

Estudo sobre a formação das cores na óptica: possibilidades a partir das Fontes Documentais Históricas⁺*

*Alessandra Marques Ferreira dos Santos*¹

Escola Técnica Estadual

Osasco – SP

*Márcia Helena Alvim*¹

Universidade Federal do ABC

Santo André – SP

Resumo

Neste artigo buscaremos analisar as possibilidades didáticas promovidas pelas fontes documentais históricas para o estudo da formação das cores na óptica, através da análise dos documentos históricos, textos escritos e fontes não textuais, como: tradução comentada de fonte primária e fontes secundárias referentes ao período histórico em análise e produções não textuais, como esquemas e diagramas relacionados ao tema. Nosso principal objetivo seria investigar a contribuição da História das Ciências, com o uso de fontes históricas diversas, como forma de ampliar a compreensão dos saberes científicos e do desenvolvimento das Ciências. A pesquisa tem abordagem metodológica qualitativa, os dados foram analisados a partir do referencial teórico proposto por Bardin, a análise de conteúdo. Deste modo, iniciaremos com a discussão sobre aspectos teóricos relacionados à abordagem histórica no ensino de ciências, valorizando o potencial das fontes documentais históricas como recursos didáticos na educação científica, apresentando o contexto epistemológico de produção do texto e experiências sobre a temática “Nova Teoria sobre Luz e Cores” de Isaac Newton. Após a discussão teórica, analisamos uma implementação didática, aplicada em uma turma de alunos do segundo ano do Ensino Médio em uma escola da rede pública de ensino na cidade de Osasco, acerca da percepção sobre a aprendizagem

⁺ Study on the formation of colors in optics: possibilities from Historical Documentary Sources

* Recebido: 14 de março de 2022.

Aceito: 15 de agosto de 2022.

¹ E-mails: alessandramfsantos@gmail.com; marcia.alvim@ufabc.edu.br

promovida com o resgate da História das Ciências. Dentre os resultados obtidos destacamos que uma abordagem mais ampla sobre o tema, valorizando a historicidade dos saberes científicos pode promover uma aprendizagem relevante, crítica e reflexiva.

Palavras-chave: *História das Ciências; Fontes Documentais Históricas; Ensino de Física.*

Abstract

In this article we will seek to analyze the didactic possibilities promoted by historical documentary sources for the formation of colors study in optics, through the analysis of historical documents, written texts and non-textual sources, such as: commented translation of primary and secondary sources referring to the historical period in analysis and non-textual productions, such as schemes and diagrams related to the theme. Our main objective would be: to investigate the contribution of Science History, using different historical sources, as a way of expanding the understanding of scientific knowledge and the development of Science. The research has a qualitative methodological, the data were analyzed from the theoretical framework proposed by Bardin, content analysis. In this way, we will start with the discussion of theoretical aspects related to the historical approach in science teaching, valuing the potential of historical documentary sources as didactic resources in scientific education, presenting the epistemological context of text production and experiences on the theme "New Theory on Science". Light and Colors" by Isaac Newton. After the theoretical discussion, we analyzed a didactic implementation, applied in a group of second year students of a public High School in the city of Osasco, about the learning perception promoted by the rescue of the History of Sciences. Among the results obtained, we highlight that a broader approach to the subject valuing the historicity of scientific knowledge can promote relevant, critical and reflective learning.

Keywords: *Science History; Historical Documentary Sources; Physics Teaching.*

I. História das Ciências e Ensino de Ciências: possibilidades a partir das fontes documentais históricas

Nesta seção faremos a introdução teórica da pesquisa que tem como principal objetivo investigar a contribuição da História das Ciências, com o uso de fontes históricas diversas, como forma de ampliar a compreensão dos saberes científicos e do desenvolvimento das Ciências.

Deste modo, iniciaremos com a discussão sobre aspectos teóricos relacionados à abordagem histórica no ensino de ciências, valorizando o potencial das fontes documentais históricas como recursos didáticos na educação científica, apresentando o contexto epistemológico de produção do texto e experiências sobre a temática “Nova Teoria sobre Luz e Cores” de Isaac Newton. Após a discussão teórica, analisaremos uma implementação didática, aplicada em uma turma de alunos do segundo ano do Ensino Médio em uma escola da rede pública de ensino na cidade de Osasco, acerca da percepção sobre a aprendizagem promovida com o resgate da História das Ciências. Dentre os resultados obtidos destacamos que uma abordagem mais ampla sobre o tema, valorizando a historicidade dos saberes científicos pode promover uma aprendizagem relevante, crítica e reflexiva.

