0.	83.10	13.40	69.30

TABELA 1 (AT, VI, 338)

Constata-se, pois, que os cálculos dependem do conhecimento do índice de refração, a saber, $250/187$. A proporção FH e FC corresponde ao seno do ângulo de incidência i do raio EF. Por isso, conclui-se que quando FH é igual à zero, i também será zero. Considerando-se que o raio da gota tem 10.000 (FH = 10.000), quando FH for 10 mil, isto é, quando esse raio apenas encosta-se à gota, admite-se, por conseguinte, que o índice de incidência é de 90° . Como se segue, Descartes observa que quando EF penetra na gota e é refratado em K, o raio pode emergir em K ou ser internamente refletido em K e, nesse caso, ser refratado em N para o olho em P, ou tornar a ser internamente refletido em Q e refratado para o olho em R. Descartes constata que o percurso FKNP – que produz o arco-íris primário – envolve uma reflexão e duas refrações. Constata também que o percurso FKNQR – que produz o arco-íris secundário – envolve duas refrações e duas reflexões. Por isso, Descartes deve determinar para o arco-íris primário o valor do ângulo ONP, e, para o arco-íris secundário, o ângulo SQR(AT,VI, 338). Descartes calcula o ângulo ONP para os valores de FH, que vão de 1.000 a 10.000 (AT,VI, 338). Esse cálculo é possível porque, em F, o desvio d é igual a $i - r$ (ângulo de incidência menos o ângulo de refração), medido pelo ângulo GFK. Neste contexto, Descartes explica que o ângulo ONP aumenta rapidamente até 40.57 graus e diminui aproximadamente em torno do ângulo de 41 graus. Isso porque, segundo Descartes (AT,VI, 338-339), há mais raios que fazem o ângulo ONP de aproximadamente 40 graus do que raios que o fazem menor. Por isso, Descartes identifica em K o desvio de $180^\circ - 2r$ e em N o desvio de $i - r$. Logo, o desvio total é de $180^\circ + 2i - 4r$. Então, a partir deste cálculo se obtém: FH= 8.000 (ver Tabela 2 a seguir). Logo, i corresponde a aproximadamente a $40^\circ 44'$. Com isso, os cálculos demonstram que de

qualquer ângulo de incidência do raio o ângulo é no máximo de $40^{\circ} 57'$. Na sequência, Descartes mostra que HF equivale de 8.000 até 9.888. Neste contexto, Descartes constata que o ângulo é de aproximadamente $41^{\circ} 30'$. Então, admitindo que $17'$ graus seja o raio aparente do Sol, encontram-se: o ângulo máximo do arco-íris interno localizado em $41^{\circ} 17'$ e o ângulo mínimo do arco-íris externo em $51^{\circ} 37'$ (AT,VI, 338-340).¹⁹

La ligne HF	La ligne CI	L'arc FG	L'arc FK	L'angle ONP	L'angle SQR
8000	5984	73.44	106.30	40.44	65.46
8100	6058	71.48	105.25	40.58	64.37
8200	6133	69.50	104.20	41.10	63.10
8300	6208	67.48	103.14	41.20	62.54
8400	6283	65.44	102.9	41.26	61.43
8500	6358	63.34	101.2	41.30	60.32
8600	6432	61.22	99.56	41.30	58.26
8700	6507	59.4	98.48	41.28	57.20
8800	6582	56.42	97.40	41.22	56.18
8900	6657	54.16	96.32	41.12	55.20
9000	6732	51.41	95.22	40.57	54.25
9100	6806	49.0	94.12	40.36	53.36
9200	6881	46.8	93.2	40.4	52.58
9300	6956	43.8	91.51	39.26	52.25
9400	7031	39.54	90.38	38.38	52.0
9500	7106	36.24	89.26	37.32	51.54
9600	7180	32.30	88.12	36.6	52.6
9700	7255	28.8	86.58	34.12	52.46
9800	7330	22.57	85.43	31.31	54.12

