

# A ÓPTICA NEWTONIANA NO SÉCULO XVIII: O QUE PODEMOS APRENDER COM ESSE EPISÓDIO?

## NEWTONIAN OPTICS IN EIGHTEENTH CENTURY: WHAT CAN WE LEARN FROM THIS EPISODE?

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

<sup>1</sup>Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências/Universidade de São Paulo, brenoam@if.usp.br

<sup>2</sup>Instituto de Física de São Carlos/Universidade de São Paulo, cibelle@ifsc.usp.br

### Resumo

Apesar da dificuldade em abordar a Natureza da Ciência em sala de aula, há um entendimento geral da necessidade de incorporar nos currículos noções sobre como ocorre a construção do conhecimento científico. Estudando a história da elaboração e desenvolvimento e do processo de aceitação de teorias científicas podem ajudar os professores a incluir discussões sobre a Natureza da Ciência no ensino de Ciências. Este trabalho apresenta uma análise da aceitação e propagação das teorias sobre luz e cores de Newton ao longo do século XVIII. Ao contrário do que geralmente se acredita, sua teoria passou por períodos muito distintos ao longo desse século, sendo um dos episódios mais interessantes e desconhecidos da História da Ciência.

**Palavras-chave:** Newton, óptica, século XVIII, natureza da ciência.

### Abstract

Despite the difficulty of precisely describing the Nature of Science, there is agreement on the necessity of incorporating into curricula notions of how the scientific enterprise operates. Studying the history of conceptual development and the process of acceptance of scientific ideas by the scientific community may help teachers to incorporate discussions on the Nature of Science in science teaching. This paper presents an analysis of the acceptance and popularization of Newton's theories of light and colours on the first decades of 18<sup>th</sup> century. Differently of what is usually claimed, his theory passed through very distinctly phases throughout this century, being one of the most interesting and unknown episodes of History of Science.

**Keywords:** Newton, optics, 18<sup>th</sup> century, nature of science.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, pesquisas com estudantes e professores de nível médio têm mostrado que, em geral, eles apresentam interpretações simplistas sobre a natureza da ciência, como a forte visão indutivista, a desconsideração do papel da criatividade e da imaginação na produção do conhecimento científico, a falta de compreensão das diferenças entre fato e evidência, observação e experimentação, entre outras (Zimmermann, 1998; Dawkins & Dickerson, 2003; Liu & Lederman, 2003).

Há um crescente consenso entre pesquisadores e educadores de que a aprendizagem da ciência deve ser acompanhada por uma aprendizagem *sobre* a ciência (Gil, 1992; Bevilacqua & Giannetto, 1996; Matthews, 1994). A análise sobre a ciência inclui elementos como sua relação com a cultura e a sociedade, o caráter mutável das idéias científicas, a humanização dos cientistas, entre outros. Esses aspectos fazem parte do que os filósofos e epistemólogos chamam de Natureza da Ciência (NOS, do inglês *Nature of Science*).

A NOS é um conjunto de conhecimentos sobre a ciência que tratam de seus métodos, objetivos, limitações, influência etc, sendo sua inclusão no ensino de ciências uma das metas atuais da educação (Matthews, 1994; Brasil, 2002). Nesse sentido, o estudo de episódios particulares da história da ciência pode fornecer subsídios para a discussão de aspectos da NOS em sala de aula, uma vez que oferece uma visão mais ampla e detalhada de fatos históricos.

A aceitação e propagação na Grã-Bretanha do século XVIII das teorias sobre luz e cores presentes no *Óptica* de Isaac Newton (1643-1727) é um episódio da história da ciência que pode contribuir para a discussão de aspectos da natureza da ciência em sala de aula. Geralmente, há uma visão inadequada de que as teorias ópticas Newtonianas – que eram baseadas implicitamente numa concepção corpuscular para a luz – permaneceram superiores em relação a outras teorias (por exemplo, a vibracional), sendo rejeitadas somente nas primeiras décadas do século XIX.

Contudo, uma análise detalhada desse processo mostra que a óptica corpuscular Newtoniana passou por dois períodos distintos no século XVIII. Nas primeiras décadas deste século, as teorias de Newton não foram reproduzidas e seguidas completamente em suas formas originais, mas reformuladas e incorporadas em um modelo dinâmico para a óptica, baseado em conceitos que não foram discutidos abertamente por Newton, como a materialidade da luz e sua interação com os outros corpos através de forças agindo a uma determinada distância. A situação só mudou a partir da metade do século XVIII, quando outras teorias para a luz começaram a ser aperfeiçoadas e os problemas desse modelo dinâmico tornaram-se evidentes e sem solução satisfatória.