Muitas pesquisas realizadas nos últimos anos destacam as contribuições da inserção da História das Ciências no ensino de ciências, pois promoveria a compreensão das ideias científicas articuladas à discussão do contexto da produção do conhecimento (SILVA; ERROBIDART, 2019; LINHARES; QUELUZ, 2016; VITAL; GUERRA, 2016). Deste modo, a perspectiva da História das Ciências poderia enriquecer o ensino de ciências tornando seu aprendizado mais significativo para o aluno e proporcionando uma visão mais abrangente da construção das ciências, de forma contextualizada e relacionada ao cotidiano.

Neste contexto, a inserção da História das Ciências no ensino poderia auxiliar o professor na promoção de ambientes críticos de aprendizagem, de forma que o aluno seja capaz de refletir sobre o mundo em que vive e o conhecimento produzido sobre o mesmo. A partir desta perspectiva, entendemos que a reflexão histórica das ciências pode ser apresentada como alternativa que possibilitaria a formação de um espaço favorável para novas práticas didáticas, não sendo o aluno mero receptor passivo, mas, que a sala de aula seja um ambiente aberto para o diálogo e a interação entre professor-aluno-conhecimento-comunidade (HIDALGO; LORENCINI JR, 2016).

Outra possibilidade da articulação das ciências à perspectiva histórico-reflexiva, é que esta poderia se mostrar como alternativa para a melhoria do entendimento dos conteúdos a serem abordados em sala de aula. Conforme Linhares e Queluz (2016) inserir a História das Ciências nas aulas de Física propiciaria discussões acerca de diferentes aspectos históricos e sociais relacionados aos conceitos estudados, proporcionando um entendimento mais amplo e significativo sobre o tema.

Assim, ao examinarmos a história de um tema a ser trabalhado em sala de aula, pode-se compreender melhor como as ciências se desenvolveram, suas condições de produção e

impactos sócio-culturais, compreendendo o processo de construção do conhecimento, produzido ao longo do tempo, não apenas seu produto final. Ou seja, conhecer o processo de desenvolvimento das teorias, as suas limitações e controvérsias, a fim de reconstruí-las e aperfeiçoá-las; deixando claro que todo conhecimento que temos pode ser modificado, pois se trata de um processo (GOULART, 2005) e valorizando pontos de vista humanísticos interligados à representação dos fenômenos naturais (SILVA; ERROBIDART, 2019).

Paralelamente, algumas propostas curriculares brasileiras salientam que é necessário esclarecer para os alunos o caráter dinâmico e histórico das ciências, considerando-se a interpretação dos diferentes fenômenos que prosseguem ao longo da construção do conhecimento científico (PCNEM, 2000; BNCC, 2018). Desta forma, o conhecimento das ciências não deve ser encarado como um conjunto de saberes isolados e acabados, mas que permanece em constante mudança.

Conforme Solbes e Traver (1996) o trabalho didático com a História das Ciências poderia ajudar a solucionar dificuldades relacionadas ao ensino e à aprendizagem das ciências, uma vez que desempenha papéis significativos no ensino, como ao compreender as ciências como uma construção humana, coletiva e resultante do trabalho de muitos estudiosos. Assim, entendemos que relacionar as ciências à reflexão crítica histórica, com a utilização de fontes documentais históricas, poderia favorecer o aprendizado no ensino de física, mostrando as possibilidades e contribuições didáticas desta abordagem para o ensino das ciências.

A fonte documental histórica articulada ao ensino possibilita a compreensão do processo histórico de desenvolvimento das ciências e de seus conceitos, considerando o contexto social e cultural no qual ocorreu a sua criação e permitindo a inter-relação de conhecimentos (MARTINS; PEREIRA, 2018).

Para Zilberman e autoras (2004) as fontes documentais constituem-se como a matéria-prima da história, que constrói sua narrativa com base nos documentos que atestam o passado. Neste mesmo sentido, para Barros a fonte histórica “é tudo aquilo que, produzido pelo homem ou trazendo vestígio de sua interferência” (BARROS; 2012, p. 130) e fornece informações que nos permite o entendimento do passado. Assim, compreendemos que as fontes históricas podem ser documentos textuais ou quaisquer outros que proporcionem um testemunho sobre o passado, demonstrando a realidade do período a ser examinado. Bloch (2002) afirma que os documentos materiais não são os únicos a fornecerem informações relevantes sobre o passado, pois o conhecimento dos fatos humanos que ocorreram em outros tempos pode e deve ser realizado por meio de diferentes vestígios. De acordo com Bloch (2002), seria um engano presumir que para cada problema histórico convém um único tipo de documento particular para sua compreensão. Deste modo, quanto mais se pretende aprofundar a respeito da história das ciências, mais fontes históricas de natureza diversas podem ser utilizadas.