TABELA 2 (AT, VI, 339)

¹⁹ Assinala-se, pois, que os cálculos foram feitos através das indicações feitas por Boyer (BOYER, 1987, p. 212-218) e Shea (SHEA, 1991, p. 219-222). Segue Descartes: “[...] Não me foi difícil compreender porque o vermelho está do lado de fora do arco-íris interior, nem porque ele está do lado de dentro no exterior; pois a mesma causa que faz com que seja em direção à F, em vez de H, que ele apareça através do prisma de cristal MNP, faz com que, tendo-se o olho no lugar do pano branco FGH, olhando esse cristal, veremos nele o vermelho em sua parte mais espessa MP, e o azul perto de N, pois o raio tingido de vermelho que se dirige a F vem de C, que é a parte do Sol mais próxima à direção MP”. *Les Meteores* (AT,VI,340-341).

A explicação das cores do arco-íris é realizada por Descartes a partir do método que inventara e através dos meios que orientam a prática científica. Eis o esquema que segue a ordem das razões cartesiana e que ratifica essa explicação:²⁰

1- Método

1.1. Preceito da evidência e o preceito da via analítica: ²¹ Descartes prescreve que apenas se deve começar uma investigação a partir de uma proposição conhecida com evidência, o que imediatamente se requisita intuir de maneira analítica. Por isso, ele propõe na *Geometria* que, conhecendo a relação que têm todos os pontos de uma linha curva com todos de uma linha reta, é possível identificar a relação que eles têm com todos os outros pontos e linhas dadas e, a partir disso, é viável conhecer outras linhas ou pontos que tenham com a linha curva (efeitos) as equações algébricas da normal (causas). A partir disso, ele trata ainda de outras propriedades que podem ser atribuídas às linhas curvas, afirmando que elas não dependem mais que da grandeza dos ângulos que formam com outras linhas, o que lhe permite traçar linhas retas que as cortem em ângulos retos, como, por exemplo, a normal nos pontos em que se encontra com aquelas nas quais se formam os ângulos que se deseja mensurar. ²² Desse modo, Descartes mostra como é possível a partir da normal realizar demonstrações sintéticas de diversas outras construções geométricas, dentre as quais, destaca-se aqui a demonstração da figura geométrica que revela os senos de i e r ou, em outras palavras, os ângulos de incidência e refração.

1.2. Preceito da via sintética e o preceito da revisão geral: ²³ Descartes espera que o seu leitor determine a normal na figura geométrica (por exemplo, a figura 51), e por meio da sua

²⁰ O esquema que mostra a mencionada explicação é fundamentado nos quatro preceitos lógicos que Descartes expôs no *Discurso do método*. Sustenta-se, portanto, que os preceitos lógicos conferem a Descartes a ordem das razões pela qual se viabiliza encontrar uma demonstração geométrica que seja suficientemente apta para orientar a justificação experimental das cores do arco-íris. Referindo-se aos preceitos lógicos, Descartes relata que: “Essas longas cadeias de razões, tão simples e fáceis de conhecer, de que os geômetras costumam servir-se para chegar às mais difíceis demonstrações, levaram-me a conjecturar que todas as coisas que são passíveis do conhecimento humano encadeiam-se da mesma maneira” *Discours de la méthode* (AT, VI, 19). Por considerar que a explicação cartesiana das cores do arco-íris, exposta nos *Meteoros* é a exemplificação mais apropriada da instrumentalização do método Descartes, optou-se aqui por descrevê-la por intermédio do esquema que segue a ordem das razões proposta por Descartes em 1637. Segundo Alquié: “[...] intuição, dedução e ordem são noções inseparáveis. Sem intuição, a ordem nada seria, e permaneceria sem conteúdo. Sem a ordem, as intuições, apresentar-se-iam ao acaso, como experiências fragmentárias, e o seu conjunto não constituiria um saber. Por isso o método se propõe simultaneamente descobrir o simples, objeto da intuição [por exemplo, a lei dos senos], e dispô-lo segundo a ordem, pela qual poderemos elervar-mos, como que gradualmente, e de uma maneira racional, até ao conhecimento do complexo [por exemplo, as cores do arco-íris]. Substituir o complexo que se apresenta, e se apresenta sem razão, numa espécie de experiência confusa, por um complexo ordenado e racionalmente reconstruído, é que é efetivamente constituir ciência para Descartes”. ALQUIÉ, 1986, p. 29.