Neste trabalho, pretendemos ilustrar como esse episódio da história da ciência revela que a construção do conhecimento científico não é simples e linear como geralmente se acredita, possibilitando a compreensão de diversas características relevantes da Natureza da Ciência.

## HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E A PRÁTICA DOS PROFESSORES

A necessidade de professores terem uma noção adequada sobre a ciência é fruto de pesquisas realizadas nas últimas décadas (Robinson, 1965; Abimbola, 1983; Hodson, 1985; Matthews, 1994). Estas pesquisas avaliam a visão de ciência de professores na ativa ou em fase final de formação (Aguirre *et al*, 1990; Lederman, 1992) e também como essas visões influenciam suas atividades em sala de aula de forma explícita ou implícita (Abd-El-Khalick *et al*, 1998).

Essas pesquisas mostram que os professores crêm frequentemente em um modelo indutivista da pesquisa científica, ou seja, aquele que estabelece que o conhecimento sobre o mundo deve ser assimilado somente a partir da experimentação, apesar deste ter sido rejeitado por filósofos e educadores da área científica (e.g. Hodson, 1985; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). Muitos professores tentam mostrar como se obtém uma teoria através de observação e experimentos ou como se pode *provar* uma teoria – apesar da impossibilidade filosófica de ambas as tentativas (Martins & Silva, 2001).

Portanto, se pretendemos formar professores capazes de discutir não só a Ciência, mas também *sobre* ela, e, conseqüentemente, se almejamos um aluno consciente do mundo em que vive e apto a compreendê-lo, é necessário que outras abordagens sejam realizadas tanto na formação de professores quanto em sala de aula. O estudo da Natureza da Ciência (NOS) pode facilitar essa mudança.

## A NATUREZA DA CIÊNCIA (NOS)

Ao longo dos anos, a expressão “Natureza da Ciência” teve diferentes significados, sendo equivalente a “método científico” no início do século XX até as concepções mais refinadas das últimas décadas. Isso mostra que, entre historiadores e filósofos da ciência, cientistas e educadores nunca houve um acordo completo sobre o que é quais as características principais da NOS (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000).

Alguns pontos importantes sobre a NOS ainda são temas de grande discussão por parte de alguns pesquisadores, como por exemplo, a influência de fatores sociais e históricos na construção do conhecimento científico. Grande parte considera que esses fatores desempenham um importante papel na ciência, contudo, há um desacordo sobre sua origem e importância. Além disso, há a questão da veracidade ou falsidade das teorias científicas serem determinadas pelas características do mundo, independentemente dos cientistas. Alguns advogam que o mundo é quem determina o valor de uma teoria científica, enquanto outros afirmam que a natureza é determinada pelas avaliações subjetivas dos cientistas (Eflin *et al*, 1999).

Apesar disso, há algumas visões de consenso, como as apontadas por McComas & Almazroa (1998):

- O conhecimento científico enquanto durável, tem um caráter provisório;
- O conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não totalmente, na observação, em evidências experimentais, em argumentos racionais e no ceticismo;
- Não existe um método único de se fazer ciência;
- A ciência é uma, de muitas, tentativas de explicar os fenômenos naturais;
- Muitas pessoas contribuem para o desenvolvimento de teoria científicas;
- Cientistas são criativos;
- A ciência é parte de tradições culturais e sociais.

Os acordos e desacordos sobre o que Natureza da Ciência significa evidenciam a complexidade do assunto. Porém, eles também mostram as inúmeras possibilidades de discussão sobre a ciência, destacando o fato de que nenhum conhecimento sobre o mundo é consensual.

A História e Filosofia da Ciência é um dos caminhos para introduzir discussões sobre a NOS em sala de aula. O estudo de fatos históricos pode oferecer uma ampla discussão sobre o processo de construção e divulgação de determinadas teorias científicas, suas influências sobre a sociedade da época e a sua eventual rejeição, o que mostra que a Natureza da Ciência não é simples e tampouco de fácil entendimento, mas rica em detalhes e extremamente fascinante aos olhos de quem a vê.

## A ÓPTICA NEWTONIANA NO INÍCIO DO SÉCULO XVIII

O livro *Óptica* de Newton, publicado pela primeira vez em 1704, exerceu grande influência sobre os estudos de óptica desenvolvidos no início do século XVIII na Grã-Bretanha. O Livro I e as *Questões* do Livro III foram as partes do *Óptica* que mais chamaram a atenção dos cientistas desse período.