Nesta perspectiva, o que entendemos por documento histórico ou fontes documentais aproxima-se da ideia de vestígio, ou seja, uma marca que foi percebida pelos sentidos e que,

por meio deste, é possível compreender sobre o passado. Para Bloch (2002) a variedade de testemunhos históricos, que nos dão informações sobre o passado, é quase infinita; pois, tudo aquilo que o homem, fala, escreve, fabrica e toca, traz informações sobre ele.

Segundo Borges (1985), a maior parte do que ficou registrado e documentado para a posteridade é a história escrita, chegando a considerarmos como “tempos históricos”, de forma imprópria, aqueles iniciados com a invenção e difusão da escrita. A noção de que o documento histórico se limita aos “papéis velhos” de pessoas importantes apresenta-se inadequada, pois é grande a diversidade de materiais que podem ser utilizados para testemunharem o passado. Neste sentido, entendemos que as fontes históricas são múltiplas e podem ser inseridas no ensino de variadas maneiras. Para este trabalho utilizamos fontes primárias, que consideramos como toda produção realizada no período histórico em análise, não nos restringindo apenas ao material escrito-textual da época, sendo assim, valorizamos também as produções não textuais, como imagens e experimentos. Assim, neste estudo utilizamos o primeiro artigo publicado por Isaac Newton sobre a Teoria das Cores, como fonte histórica textual, e três esquemas pictográficos produzidos pelo mesmo autor, aqui denominados por fontes históricas não textuais.

Alguns estudos têm mencionado a potencialidade da utilização de fontes históricas primárias no ensino, pois: (i) possibilita a problematização de concepções inadequadas das ciências, favorecendo a percepção das ciências como construção humana; (ii) favorece o aprendizado de conceitos físicos e (iii) contribui para o envolvimento do aluno nos processos de aprendizagem, neste caso, quando metodologias educacionais são adequadas e coerentes, indicando os processos de construção das ciências (BRICCIA; CARVALHO, 2011; BOSS *et al.*, 2014). Para Oliveira e Alvim (2020), por meio da análise da potencialidade da inserção de fontes históricas no ensino, observa-se que esta abordagem promove um ensino mais crítico e reflexivo, pois, ao levar para a sala de aula reflexões históricas acerca da produção e da prática científica é possível analisar como os conhecimentos científicos foram produzidos ao longo da história, dependendo das necessidades e interesses de cada local, cultura e período histórico.

Segundo Zanotello (2011) a leitura de textos originais pode contribuir para o desenvolvimento de pontos de vista apropriados no que diz respeito a como o conhecimento é produzido, colaborando positivamente na construção de concepções não distorcidas quanto ao processo de construção do conhecimento científico. O autor acrescenta que o estilo narrativo presente nos textos originais, mostra como os pesquisadores “pensavam e trabalhavam, enfatizando aspectos conceituais e metodológicos em linguagem comum ao invés do direto emprego de linguagem matemática” (ZANOTELLO, 2011, p. 1005). Esta proposta, segundo o autor, contribui para um maior envolvimento dos alunos, permitindo a eles, muitas vezes, a

visualização de uma perspectiva diferente do tema abordado².

Deste modo, consideramos que a leitura e análise de fontes documentais históricas como recurso didático propiciam importantes possibilidades pedagógicas no Ensino das Ciências, dentre elas destacamos: o desenvolvimento de um enfoque mais complexo sobre o processo de produção do conhecimento, a compreensão da dinâmica da produção do conhecimento científico, a problematização das concepções científicas aceitas na atualidade, um maior envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem e a possibilidade de desenvolvimento de uma visão mais crítica sobre a historicidade das ciências.

Diante da perspectiva apresentada sobre as possíveis contribuições da utilização de textos originais de pesquisadores e outras fontes históricas não textuais, neste estudo foi utilizado o primeiro artigo publicado por Isaac Newton descrevendo sua concepção sobre a natureza da luz branca e das cores, impresso nas *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* em 1672, “Nova Teoria sobre Luz e Cores”³, conjuntamente a outras fontes históricas não textuais, como os esquemas pictográficos produzidos por Isaac Newton referentes ao primeiro experimento analisado e ao *experimentum crucis*, que foram acrescentados como recursos didáticos na tradução comentada para o português; o esquema do experimento da recomposição da luz branca a partir das cores produzidas pelo prisma, existente no artigo de 1672, bem como, experimentos históricos reproduzidos com a utilização de materiais adaptados e outros visualizados por meio de recursos multimídia aliados às fontes históricas, como documentário e simuladores. Assim, neste estudo selecionamos materiais que atendessem aos objetivos educacionais propostos e que oferecessem o apoio necessário ao professor/pesquisador para incluir tais fontes históricas em sala de aula.

