

# OS “ANÉIS DE NEWTON” E A TEORIA CORPUSCULAR DA LUZ

Breno Arsioli Moura<sup>1</sup> & Cibelle Celestino Silva<sup>2</sup>

## Introdução

Todos nós, em nosso cotidiano, já tivemos o prazer de brincar com bolhas de sabão e de nos encantarmos com suas belas cores – os famosos anéis de Newton. A maioria dos livros que tratam de óptica não entram em detalhes sobre a natureza da luz e tampouco sobre como as interpretações sobre o que é a luz mudaram com o tempo. Atualmente, esse fenômeno é explicado como sendo resultado de interferência de ondas luminosas. Mas isso não foi sempre assim.

No século XVII físicos importantes como Robert Boyle (1627-1691), Robert Hooke (1635-1703) e Isaac Newton (1643-1727) também se encantaram com esse fenômeno e desenvolveram diferentes explicações para ele. Boyle já havia examinado a formação de cores em películas finas em seu livro *Experiments and considerations touching colours*, publicado em 1664. O tema central deste livro não era exatamente a óptica, mas a relação entre a matéria e suas propriedades ópticas, incluindo a cor. Já Hooke, em sua obra *Micrographia* publicada em 1665, pela primeira vez apresentou um estudo sistemático sobre o fenômeno e, partindo da concepção de que a luz era um pulso propagado no éter causado pelo movimento do corpo luminoso, constatou a periodicidade das cores formadas.

Influenciado por estas obras, Isaac Newton iniciou sua pesquisa sobre esse sistema de cores – os “anéis de Newton”. Para explicar a formação dos anéis coloridos, Newton elaborou a teoria dos “estados de fácil reflexão” e “estados de fácil transmissão”, baseada em uma concepção corpuscular da luz e descritas no livro II do *Óptica* e analisadas criticamente neste trabalho.

Procuramos entender e descrever detalhadamente os aspectos conceituais presentes no livro I do *Óptica*, comparando seu conteúdo com os trabalhos anteriores de Newton sobre o assunto e compreender o conceito newtoniano de “estados de fácil reflexão” e “estados de fácil transmissão”, buscando identificar como Newton o aplicou para explicar os “anéis de Newton”, bem como seu limite de validade.

É importante destacarmos que Newton era um homem inserido em um contexto onde conhecer a natureza da luz era um dos assuntos mais importantes. Este trabalho mostra que as idéias de Newton sobre o assunto não nasceram prontas em sua mente, sendo que um dos principais conceitos newtonianos sobre a luz – o conceito de “estados de fácil transmissão e fácil reflexão” – não foi incorporado ao conhecimento científico atual.

Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse por parte de alguns historiadores da ciência por partes pouco exploradas da obra de Newton, particularmente por assuntos relacionados à alquimia, religião e aspectos de sua obra científica que não fazem parte do conhecimento científico aceito como “correto” atualmente (BUCHWALD & COHEN 2001). Entre estes últimos podemos incluir sua teoria de estados de fácil transmissão e fácil reflexão introduzida para explicar a formação de cores em corpos delgados transparentes, discutida no Livro II do *Óptica*.

Estudos históricos como este são importantes em situações de ensino, principalmente para a formação inicial e continuada de professores, pois deixam claro o caráter humano, com idas e vindas, erros e falhas, da construção do conhecimento científico. Neste trabalho também comparamos as idéias de Newton com algumas

---

<sup>1</sup> Pós graduação interunidades em ensino de ciências, IFUSP, USP. Email: brenoghtc@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto de Física de São Carlos, USP. Email: cibelle@ifsc.usp.br

descrições atuais que vêm nestas idéias uma antecipação da moderna teoria dual para a luz.

### **A História da Ciência em sala de aula: o caso dos “anéis de Newton”**

A fim de tornarem suas aulas mais interessantes, é cada vez mais freqüente os professores se apoiarem na História da Ciência. É comum encontramos sites que tratam de Newton e sua óptica. Muitos desses sites perpetuam uma idéia comum entre professores e estudantes de que Newton “previu” a dualidade do comportamento da luz, usando tanto uma teoria corpuscular quanto ondulatória para explicar a formação de anéis coloridos. Como exemplo, citamos a seguir trechos de três sites ligados a instituições universitárias brasileiras<sup>3</sup>:

*“[...]Seus trabalhos sobre a composição da luz branca conduziram à moderna física óptica [...]”*

*“[...] para explicar algumas de suas observações, Newton necessitou usa a teoria ondulatória juntamente com sua teoria corpuscular”*

*“Newton construiu uma teoria simultaneamente corpuscular e mecânica para a luz. Embora seus primeiros experimentos o levassem para uma teoria corpuscular consistente, como veremos a seguir, seus experimentos de interferência obrigam a introduzir também um caráter ondulatório para a luz.”*