O Livro I apresentou uma descrição detalhada de diversos experimentos projetados para demonstrar a heterogeneidade da luz branca, reforçando o caráter indutivista da construção do conhecimento científico. Muitos pensadores do período estavam convictos de que a Ciência deveria estar fundamentada no empirismo, ou seja, na descoberta e explicação do maior número de dados experimentais (Cohen, 1966), o que se evidencia pelo crescente uso do termo “filosofia experimental” para discutir áreas como eletricidade, magnetismo e óptica nesse período (Gascoigne, 2003). Sendo assim, o Livro I trouxe uma vasta discussão de experimentos e das propriedades dos fenômenos naturais a partir deles demonstradas.

As *Questões*, por sua vez, apresentaram argumentos conceituais sobre a materialidade da luz e sua interação com os outros corpos através de forças, sendo importantes para que os newtonianos do século XVIII fundamentassem a relação entre a dinâmica de partículas de Newton e suas teorias sobre luz e cores. Para a maioria dos adeptos da concepção corpuscular da luz, a óptica deveria também se inserir no sistema newtoniano de interação entre os corpos apresentado em seu primeiro livro, o *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687), mais conhecido como *Principia*.

Tudo isso levou a um processo de transformação das teorias newtonianas, fazendo com que os seguidores de Newton elaborassem diversas teorias sobre luz e cores, baseadas na materialidade da luz e na sua interação com os corpos através de forças, tendo o indutivismo como fundamento ideológico. A intenção desses cientistas era elaborar uma base coerente e bem fundamentada da concepção corpuscular, através de um modelo dinâmico para explicar os diversos fenômenos ópticos conhecidos na época.

Um dos aspectos mais interessantes desse processo foi que muitos autores relacionaram aspectos da concepção corpuscular que Newton não desenvolveu em sua óptica. Além disso, outros conceitos Newtonianos que não podiam ser incorporados nesse modelo foram completamente ignorados ou tratados superficialmente, como a teoria dos estados de fácil transmissão e fácil reflexão da luz, descrita no Livro II do *Óptica*.

O conceito de estados da luz foi elaborado para explicar a formação de anéis de cores em filmes finos, os famosos “anéis de Newton”. Contudo, os estados faziam parte de um projeto maior de Newton. Sua intenção era desenvolver um modelo explicativo único para tratar tanto o fenômeno dos “anéis de Newton” quanto outros, como a refração e a reflexão.

Para Newton os estados eram propriedades originais dos raios de luz, sendo sua existência comprovada pelos experimentos com os anéis de cores em filmes finos. Segundo ele, isso por si só dispensaria um tratamento mais detalhado de suas origens e causas, não sendo uma das prioridades do *Óptica* (Sabra, 1981). No entanto, ainda que os estados da luz fossem fundamentais para a óptica newtoniana, eles não foram integrados ao modelo dinâmico para a luz.

Isso mostra que, embora a influência da óptica newtoniana nos estudos sobre luz e cores do início do século XVIII seja clara, muitos de seus aspectos relevantes já não eram mais tratados, nem lembrados, poucas décadas depois. O desejo em formar um corpo de conhecimento sobre os fenômenos ópticos baseados em pressupostos como a materialidade da luz e a sua interação com os corpos através de forças fez que com importantes teorias do *Óptica* fossem ignoradas e fenômenos ficassem sem explicação, como os “anéis de Newton” (Cantor, 1983).

Veremos que os seguidores de Newton consideravam esses pressupostos como verdades absolutas e simples de serem verificadas.

## UM MODELO DINÂMICO PARA A ÓPTICA

Um dos primeiros trabalhos posteriores ao *Óptica* a discutir a óptica newtoniana a partir da relação entre dinâmica de partículas e fenômenos ópticos foi o segundo volume do *Lexicon Technicum* de John Harris (1666-1719), publicado originalmente em 1710. Nesse dicionário científico, Harris explorou no verbete *Light* a variedade de argumentos a favor da materialidade da luz descritas nas *Questões do Óptica*.

Contudo, a invés de explorar o caráter hipotético das descrições de Newton, Harris transformou o que era questão em afirmação.

Portanto, os raios de luz são **certamente pequenas partículas**, realmente emitidas do corpo luminoso e refratadas por **alguma atração**, pela qual a luz e o corpo sobre o qual ela cai agem mutuamente um no outro, pois tais partículas ou corpúsculos serão transmitidos através de meios uniformes em linhas retas, sem qualquer inflexão, como os raios de luz fazem. (Harris, 1723, verb. Light, s.p.<sup>1</sup>, grifo nosso)

No *Óptica*, Newton não defendeu abertamente a materialidade da luz e apresentou poucas discussões sobre a ação de forças sobre os raios de luz. As palavras de Harris demonstram, por um lado, a aceitação das idéias de Newton, e por outro, a evidente transformação e modificação de suas teorias. Essa característica das descrições de Harris está presente em muitos trabalhos de seguidores das teorias newtonianas do período.