II. “Nova Teoria sobre Luz e Cores”: contexto de produção e possibilidades didáticas como fonte documental

Esta seção apresentará a problemática envolvida no estabelecimento da teoria das cores de Isaac Newton, assim como as disputas e controvérsias intelectuais e metodológicas sobre esta temática, buscando explicitar o contexto epistemológico deste conhecimento e da produção de um dos documentos históricos utilizados neste estudo.

Muitos de nós imaginamos que Isaac Newton foi o primeiro a investigar esta área da óptica, ou seja, o estudo do processo de formação das cores. No entanto, a partir da análise de fontes documentais históricas e da historiografia sobre o tema, é possível observar que outros pesquisadores já manifestavam interesse na compreensão deste fenômeno. Da mesma forma,

² Vale ressaltar que a utilização de fontes primárias no ensino de física demanda do professor a consulta de fontes secundárias que o apoiem, além disso, se requer do professor ter certo conhecimento do período histórico a ser abordado e do cenário contextual (BATISTA; DRUMMOND, 2015).

³ SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A Nova teoria sobre luz e cores de Isaac Newton: uma tradução comentada. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.18, p. 313-27, 1996.

o experimento que demonstra a refração e a dispersão das cores, com a utilização do prisma, muitas vezes atribuído a Newton, já era conhecido antes de suas investigações.

Deste modo, é importante notar que, na época, diferentes pesquisadores investigavam o fenômeno da formação das cores com o prisma, apresentando outras explicações para os resultados obtidos, conforme veremos a seguir. As contribuições iniciais de Isaac Newton para a óptica das cores ocorreram após a publicação do seu primeiro artigo sobre a temática, o qual apresenta sua concepção sobre a natureza da luz branca e das cores, sendo esse trabalho impresso nas *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* em 1672.

O início deste texto apresenta as seguintes palavras de Isaac Newton sobre seu experimento:

[...] no começo do Ano de 1666 [...], obtive um Prisma de vidro Triangular para tentar com ele o célebre Fenômeno das Cores. Para esse fim, tendo escurecido meu quarto e feito um pequeno buraco na minha janela para deixar entrar uma quantidade conveniente de luz do Sol, coloquei meu Prisma em sua entrada para que ela [a luz] pudesse ser assim refratada para a parede oposta (NEWTON, 1672, p. 3076).

Conforme descrito por Isaac Newton, ele não foi o primeiro a observar a formação das cores produzida pela passagem da luz branca através do prisma. Segundo Silva e Martins (1996) este já era um fenômeno conhecido e discutido por alguns filósofos naturais, como: René Descartes em seu tratado *La Dioptrique* de 1637, Robert Boyle em seu livro *Experiments and considerations touching colours* datado de 1664, Francesco Maria Grimaldi em seu livro *Physico-mathesis de lumine* de 1665 e Robert Hooke em sua obra *Micrographia* publicada em 1665; e, certamente, Newton conheceu e estudou estas e outras obras existentes sobre o tema (ASSIS, 2017; RIBEIRO, 2017). Conforme Moura (2008) apresenta, os escritos de Boyle foram essenciais para os estudos de Newton, os quais ofereceram alguns direcionamentos para o estudo de diferentes fenômenos ópticos.

De acordo com Moura (2008) e Assis (2017), os primeiros registros de experimentos realizados por Isaac Newton com prismas, e suas primeiras tentativas de explicar os fenômenos ópticos produzidos, foram encontrados em suas anotações dos anos de 1664 e 1665. Anteriormente à publicação de seu primeiro artigo, Newton realizou o ensaio intitulado *Of Colours*, de 1666. Neste trabalho preliminar, as discussões estavam mais elaboradas, com a apresentação de descrições pormenorizadas de diferentes experimentos e observações do espectro colorido produzido pela passagem da luz branca através do prisma (MOURA, 2008), sendo, neste ensaio que Newton descreveu de forma sistemática suas ideias iniciais sobre óptica. Segundo Silva (1996), pode-se dizer que *Of Colours* foi a versão preliminar do artigo publicado em 1672. Vale destacar que os cadernos de anotações e o ensaio, *Questiones e Of Colours*, não foram publicados na época, e se mantiveram entre os registros pessoais de Isaac Newton e de seus herdeiros até a década de 1930 (MOURA, 2016).

Retornando ao experimento com prisma⁴ realizado por Newton, este demonstrou que quando um feixe de luz passa por um prisma e incide num anteparo, um espectro colorido e alongado é formado, com as mesmas cores do arco-íris. No artigo publicado em 1672, Newton explica como causa do fenômeno o fato de a luz branca ser uma mistura heterogênea de raios de todas as cores, sendo que o prisma simplesmente separava a luz branca em seus raios componentes, sem produzir nenhuma mudança no feixe de luz branca (NEWTON, 1672).