²¹ Os preceitos da evidência e o da via analítica correspondem, respectivamente, aos raciocínios do primeiro e segundo preceitos. No primeiro preceito se requer que o conhecimento verdadeiro seja concebido apenas por evidência, o que prescreve imediatamente a via de descoberta analítica. *Vide Discours de la méthode* (AT, VI, 18).

²² *Vide La Geometrie* (AT, VI, 412-413).

²³ O preceito do *modus operandi* sintético e o preceito da revisão geral correspondem aos raciocínios do terceiro e quarto preceito lógico de Descartes. *Vide Discours de la méthode* (AT, VI, 18-19).

demonstração sintética deduza os senos de i e r . Feito isto, prescreve que o leitor realize uma revisão geral dos cálculos, para que se evite possíveis erros decorrentes da possibilidade da falta de atenção.²⁴

2- Aplicação do método

2.1. Início da aplicação do método:²⁵ Descartes restabelece a ordem das razões, mas, dessa vez, a reinicia a partir de uma proposição conhecida com evidência, a saber, os senos de i e r (senos deduzidos na demonstração geométrica, tal como, por exemplo, na figura 51)²⁶ e, assim, visa orientar as suas experimentações científicas nos *Meteoros*.

2.2. Procedimento de redução (o mencionado procedimento segue o mesmo percurso lógico que é prescrito na via analítica, ou seja, no segundo preceito lógico): Nos *Meteoros*, Descartes, ao utilizar uma demonstração geométrica²⁷ como uma “representação do real”, identifica na natureza, possíveis causas físicas (objetos físicos) que lhe possibilite a compreensão do aparecimento das cores do arco-íris, a saber, o índice de refração que se observa em um prisma de cristal quando exposto às raios de luz.²⁸

2.3. Procedimento de reconstrução (o mencionado procedimento segue o mesmo percurso lógico que é prescrito na via sintética, ou seja, no terceiro preceito lógico): Nos *Meteoros*, Descartes reproduz – ao utilizar a lei dos senos e um prisma de cristal – as cores do arco-íris através do percurso FKNP, que produz as cores do arco-íris primário ONP (envolvendo

²⁴ Os cálculos são realizados a partir de um prisma de cristal, cujo instrumento Descartes pretende explicar as cores do arco-íris no capítulo VIII dos *Meteoros*. Shea relata em sua obra *The Magic of Numbers and Motion*, que a demonstração geométrica feita por Descartes na carta datada de 13 de novembro de 1629, possibilita uma reconstituição plausível do modo como Descartes deduziu a lei dos senos através de um prisma de cristal. Eis o modo como Shea reconstituiu esse cálculo: um raio AB penetra em um prisma HBP e emerge ao longo de BI. Para medir o ângulo de refração e de incidência em B, Descartes acrescenta CE, a normal em B, que é perpendicular a BP. Para reconhecer que HI é o sen de r e que OI é o sen de i basta traçar HO e, uma vez que BH=BO, HO é paralela CE. AB é paralelo a HI, donde o ângulo ABC é igual ao ângulo OHI, e o ângulo EBI é igual ao ângulo BOH. Portanto, o ângulo HOI = $180^\circ - r$. Uma vez que a razão dos senos de dois ângulos internos de um triângulo é igual à razão dos lados opostos, $\text{sen HOI}/\text{sen OHI} = \text{HI}/\text{OI}$, ou $\text{sen}(180^\circ - r)/\text{sen } r = \text{HI}/\text{OI}$. Entretanto, $\text{sen}(180^\circ - r)$ é igual a $\text{sen } r$; e, assim, $\text{sen } i/\text{sen } r = \text{HI}/\text{OI}$. Logo, a razão constante de refração em um prisma de cristal corresponde a razão entre o senos de i e r . Cf. SHEA, 1991, p. 156-157. É interessante observar que de maneira semelhante, Descartes demonstra na *Geometria* a lei dos senos por meio da posição da normal às ovais. Na seção da *Geometria* intitulada “A demonstração das propriedades das ovais referentes às reflexões e as refrações”, Descartes relata que: “Mas é necessário que não omita a demonstração do que disse, e para isso, tomemos, por exemplo, qualquer ponto C na primeira parte da primeira oval: tracemos a reta CP normal à curva em C, o que é fácil pelo método precedente” *Vide La Geometrie* (AT, VI, 431).