Outra obra a explorar um modelo dinâmico para explicar os fenômenos ópticos foi o *Mathematical Elements of Natural Philosophy* (1720-1), do filósofo natural dinamarquês Wilhem Jacob ‘sGravesande (1688-1742). Seu livro contribuiu fortemente para o estabelecimento da ciência e filosofia de Newton, sendo muito lido na Grã-Bretanha do século XVIII (Cantor, 1983).

Ao contrário da maioria dos seguidores das teorias newtonianas, ‘sGravesande, assim como Newton, não discutiu em detalhes a materialidade da luz, se restringindo a afirmar que ela se trataria de algum tipo de fogo.

Quando o fogo entra nos seus olhos em linhas retas, pelo movimento que ele propaga às fibras no fundo do olho, ele excita a idéia de luz [...]. (‘sGravesande, 1726, p. 14)

Nos trechos seguintes dessa obra, ‘sGravesande elaborou o conceito de “espaço de atração”, que explicaria fenômenos como a refração. Segundo ele, entre duas superfícies de meios de densidade diferentes, haveria uma região em que o raio sofreria uma maior atração do corpo mais denso, fazendo com que ele fosse desviado de seu caminho retilíneo e sua trajetória ficasse mais próxima à normal em relação à superfície desse meio.

Para ‘sGravesande, o raio, após ser refratado pelo meio mais denso e ultrapassar o limite do “espaço de atração”, seria atraído igualmente por todos os lados, seguindo novamente uma trajetória retilínea. Nos trechos seguintes, ele detalhou esse conceito, que representou o aspecto principal de suas discussões sobre luz e cores.

Contudo, o “espaço de atração” de ‘sGravesande recai em alguns problemas básicos. Não é possível, por exemplo, explicar a partir desse conceito a reflexão, pois ele não ofereceu argumentos que mostrem como o raio estaria sujeito a uma eventual repulsão pelo corpo. Além disso, fenômenos como a reflexão e refração parciais também ficaram sem explicação. Outro problema no “espaço de atração” se refere à determinação de seus limites, o que não foi abordado por ‘sGravesande.

Assim como outros autores do período, a análise dinâmica de ‘sGravesande se resumia principalmente à explicação de fenômenos como a refração e a reflexão total a partir

---

<sup>1</sup> Não há numeração de páginas no *Lexicon*.

do conceito de força atrativa. Em outras edições do *Mathematical elements*, ele procurou explicar a reflexão a partir do conceito de força de repulsão, mas não desenvolveu completamente suas idéias (Cantor, 1983).

Robert Smith (1689-1768) em seu *A compleat system of optics* (1738) elaborou um conceito semelhante ao de ‘sGravesande, o qual denominou “espaço de atividade”. Segundo ele, o poder de um corpo se estenderia até dois planos limites, paralelos um ao outro e à superfície do corpo. Quanto um raio de luz entra no “espaço de atividade”,

[...] suas partículas serão aceleradas ou retardadas na mesma direção perpendicular, conforme o poder do meio agir a favor ou contra o curso de seus movimentos; e quando as partículas saem daquele espaço, elas prosseguirão com uma velocidade uniforme. (Smith, 1778, p. 21)

O “espaço de atividade” teria regiões tanto de repulsão, que fariam com que o raio fosse refletido, e regiões de atração, que fariam com que o raio fosse refratado ou refletido totalmente. A intensidade da atração ou repulsão dependeria da densidade refrativa do corpo.

Como vemos, Smith foi um pouco além de ‘sGravesande ao discutir regiões de repulsão que fariam com que o raio fosse refletido pelo corpo mais denso. Contudo, suas explicações apresentam problemas semelhantes ao do “espaço de atração”, por exemplo, em relação aos limites do “espaço de atividade” e também o fato de ele ter estabelecido a existência de uma região de repulsão somente no meio mais denso, não esclarecendo se haveria também uma região semelhante ao meio menos denso.

Outros cientistas conhecidos também elaboraram explicações a partir da idéia de forças entre a luz e a matéria, como Richard Helsham em seu *A course of experimental philosophy* (1739).