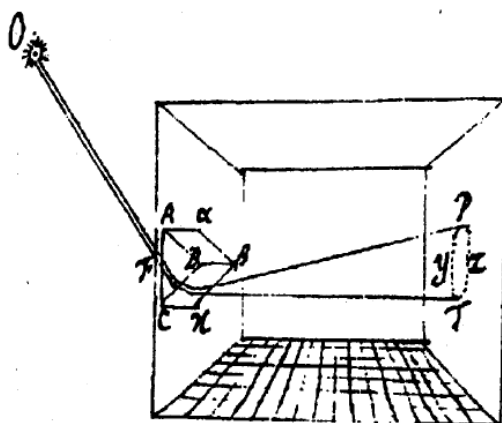


Fig. 1 – Esquema do primeiro experimento com prisma⁵.

A temática sobre a formação das cores, atualmente, é estudada nos livros didáticos do Ensino Médio, na parte de óptica da disciplina de Física. Em muitos desses materiais o experimento da decomposição da luz branca com o prisma é apresentado como a comprovação de que a luz branca é a mistura de raios coloridos. Geralmente a teoria das cores defendida por Isaac Newton é apresentada, nesse material, como algo muito simples e intuitivo; dando a impressão de que é óbvio chegar às mesmas conclusões apenas com argumentos experimentais. Os livros didáticos, muitas vezes, não apresentam uma discussão contextualizada da questão, perpetuando a noção de que a teoria da decomposição e dispersão da luz branca através do prisma era uma verdade inquestionável à época newtoniana.

Com o estudo das notas da tradução comentada do artigo publicado por Isaac Newton, é possível verificar que a aceitação da hipótese de Newton, sobre a teoria das cores, foi extremamente problemática e controversa (SILVA; MARTINS, 1996). Diversos estudiosos do período, dentre eles o padre Pardies, Hooke e Huygens (MOURA, 2008), apresentaram críticas aos seus experimentos e à sua interpretação dos resultados,

⁴ Na seção a seguir será detalhada a reprodução do experimento com materiais adaptados como atividade didática de fonte documental histórica não escrita em sala de aula.

⁵ Esquema de Isaac Newton referente ao primeiro experimento descrito no artigo de 1672, este esquema não fazia parte do artigo publicado, foi acrescentado como recurso didático em tradução comentada para o português. Fonte: SILVA; MARTINS, 1996.

principalmente em relação à afirmação de que a luz branca seria a mistura heterogênea de raios com cores e refrangibilidades diferentes. As críticas apontadas foram tanto no que tange à parte teórica quanto à experimental, pois no artigo publicado em 1672 Newton não apresentou sua teoria de forma detalhada, tampouco aprofundou sobre os importantes pormenores de seus experimentos.

De acordo com Peduzzi e Raicik (2020), as controvérsias científicas são muito relevantes na história das ciências em sua interface com o ensino, como nos casos que exemplificam o caráter coletivo e argumentativo do processo científico e demonstram serem componentes que estimulam o seu desenvolvimento. A investigação da origem e da dinâmica no desdobramento de diferentes controvérsias científicas salienta a relevância dos experimentos para a construção do conhecimento, mostrando que uma mesma experiência pode proporcionar o desenvolvimento de diferentes teorias, assim, “os próprios fatos podem ser controversos em um debate, uma vez que são delineados por seu contexto histórico” (PEDUZZI; RAICIK, 2020). Neste sentido, consideramos que a análise do experimento com o prisma, com a utilização da tradução comentada, torna possível observarmos que este experimento deu margem a diferentes interpretações e hipóteses acerca da explicação desse fenômeno óptico, favorecendo ao aluno a percepção da diversidade epistemológica daquele período.

Esta perspectiva intelectual nos mostrou que Newton, em sua explicação, precisou fazer uso de outros experimentos e de elementos teóricos para sustentar sua hipótese sobre a teoria das cores e, mesmo assim, suas afirmações não foram amplamente aceitas na época. Entendemos que esta abordagem, levando em conta informações históricas, poderia ser explorada nos livros didáticos e no ambiente escolar, deixando claras as dificuldades enfrentadas no estabelecimento da teoria de Newton e de outras teorias científicas. Esta perspectiva, que apresenta a complexidade da justificação das teorias científicas, difere daquilo comumente expresso na educação científica, no qual sua forma de apresentação leva a entender que sua hipótese inicial era uma verdade incontestável.