Dois famosos historiadores da ciência chegam ao ponto de afirmar

*“[em] sua tentativa de unir concepções corpusculares e ondulatórias para a luz pode ser descrita como um tipo de ‘pressentimento da mecânica ondulatória’”<sup>4</sup>*

e a teoria newtoniana corpuscular da luz foi uma

*“notável antecipação da explicação quântica do século XX: os ‘estados de fácil transmissão e fácil reflexão’ correspondem às probabilidades transitórias da teoria quântica”<sup>5</sup>.*

Os conceitos newtonianos sobre a natureza e o comportamento da luz são, essencialmente, muito diferentes dos que aceitamos hoje. Não devemos, só porque Newton acreditava na natureza corpuscular da luz, afirmar que ele antecipou a criação da idéia do *fóton*. Da mesma forma que não devemos afirmar que ele antecipou o conceito de comportamento dual da luz só porque ele considerou em seus primeiros trabalhos que a luz pudesse gerar vibrações periódicas no éter luminoso.

Essa abordagem idealizada e “romantizada” da natureza da ciência é denominada *pseudo-história*<sup>6</sup>. Este tipo de abordagem se baseia na pseudo-história, como a de que a ciência surge de um método especial, independente do contexto da época e de que os feitos mais notáveis da ciência só podem ser realizados por pessoas de intelecto extraordinário, sendo que seu método científico leva a uma verdade indubitável, sem erros<sup>7</sup>.

A História da Ciência, quando estudada e utilizada adequadamente pode dar uma visão mais clara sobre a Ciência e suas realizações, explicando-as como “artefatos dignos

---

<sup>3</sup> Não iremos aqui mencionar o endereço dos sites. Nossa intenção é apenas analisar os diferentes casos encontrados e propor alternativas para minimizar os problemas encontrados.

<sup>4</sup> SABRA 1981, pp. 341-2.

<sup>5</sup> WHITTAKER 1983, p. 22, nota 1.

<sup>6</sup> Ver ALLCHIN 2004.

<sup>7</sup> ALLCHIN 2004, p. 189.

de serem apreciados por si mesmos”<sup>8</sup>. Além disso, a boa instrução dos professores também é fundamental, pois são eles os encarregados de “compartilhar” seus conhecimentos com os alunos. Dessa forma, não basta um professor ser treinado em ciência, ele deve possuir um “conhecimento histórico e filosófico de sua disciplina, mesmo que esse conhecimento não seja diretamente usado em pedagogia”<sup>9</sup>, a fim de poder ter plena capacidade de discutir os aspectos mais complexos da dinâmica científica.

Obviamente, não estamos dizendo que todos os professores *devem* ter um conhecimento histórico profundo sobre a natureza de algum conceito da Física. O que queremos enfatizar é que o professor procure aprimorar seus conhecimentos, através da leitura de artigos e revistas científicas, livros sobre os mais diversos assuntos relacionados com sua área de atuação, assim como os relacionados à história da ciência. Dessa forma, o professor terá uma capacidade muito maior de identificar a pseudo-história nos textos científicos que usa em suas aulas.

Podemos usar, por exemplo, as teorias de Newton sobre a luz e as cores para mostrar como já houve diversas explicações para um mesmo fenômeno, no caso, os “anéis de Newton”. Comparando as idéias de Newton com as de Hooke, Boyle, Thomas Young (1773-1829) e a atual, os professores podem exemplificar como a Ciência é mutável e que os conceitos que aceitamos hoje não surgiram da noite para o dia e também podem não ser definitivos, pois daqui a alguns anos, a teoria que aceitamos hoje pode se tornar obsoleta.

Além disso, uma abordagem da teoria de Newton pode mostrar também que todos os cientistas são, mais do que tudo, seres humanos sujeitos a cometerem falhas e serem contraditórios em suas idéias. Como veremos, um exemplo disso é a teoria dos “estados de fácil reflexão” e “estados de fácil transmissão” de Newton que, apesar de permanecer como uma explicação viável por quase um século, apresentou diversas contradições em seu desenvolvimento.

### **As influências sobre a óptica newtoniana**

Newton foi influenciado por vários autores<sup>10</sup> em seus estudos sobre filosofia natural. Os autores que mais influenciaram os estudos ópticos de Newton foram René Descartes (1596-1650), Walter Charleton (1619-1707), Pierre Gassendi (1592-1655), Robert Hooke e Robert Boyle.