Essa curva dos raios, na sua passagem de um meio para outro, parece ser devida a uma força atrativa do meio mais denso agindo sobre os raios em ângulos retos à superfície, como parece ao se considerar as conseqüências de tal atração. (Helsham, 1767, p. 289)

John Rowning (1701-1771) em sua obra *A compendious system of natural philosophy*, cujos volumes foram publicados em 1734 e 1738, também explorou o tema. Seguindo a tendência do período, Rowning acreditava que a óptica seria um ramo da dinâmica de partículas de Newton. Segundo ele, haveria três classes de forças entre corpos: ação de gravitação de longa distância, ação de repulsão de curta distância e ação de coesão de curta distância. Esta última ficaria evidente pela ação de forças atrativas sobre os raios de luz. Assim como muitos seguidores de Newton, ele não conseguiu explicar a reflexão a partir desses pressupostos. (Cantor, 1983). Contudo, a classificação de Rowning representa um importante contraste com as teorias da época, visto que ele procurou estabelecer diferenças, e não fazer analogias, entre as forças.

Essa breve análise dos trabalhos de seguidores de Newton do início do século XVIII evidencia a forte tendência em estruturar um modelo dinâmico para explicar os fenômenos ópticos. Por conseqüência, esses cientistas não procuraram apresentar contribuições significativas à pesquisa em óptica do ponto de vista teórico e experimental.

A maioria das obras desses cientistas faz referência à Newton, geralmente exaltando seu método científico e suas teorias. Como exemplo, citamos o prefácio do *Mathematical elements* de ‘sGravesande, onde ele afirmou que:

[...] antes dele [Newton], os naturalistas estavam no escuro em inumeráveis coisas relacionadas à luz, e especialmente às cores. (‘sGravesande, 1726, p. ix).

Dessa forma, as obras dos seguidores de Newton buscaram, através de suas teorias, unir os conceitos de seus livros mais importantes, o *Óptica* e os *Principia*. Contudo, vimos que essa união não ficou imune a falhas.

Os argumentos e conceitos apresentados por esses cientistas são puramente especulativos, o que contraria o ideal indutivista por trás dessas discussões. A ausência de formulações matemáticas nessas explicações também é um fato problemático, uma vez que elas ficaram com um aspecto extremamente qualitativo. Ademais, os conceitos criados – “espaço de atração”, “espaço de atividade” etc – e os vários tipos de forças discutidas evidenciam a dificuldade em estabelecer uma “força óptica” única.

Contudo, isso não pareceu um problema para a sociedade científica no início do século XVIII. Esse modelo dinâmico para a óptica, juntamente com a ciência e a filosofia de Newton foram amplamente propagados na Grã-Bretanha, principalmente através de conferência de cientistas para públicos leigos e livros populares.

## A DIVULGAÇÃO DA ÓPTICA NEWTONIANA

Como vimos, a óptica estudada e adotada por muitos cientistas no início do século XVIII não foi a newtoniana original, mas um modelo dinâmico para a luz baseado nela. Esse modelo foi muito propagado ao longo do século XVIII pela Grã-Bretanha, sempre junto com a imagem e o prestígio de Newton. Um dos principais canais de divulgação dessa óptica newtoniana foram as conferências populares.

Impulsionadas pelo crescente desejo da sociedade do século XVIII em tornar o conhecimento científico acessível para todas as classes sociais (Hans, 1998), as conferências populares conseguiam mostrar abstrações e conceitos científicos de forma inteligível, principalmente pelo amplo uso de experimentos de fácil manuseio e entendimento (Turner, 2003).

Dentre essas conferências, destacamos as de John Teophilous Desaguliers (1683-1744), que ficou muito conhecido na sociedade científica da época por sua defesa da teoria newtoniana sobre luz e cores, principalmente através de suas duas maiores obras, o *Physico-Mechanical Lectures* (1717) e o *Course of experimental philosophy* (1734), ambos um conjunto de aulas sobre filosofia natural.

As conferências de Desaguliers apresentavam a filosofia natural como um conjunto de verdades sobre a natureza, ilustrando aplicações práticas da ciência, como o uso das lentes para corrigir defeitos da visão, e descrevendo a dinâmica dos fenômenos naturais, explicando, por exemplo, a refração através de forças de atração. Seus cursos eram ilustrados por diversas demonstrações de fenômenos de vários tipos, não necessitavam de conhecimento matemático e continham uma linguagem fácil e acessível para os não cientistas. (Cantor, 1983). Fenômenos cujo tratamento necessitaria de uma análise mais complicada do comportamento da luz, como a dupla refração, os “anéis de Newton” e a inflexão da luz não eram abordados.

Os cursos proferidos por Desaguliers eram freqüentados por vários tipos de pessoas, entre clérigos, artesãos, nobres, entre outros; e se tornaram um modelo para as conferências científicas do período (Hans, 1998). Vários outros cientistas do período, como Helsham e Rowning ofereceram cursos parecidos ao de Desaguliers.