²⁵ A aplicação do método se expressa, sobretudo, nos raciocínios do terceiro preceito lógico de Descartes, a saber, conduzindo por ordem os raciocínios, começando pelos objetos simples e, por isso, mais fáceis de conhecer até o conhecimento dos objetos compostos. *Vide Discours de la methode* (AT, VI, 18-19).

²⁶ Cf. *LaDioptrique* (AT, VI, 83-100).

²⁷ A partir desta demonstração geométrica é possível deduzir os senos de i e r .

²⁸ Em relação ao procedimento de redução vide *Regulae* (AT, X, 393-394).

uma reflexão e duas refrações) e por meio do percurso FKNQR, que produz as cores do arco-íris secundário SQR (envolvendo duas refrações e duas reflexões).²⁹

2.4. Conclusão da justificação experimental:³⁰ Nos *Meteoros*, Descartes reproduz, por analogia, as cores do arco-íris e as justifica a partir da lei dos senos i e r .³¹ Para isso, ele inicialmente calcula o ângulo ONP para os valores de FH, que vão de 1.000 a 10.000. Esse cálculo é possível porque, em F, o desvio d é igual a $i - r$ (ângulo do seno de i menos o ângulo do seno de r), medido pelo ângulo GFK. A partir desse cálculo, Descartes mostra que o ângulo ONP aumenta rapidamente até 40.57 graus e diminui aproximadamente em torno do ângulo de 41 graus. Isso porque, segundo Descartes, há mais raios que fazem o ângulo ONP de aproximadamente 40 graus do que raios que o fazem menor. Por isso, Descartes identifica em K o desvio de $180^\circ - 2r$ e em N o desvio de $i - r$. Logo, o desvio total é de $180^\circ + 2i - 4r$. Então, a partir deste cálculo se obtém: FH= 8.000. Logo, i corresponde a aproximadamente a $40^\circ 44'$. Com isso, os cálculos justificam experimentalmente a Descartes que o ângulo é no máximo de $40^\circ 57'$ e que HF equivale de 8.000 até 9.888. Então, supondo que $17'$ seja o raio do Sol, Descartes afirma que o ângulo máximo do arco-íris interno deve ser encontrado em $41^\circ 17'$, e o ângulo mínimo do externo, $51^\circ 37'$. Ao término de tais cálculos e de tais verificações, Descartes usa o quarto preceito lógico, tanto na revisão dos cálculos quanto na revisão dos dados examinados com o intuito de efetuar “enumerações completas” para que não haja a mínima possibilidade de se omitir algum dado do exame.³² Nota-se, portanto, que Descartes transfere os raciocínios do quarto preceito lógico à última etapa da aplicação do seu método na ciência meteorológica. A partir disso, ele justifica experimentalmente o aparecimento das cores do arco-íris no Discurso VIII da obra *Meteoros*.

Sustentou-se neste artigo que o roteiro seguido por Descartes para instituir os conteúdos e seus respectivos tratamentos, na célebre obra meteorológica publicada em 1637, tem como fundamento a teoria dos corpos terrestres e os raciocínios que constituem o método cartesiano.