Na época de Newton, a mecânica de Descartes dominava o cenário científico. Segundo Descartes, o espaço era ocupado por um meio que, embora imperceptível aos sentidos humanos, tinha a propriedade de transmitir força e de exercer efeitos em corpos materiais nele mergulhados, dando pela primeira vez um significado para o éter<sup>11</sup>. Em seus estudos sobre a luz, Descartes afirmou que ela seria o movimento dos glóbulos de éter propagado instantaneamente de um ponto a outro e que as cores estavam ligadas às diferentes velocidades em que os glóbulos de éter giravam, sendo que as partículas que rodavam mais rapidamente dariam a sensação de vermelho, as mais lentamente a de azul e verde e as outras cores produzidas por rotações de velocidades intermediárias a essas<sup>12</sup>. Newton rejeitou a teoria de Descartes para a luz (e também para a mecânica) por não acreditar que o pulso de éter se moveria em linha reta, que a luz se propagasse instantaneamente (a velocidade de propagação da luz foi medida em 1675, pelo astrônomo Röemer) e, talvez sua maior objeção, que as cores fossem modificações da luz branca<sup>13</sup>.

---

<sup>8</sup> MATTHEWS 1995, p. 184.

<sup>9</sup> MATTHEWS 1995, p. 187.

<sup>10</sup> WESTFALL 1980, pp. 15-7; p.156.

<sup>11</sup> WHITTAKER 1987, p. 6.

<sup>12</sup> SHAPIRO 1973, pp.189-90.

<sup>13</sup> WESTFALL 1980, pp. 301-4

O primeiro contato de Newton com a filosofia atomista de Pierre Gassendi, que pôs em questão as idéias de Descartes, foi através do livro de Walter Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Charltoniana*<sup>14</sup>. A visão de Gassendi ficou conhecida como o “atomismo cristianizado”, em que o Universo seria composto de átomos e governado por Deus. Essa filosofia influenciou muito Newton na adoção de uma concepção corpuscular para a luz<sup>15</sup>.

No que se refere ao estudo das cores, em particular, da formação dos anéis de cores em corpos delgados transparentes, Newton foi influenciado principalmente pelos trabalhos de dois grandes cientistas da época: Robert Boyle e Robert Hooke.

Robert Boyle, além de muito influenciar Newton no campo da química e da alquimia<sup>16</sup>, com seu livro *Experiments and considerations touching colours*<sup>17</sup>, trouxe uma significativa influência no estudo das cores em filmes finos e isso pode ser notado analisando suas anotações quando estudante<sup>18</sup>. O livro de Boyle não trata exatamente da óptica em si, mas a relação entre a matéria e suas propriedades ópticas, incluindo a cor. Os químicos da época acreditavam que as cores eram causadas pela presença de elementos de enxofre, mercúrio ou sal nos corpos, idéia que Boyle refutava, por acreditar que as cores dos corpos não eram qualidades deles, mas produzidas pela refração e reflexão dos raios de luz, ponto em que Newton concordava. Um dos aspectos da teoria de Boyle rejeitado por Newton foi a idéia de que a luz colorida era luz branca modificada de alguma maneira pelo corpo<sup>19</sup>.

Robert Hooke foi o primeiro cientista a realizar um estudo sistemático sobre o fenômeno das cores em filmes finos, destacando a periodicidade do aparecimento dos anéis. Hooke realizou vários experimentos com mica, líquidos de vários tipos pressionados entre duas lâminas de vidro comum, bolhas e superfícies de metais, chamando o sistema de cores de anéis ou íris. Em 1665 Hooke publicou o livro *Micrographia*, sendo basicamente um tratado sobre microscópios, mas incluindo também suas idéias acerca da natureza da luz. Hooke acreditava que a luz era uma sucessão de pulsos gerados no éter pelo movimento vibratório do corpo luminoso e que, quando esse pulso fosse perpendicular à direção de propagação ele era dito simples, uniforme e imperturbável, gerando a sensação de luz branca, e que as cores eram produzidas quando os pulsos, pela refração, tornavam-se oblíquos à direção de propagação<sup>20</sup>.

Hooke argumentava, como mostra a Figura 1, que a parte precedente do pulso, que se choca primeiro com a superfície refratora, sofreria uma resistência maior do meio. Assim, quando a segunda parte do pulso atinge a superfície, ela já foi preparada pela primeira e sofrerá menor resistência. Irá, então, progredir no meio refrator um pulso cuja parte mais fraca precede a parte mais forte. Isso, para Hooke, causaria a sensação de azul. A cor do outro extremo do espectro, o vermelho, seria uma consequência de um pulso cuja parte mais forte precede a mais fraca<sup>21</sup>.

---

<sup>14</sup> HALL 1993, p. 33.

<sup>15</sup> WHITTAKER 1987, p.13.

<sup>16</sup> WESTFALL 1980, pp. 371-77.

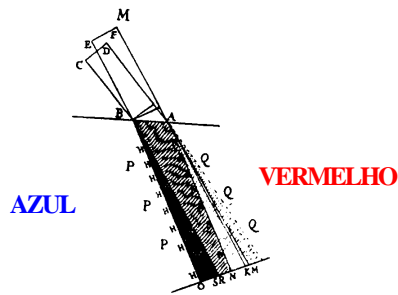
<sup>17</sup> Título inteiro: *Experiments and considerations touching colours. First occasionally writte, amog some other essays to a friend; and now suffer'd to come abroad as the beginning of an experimental history of colours.*

<sup>18</sup> HALL 1993, p.15-6

<sup>19</sup> HALL 1993, p. 14.