No artigo publicado em 1672, Newton explicou a realização de outro experimento, denominado *experimentum crucis*, que tinha por objetivo descobrir se as cores poderiam ou não serem transformadas e criadas. O aparato foi montado de forma que a luz solar fosse decomposta por um primeiro prisma. Uma lente foi colocada antes do primeiro prisma, focalizada sobre um anteparo, possibilitando a produção de um espectro fino e com cores bem definidas. Newton posicionou um outro prisma atrás do orifício existente na prancha que servia de anteparo, de tal forma que apenas uma pequena faixa do espectro pudesse passar pelo segundo prisma, de modo que a luz fosse, novamente, refratada antes de atingir a parede. Com o experimento se observou que o segundo prisma não decompôs a luz em novas cores, apenas produziu uma mancha da cor selecionada. Com este aparato experimental, Newton percebeu que o segundo prisma não produzia novas mudanças nos raios coloridos, apenas que os raios de cores diferentes eram refratados em ângulos diferentes.

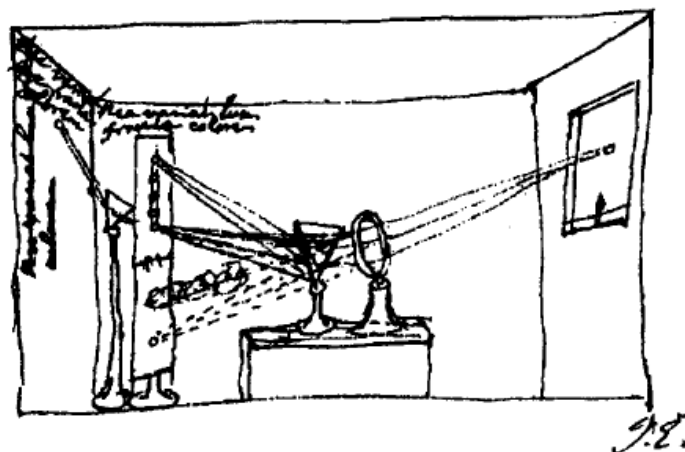


Fig. 2 – Esquema do *experimentum crucis*⁶.

Segundo Silva (1996), apesar dos dois experimentos realizados parecerem conclusivos, Newton continuou encontrando dificuldades no estabelecimento de sua teoria sobre a formação das cores.

O conceito existente à época em que o primeiro artigo de Newton foi publicado era de que o prisma produzia as cores, ou seja, a luz branca ao passar pelo prisma seria transformada em uma série de cores. No entanto, para Newton a luz branca sempre pareceu ser um tipo mais simples de luz, pois ele afirmava que o prisma apenas separava a luz branca em seus raios componentes conforme a refrangibilidade de cada um deles, sem produzir qualquer alteração na mesma. Assim, segundo Newton, os raios de uma mesma cor não poderiam ser modificados pela refração, uma vez que manteriam a mesma refrangibilidade e, conseqüentemente, a luz branca não poderia ser homogênea.

Neste sentido, Raicik e colaboradores (2018) salientam que o artigo “Nova Teoria das Cores”, de Isaac Newton, provocou muitas disputas entre seus contemporâneos. Como resultado da investigação sobre o fenômeno da formação das cores com o prisma, Newton apresentou uma teoria diferente daquelas discutidas à época, provocando reações adversas da parte de seus oponentes. No que diz respeito ao *experimentum crucis*, muitos estudiosos contestaram a autoridade atribuída a Newton, a qual apresentou problemas na sua replicação, bem como discordância na interpretação do fenômeno.

Conforme Marineli e Sasseron (2014), na ciência o comprometimento com as teorias, os métodos e os objetivos são o resultado da avaliação crítica e dos debates dentro da comunidade científica; e tudo isso envolve argumentação. Assim, no processo de construção do conhecimento a argumentação fundamenta e estrutura a prática científica. Deste modo, consideramos que uma implementação didática em sala de aula que considere os aspectos argumentativos favorece a promoção da compreensão do modo como a ciência é produzida, e

⁶ Esquema de Newton referente ao *experimentum crucis* descrito no artigo de 1672, este esquema não fazia parte do artigo publicado, foi acrescentado como recurso didático em tradução comentada para o português. Fonte: *New College Library*, MS 361/2.

facilita a apresentação dos “processos que a ciência utiliza para a construção de seus conhecimentos, inclusive alguns aspectos argumentativos que estão presentes nos textos científicos” (MARINELI; SASSERON, 2014). Entendemos que a utilização de fontes históricas, como o artigo “Nova Teoria sobre Luz e Cores” e de outras fontes não textuais, poderia demonstrar a estrutura argumentativa da narrativa de Isaac Newton, bem como esclarecer aspectos importantes da construção do conhecimento, revelando pontos de vista mais críticos e realistas da prática científica.