No que se refere à óptica, as conferências de Desaguliers – e conseqüentemente de outros cientistas – procuraram apresentar e divulgar o modelo dinâmico para a luz, sem discussões muito detalhadas. Para defender pontos como a materialidade da luz, as conferências geralmente se apoiavam nos argumentos de Newton no *Óptica* e nos *Principia* sobre a analogia entre o comportamento da luz e das partículas de corpos materiais. Além disso, mostravam que outras teorias sobre a luz, como a vibracional, não explicavam

satisfatoriamente todos os fenômenos que a teoria corpuscular explicava (Cantor, 1983). Essas conferências não discutiram partes da óptica newtoniana que não poderiam ser incorporadas nesse modelo dinâmico para a luz, como a teoria dos estados de fácil transmissão e fácil reflexão.

Além das conferências, livros populares como o *Newton for ladies* (1742) do italiano Francesco Algarotti ajudaram no estabelecimento da óptica newtoniana na Grã-Bretanha do século XVIII. Nesse livro, Algarotti expõe a teoria newtoniana de luz e cores através de um diálogo entre um cavaleiro e uma marquesa. Dividido em seis leituras, a obra discute os diversos fenômenos ópticos de forma simples e convidativa. O livro foi um dos mais lidos na Europa no século XVIII, se tornando um importante canal para a popularização tanto da óptica quanto da filosofia newtoniana (Mazzotti, 2004).

Portanto, durante as primeiras décadas do século XVIII, a concepção corpuscular para a luz foi baseada nas *Questões* e nos experimentos do Livro I do *Óptica*, sendo tratada como parte da mecânica de Newton e colocada de uma forma didática e sistemática, destacando o caráter empiricista e indutivista da ciência newtoniana. Vários problemas e outras teorias de Newton foram ignorados.

## **ALGUNS PROBLEMAS COM A ÓPTICA NEWTONIANA**

A situação só começou a mudar a partir da década de 1750, quando a pesquisa em óptica recomeçou e os problemas com o modelo dinâmico para a óptica e com alguns aspectos das teorias newtonianas se tornaram evidentes (Cantor, 1983). Nesse período, livros e artigos de importantes defensores de outras teorias para a luz, como a vibracional, surgiram. Entre eles, destacam-se o *Nova theoria lucis et colorum* de Leonhard Euler (1707-1783), o *New experiments in electricity* de Abraham Bennet (1749-1799), *A dissertation upon the philosophy of light, heat and fire* de James Hutton (1726-1797) e *An attempt to demonstrate, that all the phaenomena in nature may be explained by two simple active principles, attraction and repulsion* de Gowin Knight (1713-1772).

Os principais problemas estavam relacionados com a massa e volume das partículas de luz, com a influência da gravitação no movimento dos raios de luz, com as explicações sobre a inflexão e com a idéia de força de curto alcance entre a luz e os corpos, conceito largamente utilizado no início do século XVIII, como vimos acima.

Além disso, havia os fenômenos que não poderiam ser explicados pelo modelo dinâmico newtoniano, como os anéis de cores em filmes finos, explicados no *Óptica* através do conceito de estados de fácil transmissão e estados de fácil reflexão. Os poucos livros que tratavam do assunto consideravam a teoria pouco clara. Contudo, não havia um consenso geral sobre uma alternativa satisfatória (Cantor, 1983).

Nesse período, teorias vibracionais para a luz começavam a ganhar força, principalmente pelo fato de explicar de forma mais clara e quantitativa fenômenos que a teoria corpuscular não explicava, como o fenômeno dos “anéis de Newton”, a polarização e a inflexão da luz. Apesar de ainda contar com poucos adeptos, o crescente número de trabalhos baseados nessa concepção, principalmente os de Thomas Young (1773-1829), William Wollaston (1766-1828) e David Brewster (1781-1868), foi um grande impulso para o posterior desenvolvimento da teoria ondulatória da luz, em que os trabalhos de Augustin Fresnel (1788-1827) tiveram um papel decisivo.

Sendo assim, ao contrário da sistematização da teoria corpuscular na primeira metade do século XVIII, que ignorou os aspectos conceitualmente problemáticos e obscuros do *Óptica*, algo muito diferente ocorreu durante o resto do século e no início do século XIX. A teoria corpuscular passou a ser ao mesmo tempo criticada e aprimorada e, por consequência, começou a se fracionar e, de certa maneira, decair. Apesar da idéia de a luz consistir em

partículas permanecer imune às críticas e mesmo ganhar força pela relação com a química, a falta de uma lei universal e satisfatória de força de curto alcance e as dificuldades para explicar os vários fenômenos ópticos de forma unificada fez com que a teoria corpuscular nesse período, passasse a ser fortemente questionada (Cantor, 1983).