<sup>20</sup> SHAPIRO 1973, pp.194-7.

<sup>21</sup> SILVA & MARTINS 1997.



**Figura 1 - Esquema utilizado por Hooke, na *Micrographia*, para explicitar sua teoria de cores.**

Hooke explicou a periodicidade das cores nos anéis na observação 9 da *Micrographia*. Para explicar as cores formadas em filmes finos, Hooke usou a idéia de “mistura” entre os pulsos refletidos na primeira e os raios refletidos da segunda superfície, como mostra a Figura 2. Desta forma, cada pulso terá suas partes forte e fraca e, dependendo da espessura da lâmina, elas se combinarão de certa maneira a causar no olho a impressão de apenas um pulso, cuja parte forte e fraca se alternam, mudando a cor, à medida que a espessura aumenta ou diminui. Assim, sucessivas adições de um dado incremento de espessura fariam com que as mesmas cores reaparecessem.

As principais idéias da teoria de Hooke eram: a luz seria um movimento no éter; as cores seriam modificações da luz branca e a idéia de que só existiriam duas cores básicas ou primárias, o azul e o vermelho, e que as outras seriam misturas de vários pulsos dessas cores. Newton rejeitou todas essas idéias.

Embora para Hooke a luz não fosse uma onda (era uma sucessão não periódica de pulsos), suas investigações sobre a luz representam uma transição do sistema cartesiano para um desenvolvimento maior da teoria ondulatória<sup>22</sup>. Além disso, os experimentos de Hooke são muito instrutivos e a sua explicação para o fenômeno das cores em filmes finos está longe de ser absurda.

Segundo Sabra (1981), um dos pontos fracos das explicações de Hooke foi não ter conseguido medir a espessura dos filmes, o que deixou sua teoria com um aspecto mais qualitativo do que quantitativo. Esse foi o ponto em que Newton obteve sucesso em seu estudo sobre o assunto. Mas a descoberta da periodicidade entre o aparecimento das cores é de Hooke e isso deve ser destacado do ponto de vista historiográfico. Ironicamente, esse sistema seria depois denominado de “anéis de Newton”.

### **A natureza corpuscular da luz e vibrações no éter**

Por volta de 1666, quando ainda era estudante na Universidade de Cambridge, Newton escreveu um ensaio, “Sobre as cores”<sup>23</sup>, não publicado na época. Neste ensaio estão os primeiros estudos de Newton sobre o fenômeno das cores, entre elas, a dos filmes finos. Em seguida, em 1675, Newton enviou à Royal Society de Londres dois artigos contendo, dentre outros assuntos, estudos sobre as cores em filmes finos: “Hipótese da luz” e um sem título, mas conhecido por “Discurso das observações”, ambos não publicados na época. Esses três trabalhos formam a essência do livro II do *Óptica*, livro publicado em 1704.

Newton relatou no “Sobre as cores” alguns métodos para produzir e observar os anéis coloridos, por exemplo, pressionando dois prismas de vidro um contra o outro ou

<sup>22</sup> WHITTAKER 1987, p. 14.

<sup>23</sup> Esse ensaio foi publicado em MCGUIRRE & TAMNY 1983

utilizando duas lentes de vidro. Através de relações matemáticas entre o raio de curvatura de uma das lentes e do diâmetro dos anéis, Newton chegou a especular sobre relações entre a espessura da camada de ar entre os prismas e a posição dos anéis. Como podemos ver, Newton, desde muito antes da elaboração da teoria dos “estados” já realizava estudos sobre a formação dos “anéis”.

O trabalho de Newton que contém estudos mais aprofundados sobre os anéis é a “Hipótese da luz”, de 1675. Nesse artigo, enviado à Royal Society de Londres, mas não publicado, Newton elaborou uma explicação mecânica para o comportamento da luz baseada na existência do éter. Para analisarmos o modelo de éter que Newton produziu, utilizaremos as hipóteses apresentadas na “Hipótese”, que, embora não explicitamente, foram utilizadas em seus outros trabalhos para complementar as explicações dos fenômenos ópticos. Newton, no início da “Hipótese” expõe uma afirmação fundamental para o desenvolvimento de suas idéias ao longo do texto:

*Fosse eu presumir uma hipótese, ela seria esta, se proposta em termos mais gerais, de modo a não determinar o que é a luz além de [dizer] que ela é uma ou outra coisa capaz de provocar vibrações no éter, pois, desse modo, ela se tornará tão geral e abrangente de outras hipóteses, que deixará pouco espaço para que outras sejam inventadas.<sup>24</sup>*