Nesta perspectiva, o aprofundamento histórico da questão nos mostra que contemporâneos de Newton manifestaram opiniões contrárias à sua hipótese. Robert Hooke defendia que a luz branca era um tipo simples de vibração (não periódica) e a luz colorida correspondia a modificações que o prisma provocava na luz branca ao ser refratada (SILVA; MARTINS, 1997; ASSIS, 2017; MOURA, 2008). A teoria de Hooke era capaz de explicar o fenômeno observado com os experimentos com o prisma. O autor afirmava que a luz branca solar era simples e que suas modificações, as diferentes cores, “poderiam se combinar pela compensação mútua de suas diferenças para produzir outro tipo de luz branca” (SILVA; MARTINS, 2003), o que não era incompatível com os experimentos de Newton.

A análise aprofundada do assunto demonstra que a escolha entre as teorias não poderia ser realizada apenas a partir dos experimentos realizados, visto que em todos estes a luz era refratada pelo menos uma vez, assim poderia se afirmar que o meio físico provocou mudanças no feixe de luz, que permaneceu inalterado nas refrações seguintes. Assim, os experimentos não comprovavam que as cores já estavam presentes na luz branca, ou seja, antes dela ser refratada ao menos uma vez. Inclusive, com os mesmos experimentos era possível sustentar que antes da primeira refração a luz branca era homogênea, em apoio à concepção de Robert Hooke (SILVA; MARTINS, 1997).

Entendemos que com o estudo do contexto do estabelecimento desta teoria óptica é possível verificar que os experimentos por si só não poderiam corroborar uma teoria em detrimento a outra, ou seja, a escolha entre as explicações de Isaac Newton ou de Robert Hooke. Esta constatação nos mostra a relevância da análise do contexto no qual o conhecimento é produzido, deixando clara a importância de debates e controvérsias na produção científica.

No intuito de defender sua hipótese, Newton elaborou um novo aparato experimental, combinando as cores produzidas pelo prisma com a utilização de uma lente convergente, bem como ampliou suas explicações a respeito de seu entendimento do fenômeno óptico.

Num quarto escuro Newton fez passar uma quantidade de luz solar que, após ser refratada pelo prisma, as cores produzidas passavam por uma lente objetiva de telescópio. Assim, numa distância específica e com a utilização de um anteparo de papel, é possível observar, de acordo com Isaac Newton, “[...] as cores convertidas em branco novamente por

serem misturadas.” (NEWTON, 1672, p. 3086). A luz branca composta, produzida pela convergência dos raios coloridos, era visivelmente igual à luz solar.

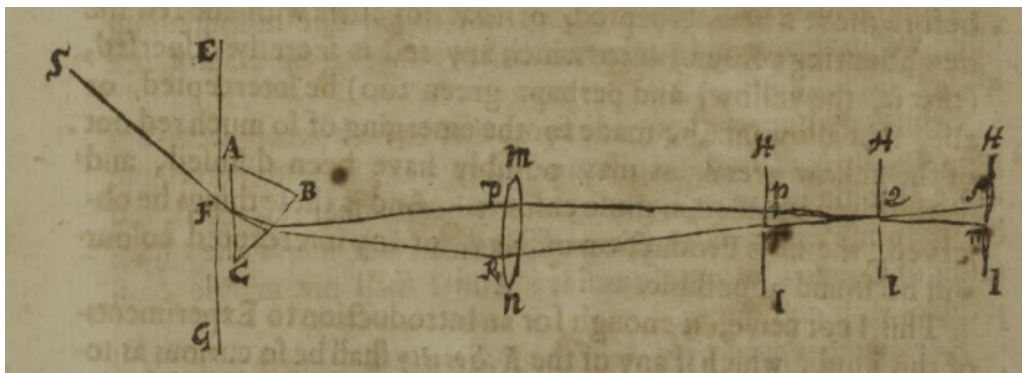


Fig. 3 – Esquema do experimento de recomposição da luz branca⁷.

Conforme Silva (1996), este experimento não conseguiu comprovar que esta luz resultante era de fato igual à luz solar. Para Newton, o branco formado no foco da lente era uma impressão visual e não, necessariamente, a mútua destruição dos raios coloridos. Logo, o branco solar também seria uma impressão visual, uma vez que não se diferenciava do branco formado pela mistura de cores. Após discussões, principalmente realizadas com Robert Hooke, Newton constatou que a decisão em relação à questão, se o prisma produzia as cores ou simplesmente as separava, deveria ser resolvida mediante argumentos epistemológicos e não apenas por meio de experimentos (RAICIK *et al.*, 2018). Este cenário, da constituição e comprovação das teorias científicas, apresenta um indiscutível valor reflexivo para a educação científica, fazendo-nos perceber como o conhecimento é produzido em meio a controvérsias, disputas, compartilhamento de informações, formulações de hipóteses – comprovadas ou não – e experimentação.