A partir da década de 1830, a teoria corpuscular já não contava com muitos adeptos, sendo, aos poucos, rejeitada pela sociedade científica da época.

## **O QUE PODEMOS APRENDER COM ESSE EPISÓDIO?**

A análise histórica do processo de aceitação e posterior crítica da óptica newtoniana ao longo do século XVIII mostra que a construção do conhecimento científico e seu reconhecimento pela sociedade é influenciado por muitos fatores, como a influência do prestígio de um cientista para o estabelecimento de sua visão de mundo.

Provavelmente, se Newton não fosse tão famoso e exaltado no século XVIII, suas teorias permaneceriam num total esquecimento, como aconteceu com muitas idéias de outros cientistas, por exemplo, a concepção ondulatória para a luz de Christiaan Huygens (1629-1695), ignorada pela maioria dos cientistas no século XVIII (Hakfoort, 1995). Além disso, o reconhecimento de Newton como um grande filósofo natural contribuiu para que muitos aspectos problemáticos de suas idéias não fossem analisados criticamente.

Além disso, esse breve estudo mostra que, muitas vezes, as teorias originais dos cientistas podem não ser propagadas em sua forma literal, mas sofrerem significativas modificações e serem incorporadas em um modelo de Ciência defendido no período. Isso é evidente na tentativa dos seguidores de Newton em elaborar um modelo dinâmico para a óptica, ignorando diversas teorias newtonianas que não poderiam ser adaptadas a ele.

As críticas sofridas pela concepção corpuscular após a metade do século XVIII, por sua vez, mostra que a óptica newtoniana não ficou imune às críticas, tampouco permaneceu sempre superior em relação a outras teorias para a luz, como a vibracional.

Essas discussões podem ser incorporadas ao ensino de óptica, por exemplo. Por um lado, a análise dos fundamentos conceituais da teoria corpuscular de Newton e do modelo dinâmico para a óptica elaborado posteriormente mostra quais são seus limites de validade e como ela explicava os mais diversos fenômenos ópticos. Através disso, é possível fazer um contraponto com as concepções vigentes, ilustrando as diferenças entre as teorias do passado e do presente, porém, ressaltando o contexto científico, social e cultural de cada uma delas. Isso pode auxiliar na elaboração de atividades mais motivadoras aos alunos, por exemplo, um debate entre eles sobre as vantagens e desvantagens de teorias.

Atividades como essa deixam clara a complexidade da natureza da Ciência, destacando sua estrita relação com a sociedade, influenciando e sendo influenciada por ela em diversos de seus segmentos, dentre eles o político, social, econômico e cultural, na qual ainda se incluem alguns valores religiosos, os quais não deixam de exercer sua influência na ciência, ao contrário do que muitos têm em mente.

O conhecimento científico pode ser estruturado e consistente, porém, ao mesmo tempo sofreu em sua história modificações e alterações importantes para o seu avanço, mostrando que o conhecimento atualmente aceito não é de forma alguma definitivo, sendo as teorias aceitas atualmente passíveis de modificações, da mesma forma que teorias anteriormente aceitas também o foram. Assim, o estudo da aceitação e desenvolvimento da óptica newtoniana durante o século XVIII evidencia o caráter provisório da ciência, dando bons exemplos de que não existe conhecimento científico verdadeiro e definitivo.

Todas essas discussões possibilitam a introdução de aspectos da NOS em diversas instâncias do ensino de ciências. No processo de formação de professores, as visões inadequadas da construção do conhecimento científico podem ser confrontadas através da

criação de grupos de discussão sobre a Ciência e seu complexo funcionamento. Em sala de aula, o professor pode estimular os alunos a conhecerem melhor a atividade científica, criando espaços que possibilitem o engajamento do aluno sobre o que é e como se faz Ciência. Por exemplo, feiras científicas, estudo e debate sobre livros científicos antigos e recentes, teatro ilustrando as dificuldades enfrentadas pelos cientistas ao elaborar suas teorias e a época em que viveram etc.

Essas possibilidades de utilização da história da ciência e discussões sobre NOS no ensino de ciências são somente algumas, dentre as várias existentes. É importante salientar que a inclusão da história da ciência e da NOS não é a solução para todos os problemas da educação científica, contudo, é um ponto de partida para a formação de professores e alunos mais conscientes sobre a natureza e dinâmica do conhecimento científico.