Desta forma, os efeitos ópticos como a refração, a reflexão e os “anéis de Newton” seriam provocados pelas vibrações que a luz provocaria no éter. É importante notarmos aqui que Newton não está afirmando que a luz é vibração, mas sim que provoca vibração:

*[...] presumo que a luz não seja nem esse éter nem seu movimento vibratório, porém algo de natureza diferente, propagado por corpos luminosos. Quem o assim desejar poderá presumi-la como um agregado de várias qualidades peripatéticas. Outros poderão supô-la como uma multidão de corpúsculos inimaginavelmente pequenos e velozes, de tamanhos diversos, brotando dos corpos luminosos a grandes distâncias uns dos outros [...]. Para evitar discussões e generalizar esta Hipótese, que cada homem escolha sua preferência quanto a isso. Apenas, seja a luz o que for, eu suporia que ela consiste em raios sucessivos, que diferem uns dos outros em circunstâncias contingentes, como a grandeza, a forma ou o vigor [...].<sup>25</sup>*

Embora enfatize que está generalizando a hipótese sobre o que seria a luz, é evidente por suas palavras que acreditava numa concepção corpuscular, principalmente quando fala de “grandeza, forma ou vigor”, características de coisas materiais. De fato, Newton enviou o “Hypothesis” com a intenção de que seus trabalhos fossem mais aceitos pela sociedade científica da época, gerando menos disputas e discussões<sup>26</sup>, como as ocorridas após a publicação de seu artigo sobre luz e cores em 1672.

Newton expôs duas razões para explicar que a luz não era vibrações no éter<sup>27</sup>. A primeira fala sobre a propagação retilínea da luz, pois, se ela fosse as vibrações no éter, essas se propagariam por todos os lados aleatoriamente. A segunda afirma que a luz não pode ser vibrações no éter porque não existem superfícies totalmente opacas, pois se a luz fosse essas vibrações, elas poderiam se equilibrar, causando a opacidade, o que não acontece, pois qualquer material reflete parte dos raios de luz que nele incidem.

Newton explicou a formação dos anéis coloridos como sendo causados pela interação dos raios de luz com as regiões do éter com densidades diferentes, diferenças essas provocadas pelas vibrações.

---

<sup>24</sup> NEWTON 2002, p. 31.

<sup>25</sup> NEWTON 2002, p. 31.

<sup>26</sup> SHAPIRO 1993, p. 72 e SILVA & MARTINS 1997.

<sup>27</sup> NEWTON 2002, p. 39-40.

As vibrações no éter se moveriam mais rapidamente do que os raios. Sendo assim, haveria lugares em que o éter estaria mais denso e, em outros, mais rarefeitos. Um raio de luz que se encontrasse o trecho do éter mais rarefeito seria transmitido e o que se encontrasse o trecho do éter mais denso seria refletido. Essa descrição correspondia aos anéis formados por cores uniformes, isto é, raios de uma cor só. Para estender este modelo à luz branca e, conseqüentemente, à formação de anéis de cores diferentes, Newton introduziu a idéia de que raios de cores diferentes variavam em “magnitude, força ou vigor”, e assim excitavam no éter vibrações de diferentes intensidades que, em certo momento, transmitiriam raios de uma determinada cor e, em outros, raios de outras cores<sup>28</sup>.

Newton foi cauteloso em abordar a periodicidade da luz apenas no aparecimento dos anéis, afirmando que essa periodicidade era um fenômeno restrito produzido quando a luz encontrava a superfície de um filme fino, ou qualquer superfície refratora<sup>29</sup>.

Era claro para Newton que os anéis deviam ser produzidos por uma separação similar dos raios coloridos na luz branca, como explicou as cores nos prismas. Mas o mecanismo físico dos dois fenômenos não podiam ser os mesmos, pois o aparecimento dos anéis é marcadamente periódico e (como Hooke havia descoberto) está relacionado com a espessura do ar interjacente<sup>30</sup>.

Como podemos ver, até agora, pela análise do “Sobre as cores”, de 1666, e da “Hipótese da luz”, de 1675, não encontramos qualquer indício de que a concepção da luz para Newton fosse algum tipo de “premonição” para a óptica moderna do século XX, pois notamos que Newton não uniu conceitos de concepções corpuscular e ondulatória, se atendo exclusivamente à primeira.

### **A teoria dos “estados de fácil reflexão” e “estados de fácil transmissão”**

No Livro II do *Óptica*, Newton abandonou explicações para os fenômenos ópticos baseadas em especulações sobre as propriedades do éter e sobre o movimento vibratório do mesmo. Para diminuir o forte caráter hipotético e especulativo destas explicações baseadas no éter, Newton adotou o conceito de “estados de fácil transmissão” e “estados de fácil reflexão”, pensando assim estar livre do uso de hipóteses sobre a origem e natureza destes “estados”. No entanto, não foi isso que observamos ao estudarmos o Livro II do *Óptica* – em vários momentos ele elabora hipóteses para explicar detalhes sobre a origem e natureza dos “estados”, adotando, inclusive, hipóteses contraditórias entre si.