²⁹ Cf. *Les Meteoros* (AT, VI, 337-338).

³⁰ A justificação científica segue os raciocínios do quarto preceito lógico de Descartes, a saber, propõe-se a necessidade de se efetuar enumerações completas e revisões gerais, para que não haja a mínima possibilidade de se está omitindo algum dado do exame. Cf. *Discours de la methode* (AT, VI, 19).

³¹ Cf. *Les Meteoros* (AT, VI, 338-339).

³² Cf. *Discours de la methode* (AT, VI, 19).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Obras de Descartes:

DESCARTES, René. *Oeuvres de Descartes*. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin. 1996. 11 vol. Publiées par Charles Adam e Paul Tannery.

Outras fontes:

Abranches, Cassiano dos Santos. *Origem dos Comentários à Metafísica de Aristóteles de Pedro da Fonseca*. Revista Portuguesa de Filosofia II/1. Braga: UCP, 1946.

ALLARD, Jean-Louis. *Le mathématisme de Descartes*. Ottawa, Ed. Ottawa, 1963.

ALQUIÉ, Ferdinand. *A Filosofia de Descartes*. Tradução de Rodrigues Martins. Lisboa: Editorial Presença, 1986.

_____. *Oeuvres philosophiques de Descartes*, v. II. Paris: Garnier, 1987.

BEYSSADE, Jean-Marie. *Études sur Descartes*. Paris: Éditions du Seuil, 2001.

BEYSSADE, Michelle. *Descartes*. Tradução de João Gama. Lisboa: Edições 70, 1989.

BLANCHÉ, R. *Axiomatics*. London: Routledge & Kegan Paul, 1966.

BOYER, Carl. *Historia da Matemática*. Tradução de Elza Gomide. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1996.

_____. *History of analytic geometry*. New Jersey: Princeton University Press, 1988.

_____. *The Rainbow: from myth to mathematics*. New Jersey: Princeton University Press, 1987.

BOS, H. J. M. On the representation of curves in Descartes, Géométrie. In: *Archive for history of exact sciences*. v. 24, n. 4, 1981, p. 295-338.

BRONCANO, Fernando. El orden de las cosas. In: *La Filosofia de Descartes y la fundación del pensamieto moderno*. Salamanca: Sociedad Castellano-Leonesa de Filosofia, p. 19-56, 1997.

CROMBIE, A. C. Histoire des Sciences: De Saint Augustin à Galiléé (400-1650). Paris: Presses Universitaires de France, Volume I e Volume II, 1959.

_____. *Science, Art and Nature in Medieval and Modern Thought*. London: Cambridge University Press, 1996.

CONIMBRICENSIS. *Commentarii Collegi Conimbricensis Societatis Iesu: In Libros Meteorvs Aristotelis Stagiritae*. Lisboa: Simões Lopes, 1593.

COSTABEL, Pierre. *Démarches Originales de Descartes Savant*. Paris: Vrin, 1982.

COTTINGHAM, John. *Dicionário Descartes*. Tradução de Helena Martins. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1995.

COXITO A. *Método e ensino em Pedro da Fonseca e nos Conimbricenses*. Revista Portuguesa de Filosofia XXXVI/1. Braga: UCP, 1980.