## REFERÊNCIAS

- ABD-EL-KHALICK, Fouad., BELL, Randy L. & LEDERMAN, Normam G. The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. **Science Education**, vol. 82, n. 4, pp. 417-437, Jul 1998.
- ABD-EL-KHALICK, Fouad. & LEDERMAN, Normam G. Improving science teachers' conceptions of the nature of science: a critical review of the literature. **International Journal of Science Education**, vol. 22, n. 7, pp. 665-701, 2000.
- ABIMBOLA, O. A. The relevance of the "new" philosophy of science for the science curriculum. **School Science and Mathematics**, vol. 83, pp. 183-190, 1983.
- AGUIRRE, J. M., HAGGERTY, S. M. & LINDER, C. J. Student-teachers' conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education. **International Journal of Science Education**, vol. 12, pp. 381-390, 1990.
- BEVILACQUA, F. & GIANNETO, E. The history of physics and European physics education. **Science & Education**, vol. 5, n. 3, pp. 235-246, Jul.1996.
- BRASIL – Ministério da Educação – MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Semtec. **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002
- CANTOR, G.N. **Optics after Newton – theories of light in Britain and Ireland, 1704-1840**. Manchester: Manchester University Press, 1983.
- COHEN, I.B. **Franklin and Newton**. Cambridge, Massachusetts: The American Philosophical Society, 1966.
- DAWKINS, Karen R. & DICKERSON, Daniel L. Students' conceptions regarding scientific theories. **Proceedings of the 76<sup>th</sup> Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching**. Philadelphia, PA, USA, Mar. 2003.
- EFLIN, J. T., GLENNAN, S. & REISCH G. The Nature of Science: A Perspective from the Philosophy of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 36, n. 1, pp. 107-116, Jan. 1999.
- GASCOIGNE, J. Ideas of nature: natural philosophy. In: PORTER, R. (ed.) **The Cambridge History of Science – Volume 4 – Eighteenth century science**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 285-304.
- GIL, D. Implicaciones de la historia y la filosofía de la ciencia en la enseñanza de las Ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, vol. 10, n.1, pp. 102-104, 1992.
- 'sGRAVESANDE, W.J. **Mathematical elements of natural philosophy confirmed by experiments, or an introduction to Sir Isaac Newton's philosophy**. Trans. by J.T. Desaguliers. Vol. 2, 2nd ed. London: [s.n.], 1726.

- HAKFOORT, C. **Optics in the age of Euler – conceptions of the nature of light, 1700-1795**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- HANS, N. **New trends in education in the 18th century**. London: Routledge, 1998.
- HARRIS, J. **Lexicon Technicum; or, an universal English dictionary of arts and sciences, explaining not only the terms of art, but the arts themselves**. Vol. 2, 2nd ed. London: [s.n.], 1723.
- HODSON, D. Philosophy of science, science and science education. **Studies in Science Education**, vol. 12, pp. 25-57, 1985.
- LEDERMAN, Normam G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 29, n. 4, pp. 331-359, 1992.
- LIU, Shiang-Yao & LEDERMAN, Normam G. Taiwanese preservice teachers' conceptions of nature and the nature of science. **Proceedings of the 76<sup>th</sup> Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching**. Philadelphia, PA, USA. Mar. 2003.
- HELSHAM, R. **A course of lectures in natural philosophy**. 4th ed. London: Bryan Robinson, 1767.
- MARTINS, Roberto de Andrade & SILVA, Cibelle Celestino. Newton and color: the Complex Interplay of Theory and Experiment, **Science & Education**, vol. 10, n. 3, pp. 287-305, May 2001.
- MATTHEWS, Michael. R. **Science teaching – the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge, 1994.
- MAZZOTTI, Massimo. Newton for ladies: gentility, gender and radical culture. **British Journal for the History of Science**, vol. 37, n. 2, pp. 119-146, Jun. 2004.
- ROBINSON, J. T. Science teaching and the nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, vol. 3, pp. 37-50, 1965.
- SABRA, A.I. **Theories of light from Descartes to Newton**. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- SMITH, R. **The elementary parts of Dr. Smith's Compleat System of Opticks, selected and arranged for the use of students at the universities: to which are added in the form of notes some explanatory propositions from other authors**. Cambridge: [s.n.], 1778.
- TURNER, G.L'E. Eighteenth-century scientific instruments and their makes. *In*: PORTER, R. (ed.) **The Cambridge History of Science – Volume 4 – Eighteenth century science**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 511-535.
- ZIMMERMANN, Erika. Visões contraditórias com relação à natureza da ciência de um professor secundário de Física – Tese do Conflito. **Atas do VI Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física (EPEF)**. Florianópolis, SC. 26 a 30 de Outubro de 1998.