A teoria dos “estados de fácil reflexão” e “estados de fácil transmissão” está presente na parte 3 do Livro II da obra *Óptica*, publicada pela primeira vez em 1704. Nesta obra, Newton continua considerando a luz como formada por corpúsculos rígidos, inclusive para explicar a interação da luz com a matéria.

Considerando a natureza corpuscular da luz, seria de se esperar que fenômenos como a reflexão, por exemplo, pudessem ser explicados pelo choque da luz com as partículas dos corpos. Newton apresentou vários argumentos na proposição 8 para negar esta hipótese e introduz, a idéia de a reflexão seria causada por uma força agindo à distância entre os corpúsculos de luz e a superfície refletora.<sup>31</sup> Uma das justificativas apresentadas era o fato de que, numa lâmina fina, uma mesma região apresenta cores diferentes quando observadas pela reflexão ou transmissão dos raios de luz<sup>32</sup>. No caso de formação de cores entre placas de vidro, “a espessura do vidro determina se a força pela

---

<sup>28</sup> SHAPIRO 1993, p. 82.

<sup>29</sup> SHAPIRO 1993, p. 69.

<sup>30</sup> HALL 1993, p. 73.

<sup>31</sup> NEWTON 1996, p. 199.

<sup>32</sup> NEWTON 1996, p. 201.

qual o vidro atua sobre a luz fará com que ela seja refletida ou permitirá que seja transmitida”<sup>33</sup>.

Dessa forma, o corpo produziria uma força que atuaria sobre os raios de luz, refletindo-o ou transmitindo-o, de acordo com várias circunstâncias. Newton atribuiu essa força exclusivamente ao *corpo*, sendo que o raio de luz estaria somente sujeito a sua atuação sobre ele.

Contudo, Newton não explicou como seria essa força no decorrer Livro II, fazendo isso somente no Livro III, na parte das *Questões*<sup>34</sup>, parte essa em que Newton poderia debater suas idéias em formas de questões, sem se comprometer com nenhuma delas, evitando impasses, ou seja, que continha principalmente especulações. Como podemos ver, até agora, Newton elaborou duas teorias para explicar o fenômeno dos “anéis de Newton”, uma sobre as vibrações no éter e outra sobre força à distância, sendo que as duas estão descritas em partes de seus trabalhos exclusivamente hipotéticas. Isso indica que Newton não tinha certeza dessas duas explicações.

Para evitar qualquer tipo de impasse, mais adiante, nas proposições 12 e 13, Newton passou a usar uma terceira abordagem para explicar a interação da luz com a matéria: os “estados”. No entanto, mesmo aqui, ele não deixa claro se os “estados” seriam propriedades originais da luz ou se surgiriam como resultado da interação da luz com a matéria. Além disso, em vários momentos Newton continua a usar as vibrações para explicar os fenômenos ópticos, como aparece na proposição 12.

### **Proposição 12**

*Todo raio de luz, em sua passagem através de qualquer superfície refratora, assume uma certa constituição ou estado transitório que ao longo da trajetória do raio retorna em intervalos iguais e faz com que em cada retorno o raio tenda a ser facilmente transmitido através da próxima superfície refratora e, entre os retornos, a ser facilmente transmitido por ela.*<sup>35</sup>

Analisando essa proposição vemos que Newton está considerando que a passagem da luz por um meio provoca o surgimento dos estados. Embora Newton tenha afirmado que não iria abordar a origem dessa tendência, o fez, usando uma hipótese de vibração semelhante à usada no “Hipótese” mostrada acima, deixando claro o caráter hipotético das vibrações<sup>36</sup>.

Newton não admitia explicitamente o uso de hipóteses – acreditava que a ciência deveria ser construída apenas a partir de dados empíricos. No entanto, por um lado, Newton as elaborava e usava para desenvolver sua teoria, e, por outro lado, dizia que eram mera hipóteses. Segundo Shapiro, a teoria dos “estados” foi desenvolvida a partir do estudo de Newton sobre a formação dos anéis de cores em películas espessas, por volta de 1690. Quando Newton percebeu que sua teoria de vibrações do éter servia muito bem para explicar essas cores, ele decidiu elevar o status dessa hipótese para uma teoria, a teoria dos “estados”, na qual o raio de luz são postos em estados periódicos que o fariam ser refletidos ou transmitidos pela superfície de um corpo<sup>37</sup>.

A seguir vem a definição sobre os “estados de fácil reflexão” e “estados de fácil refração”.

---

<sup>33</sup> NEWTON 1996, p. 203.

<sup>34</sup> Ver Questão 31 de NEWTON 1996, p. 274. Hall também faz uma extensa descrição do conteúdo das Questões, ver HALL 1993, pp. 127-62.