- CLARKE, Desmond. *Descartes' Philosophy of Science*. Manchester: Manchester University Press, 1982.
- DUCHESNEAU, François. Descartes et le modèle de la Science. In: *L'Esprit Cartésien*. Paris: Vrin, p. 63-90, 2000.
- FICHANT, Michel. *Science et Métaphysique dans Descartes et Leibniz*. Paris: PUF, 1998.
- GARBER, Daniel. *Corps Cartésiens: Descartes et la philosophie dans les Sciences*. Paris: Presses Universitaires de France, 2004.
- _____. *Descartes Embodied*. Chicago: Cambridge University Press, 2001.
- _____. *La physique métaphysique de Descartes*. Paris: Presses Universitaires de France, 1999.
- _____. Philosophers of Substance. *Archive for history of exact sciences*. Cambridge, v. 27, n.3, p. 421-427, 1996.
- GILSON, Étienne. *Discours de la Méthode. Texte et Commentaire*. Paris: Vrin, 1987.
- _____. *Études sur le rôle de la pensée médiévale dans la formation du système cartésien*. Paris: vrin, 1951.
- _____. *Index Scolastico-Cartésien*. Paris: Librairie Félix Alcan, 1913.
- GOMES, Pinharanda. *Os Conimbricenses por Pinharanda Gomes*, Ed. Biblioteca Breve, Lisboa, 1992.
- GUEROULT, Martial. *Descartes Selon L'Ordre des Raisons*, v. I. Paris: Aubier, 1968.
- _____. *Descartes Selon L'Ordre des Raisons*, v. II. Paris: Aubier, 1968.
- _____. Métaphysique et physique de la force chez Descartes et chez Malebranche. In: *Revue de Métaphysique et de Morale* 59: 1-37, 1954.
- JULLIEN, Vincent. *Descartes, La <<Géométrie>> De 1637*. Paris: Presses Universitaires de France, 1996.
- KOBAYASHI, Michio. *La philosophie naturelle de Descartes*. Paris: Vrin, 1993.
- KOYRÉ, Alexandre. *Considerações sobre Descartes*. Lisboa: Editorial Presença, 1992.
- _____. *Études galiléennes*. Paris: Hermann, 1966.
- _____. *Études newtoniennes*. Paris: Éditions Gallimard, 1968.
- LENOBLE, Robert. *Mersenne, ou, la naissance du Mécanisme*. Paris: Vrin, 1971.
- MARION, Jean-Luc. *Sur l'ontologie grise de Descartes*. Paris: Vrin, 1975.
- MERSENNE, Marin. *Harmonie Universelle*. Paris: Sebastien Cramoisy, 1636.
- MILHAUD, Gaston. *Descartes Savant*. Paris: Librairie Félix Alcan, 1921.
- PHILONENKO, Alexis. *Reler Descartes*. Tradução de Fernando Oliveira. Lisboa: Inst. Piaget, 1996.
- RODIS-LEWIS, Geneviève. *Descartes: Biographie*. Paris: Calmann-Lévy, 1995.

ROCHEMONTEIX. *Un Collège de Jesuites aux XVII et au XVIII siècle: Le Collège Henri IV de la Flèche*. Le Mans, 1889, Volume IV.

SASAKI, Chikara. *Descartes` Mathematical Thought*. Netherlands: Publishers by Kluwer Academic, 2003.

SCHUSTER, John. *Descartes and the Scientific Revolution, 1618-1634*, vol. 1. Ph.D.Thesis. Princeton University: Ann Arbour, 1977.

_____. *Descartes and the Scientific Revolution, 1618-1634*, vol. 2. Ph.D.Thesis. Princeton University: Ann Arbour, 1977.

_____. Full circle: Cartesian dynamics, optics and the tennis ball model, 1628-33. p. 293. In: GAUKROGER, Stephen; SCHUSTER, John; SUTTON, John. *Descartes` Natural philosophy*. London: Routledge, 2000, p. 258- 757.

SCOTT, J. F. *The Scientific Work of René Descartes*. London: Taylor & Francis, 1952.

SHEA, William. La science de Descartes. *Laval Théologique et Philosophique*, 53, 3, oct. 1997, p. 531-549.

_____. *The Magic of Numbers and Motion*. Canton: Science History Publications, 1991.

TOURNADRE, Géraud. *L`orientation de la science cartésienne*. Paris: Librairie Philosophique J. Vrin, 1982.

VUILLEMIN, Jules. *Mathématiques et Métaphysique Chez Descartes*. Paris: Presses Universitaires de France, 1960.