<sup>35</sup> NEWTON 1996, p. 210.

<sup>36</sup> NEWTON 1996, p. 211-2.

<sup>37</sup> SHAPIRO 1993, p. 136.



## Definição

*Chamarei de estados de fácil reflexão aos retornos da tendência de qualquer raio para ser refletido; aos de sua tendência para ser transmitido, estados de fácil transmissão; e ao espaço que se sucede entre cada retorno e o retorno seguinte, intervalo de seus estados.*<sup>38</sup>

O historiador Alan E. Shapiro fez um comentário interessante sobre os “estados”. Segundo ele, “os ‘estados’, contudo, não são a causa da reflexão, apenas dispõem os raios para serem refletidos”<sup>39</sup>.

## Proposição 13

*O motivo pelo qual as superfícies de todos os corpos espessos transparentes refletem parte da luz que sobre ele incide e refratam o restante é que alguns raios, em sua incidência, estão em estados de fácil reflexão e outros em estado de fácil transmissão.*<sup>40</sup>

Nessa proposição, Newton está falando sobre a reflexão parcial que ocorre, por exemplo, com vidro comum. Ou seja, não está relacionado com as cores em filmes finos. Mas Newton afirma que os raios de luz estão em “estados de fácil transmissão” e “estados de fácil reflexão” *em sua incidência*, ou seja, *antes* de entrarem em contato com a superfície do corpo.

Essa afirmação contradiz ao descrito na proposição anterior, de que os raios *assumem* o “estado” ao entrar na superfície refratora. Numa primeira análise, poderíamos afirmar que se tratam de dois tipos de “estados”: um que causaria a reflexão parcial e outro que causaria o aparecimento dos “anéis de Newton”. Embora essa seja uma suposição coerente, Newton não faz qualquer menção sobre essa possibilidade. Isso pode ser notado, analisando seus comentários usados para justificar a proposição 13.

*“Portanto, a luz se acha em estados de fácil reflexão e fácil transmissão antes de incidir sobre os corpos transparentes. E provavelmente ela assume esses estados na sua primeira emissão dos corpos luminosos e continua neles durante toda sua trajetória.”*

*Nessa proposição, suponho que os corpos transparentes são espessos; porque, se a espessura do corpo for muito menor do que o intervalo dos estados de fácil reflexão e transmissão dos raios, o corpo perde seu poder refletor. Pois se os raios, que ao entrarem no corpo assumem estados de fácil transmissão, chegam à superfície mais distante do corpo antes de perder esses estados, eles devem ser transmitidos. E esta é a razão pela qual as bolhas de água perder seu poder refletor quando se tornam muito finas; e também a razão pela qual todos os corpos opacos, quando divididos em partes muito pequenas, se tornam transparentes.”*<sup>41</sup>

Como vemos, na mesma proposição Newton se contradiz novamente, ora afirmando que os raios de luz já assumiriam seus “estados” logo em sua primeira emissão no corpo luminoso ora afirmando que os raios adquiririam os “estados” ao entrarem no corpo. Isso mostra que Newton não estava certo sobre como eram originados os “estados”, se eles eram propriedades intrínsecas da luz ou se eram causados pelo corpo refrator ou refletor.

Este breve estudo nos mostra que Newton *não* tinha em mente algo que pudesse ser identificado como primórdios de uma teoria dual da luz. Em seus trabalhos iniciais como o

---

<sup>38</sup> NEWTON 1996, p. 212.

<sup>39</sup> SHAPIRO 1993, p. 184.

<sup>40</sup> NEWTON 1996, p. 212.

<sup>41</sup> NEWTON 1996, p. 212-3, grifo nosso.

*Hipótese da luz* considerou a luz como constituída de corpúsculos e que seriam capazes de provocar vibrações no éter. Em sua obra na forma madura (*Óptica*) continuou considerando a natureza corpuscular da luz e acrescentou os “estados de fácil transmissão e fácil reflexão” como uma nova propriedade da luz, ao lado da cor e refrangibilidade<sup>42</sup>.

Ademais, a teoria de Newton para a luz e para as cores difere substancialmente da teoria atual, baseada na física quântica. Newton não pensava em *fótons* de luz ou coisa parecida. Para ele, a luz seria como uma bola de bilhar, possuindo propriedades intrínsecas, como os “estados”. Além disso, vimos que, na elaboração dessa teoria e na explicação de diversos fenômenos com seu uso, como os “anéis de Newton”, Newton não utilizou definições únicas e foi bastante contraditório, principalmente no que se refere a origem dos “estados” da luz, o que não é nem ao menos citado quando Newton aparece em materiais didáticos e paradidáticos que pretendem abordar aspectos da história da óptica.

Contudo, obviamente, esses problemas não diminuem a importância que Newton teve no cenário científico tanto da época como atualmente. No entanto, não podemos simplesmente dizer que, por acreditar numa concepção corpuscular da luz e por apresentar uma teoria que vigorou por quase um século, Newton ‘previu’ a Física Quântica e os *fótons* do século XX.

### **Comentários finais**

Atualmente, não é difícil obter informações sobre qualquer assunto. O avanço da Internet e a facilidade do acesso a bibliotecas públicas, só para citar dois exemplos, têm possibilitado que as pessoas, incluindo os professores, se informem mais. Contudo, nem sempre podemos contar com a credibilidade da informação mostrada, como vimos para o caso de Newton e suas idéias sobre a natureza e comportamento da luz.

Este trabalho mostra que a teoria de Newton não foi uma “previsão” da moderna física quântica do século XX e que, além disso, ela apresentou algumas falhas e contradições, destacando o fato de que Newton não era um ser humano perfeito e inatingível. Newton acreditava que a luz fosse um corpúsculo que emanava do corpo luminoso e que possuía algumas propriedades originais, sendo elas responsáveis por fenômenos ópticos como a refração, a reflexão e os “anéis de Newton”. Para este último, elaborou a teoria dos “estados de fácil reflexão” e “estados de fácil transmissão”.

Do ponto de vista epistemológico, podemos dizer que Newton acreditava que, com a teoria dos “estados”, estaria livre do uso de hipóteses em seus trabalhos, partindo do princípio de que eles seriam propriedades originais da luz, livres de qualquer tipo de discussão sem fundamento experimental. Contudo, observamos que a tentativa de Newton não foi bem sucedida, pois a teoria dos “estados” foi construída com base em muita especulação e divergência. Desde o início, Newton afirmou que a teoria dos “estados” não poderia ser alvo de críticas, pois os “estados” seriam propriedades da luz e isso já bastava.

Ao mesmo tempo em que a utilização de HFC no ensino exerce um papel fundamental no aprendizado de ciências, o uso freqüente dessas histórias distorcidas sobre descobertas científicas se faz presente na nossa cultura e, portanto, nas aulas de ciências. Assim, é imprescindível, além da preocupação dos educadores sobre a inclusão de elementos de HFC no ensino, uma maior atenção com aqueles mitos que já fazem parte da sala de aula e que acabam por passar aos alunos uma visão completamente errônea sobre o desenvolvimento científico.

### **Bibliografia**

ALLCHIN, Douglas. Pseudohistory and Pseudoscience. *Science & Education* **13**: 179-195, 2004.

---

<sup>42</sup> Sobre essas propriedades da luz, veja MARTINS & SILVA 2001.

- HALL, A. Rupert. *All was light: an introduction to Newton's "Opticks"*. Oxford: Clarendon Press, 1993.
- MARTINS, Roberto de Andrade & SILVA, Cibelle Celestino. Newton and colour: the complex interplay of theory and experiment. *Science & Education* **10 (3)**: 287-305, 2001.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Como não escrever sobre História da Física – um manifesto historiográfico. *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23 (1)**: 113-129, 2001.
- MATTHEWS, M.R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Cadeno Catarinense de Ensino de Física* **12 (3)**: 164-214, 1995.
- McGUIRRE, J. E. e TAMNY, Martin (eds.). *Certain philosophical questions: Newton's Trinity notebook*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- NEWTON, Isaac. [Discourse of observations]. In: COHEN, I. Bernard & SCHOFIELD, R. E. (eds.). *Isaac Newton's papers & letters on natural philosophy*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978. Pp. 202-235.
- NEWTON, Isaac. A Hipótese da Luz. In: COHEN, I. Bernard & WESTFALL, Richard S. (eds.) *Isaac Newton: textos, antecedentes, comentários*. Rio de Janeiro: EdUERJ – Contraponto, 2002.
- NEWTON, Isaac. *Óptica*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1996.
- SABRA, A. I. *Theories of light from Descartes to Newton*. London: Cambridge University Press, 1981.
- SHAPRIO, Alan E. *Fits, passions and paroxysms*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- SILVA, Cibelle Celestino & MARTINS, Roberto de Andrade. A “Nova Teoria sobre Luz e Cores” de Isaac Newton: uma tradução comentada. *Revista Brasileira de Ensino de Física* **18 (4)**: 313-327, 1996.
- SILVA, Cibelle Celestino & MARTINS, Roberto de Andrade. A teoria das cores de Newton e as críticas de Hooke. *Atas do V Encontro de pesquisadores em Ensino de Física*. Belo Horizonte: UFMG/CECIMIG/FAE, 1997.
- SILVA, Cibelle. C. *A teoria das cores de Newton: um estudo crítico do Livro I do Opticks*. Dissertação (mestrado), Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Física “Gleb Wataghin”, 1996.
- WESTFALL, Richard S. *Never at rest, a biography of Isaac Newton*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.
- WHITTAKER, E. A history of the theories of aether and electricity – the classical theories. *History of modern physics, 1800-1950*, Volume 7, 1983.