Para Newton não fazia sentido introduzir uma diferenciação entre os dois tipos de branco, o solar e o produzido pela convergência dos raios coloridos, uma vez que apresentavam as mesmas propriedades em todos os experimentos. Por isso, para afirmar que os dois brancos eram iguais fez-se uso do argumento metodológico medieval conhecido como Navalha de Occam, o qual afirmava que não se deve multiplicar as entidades desnecessariamente, devendo-se escolher a teoria mais simples, que, neste caso, era a hipótese de que os brancos são iguais (SILVA; MARTINS, 1996, 2003, 2015).

Segundo Raicik e colaboradores (2018) e Assis (2017) Newton, após a publicação do artigo de 1672, se tornou alvo de diversas discussões que fizeram com que passasse a publicar suas descobertas com certa hesitação. Foi somente em 1704 que Newton publicou uma teoria completa sobre o assunto, no livro *Opticks*. Nesta obra, Newton amadureceu as discussões em

⁷ Esquema de Newton referente ao experimento de recomposição da luz branca a partir das cores produzidas pelo prisma, apresentado no artigo de 1672. Fonte: NEWTON, 1672.

relação a sua teoria sobre as cores, e é possível observar o cuidado do autor ao apresentar uma grande variedade de experimentos para esclarecer uma mesma proposição. O resultado de seu amadurecimento, devido às críticas recebidas e à apresentação de uma diversidade de experimentos, elaborados e aperfeiçoados ao longo dos anos, possibilitaram a publicação da obra *Opticks*, que esclareceu questões que haviam ficado pendentes em seu artigo publicado em 1672.

Deste modo, consideramos que a abordagem histórica no ensino, por meio de fontes documentais históricas, apresenta-se como recurso didático relevante para uma educação voltada para um aprendizado crítico sobre as ciências. Conforme Brasil (2006), o que poderia tornar o aprendizado do aluno mais significativo e crítico seria a aquisição de uma visão mais abrangente da construção das ciências, e consideramos que uma perspectiva reflexiva da História das Ciências tornaria isso possível. Entendemos que quando inserimos a História das Ciências nas aulas de Física criamos oportunidades de realizar discussões sobre aspectos históricos e sociais que estão relacionados aos temas a serem trabalhados, dando ao aluno um ponto de vista mais significativo e amplo do assunto (LINHARES; QUELUZ, 2016) mostrando que o desenvolvimento das ciências ocorre de forma complexa e coletiva.

Neste sentido, consideramos que a Física poderia ser entendida como fazendo parte da cultura, possibilitando uma melhor compreensão do mundo em que o aluno vive (ZANETIC, 2005). Assim, sendo a Física compreendida como construção histórica, os alunos poderão perceber que não existe teoria científica dissociada de um contexto social, cultural, político e econômico (ZANETIC, 2005; BRASIL; 2006).

A aprendizagem crítica e reflexiva também pode ser percebida ao verificar que o aluno passou a ter uma visão mais humanista das ciências, por compreender os movimentos envolvidos na construção dos conhecimentos, resultado das interações sociais (OLIVEIRA, ALVIM, 2017; SANTOS, 2003; DÍAZ; JIMÉNEZ-LISO, 2012). Desta forma, proporcionamos a compreensão das ciências como atividade humana, resultado do processo de construção social (SANTOS; SCHNETZLER, 2003), por meio da contextualização sócio histórica dos conceitos estudados.

Neste sentido, tais iniciativas de implementação em sala de aula podem se mostrar importantes para a melhoria do entendimento da ciência como construção social e coletiva, proporcionando o rompimento com a ideia de que somente um experimento é capaz de embasar uma teoria, mas, ao contrário, demonstrando a importância da existência de concepções rivais que fomentam discussões, a relevância das argumentações, controvérsias e dos constructos teóricos e metodológicos que favorecem o desenvolvimento das ciências. Na seção seguinte, serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados na aplicação didática, a proposta didática com a síntese das atividades desenvolvidas, no qual foram utilizadas as fontes documentais históricas, e a análise dos dados coletados.

III. Procedimentos Metodológicos e Análise dos Resultados

Nesta pesquisa foi elaborada uma implementação didática aplicada em uma turma de alunos do segundo ano do Ensino Médio, de uma escola da rede pública de ensino na cidade de Osasco, São Paulo. A temática da implementação foi o início dos estudos de Isaac Newton sobre o processo de formação das cores na Óptica, por meio da investigação e do resgate da História das Ciências, aliada a fontes documentais históricas como recurso didático, com o objetivo de analisar se esta abordagem promoveria a discussão de forma problematizadora do tema a ser estudado. A metodologia utilizada nesta pesquisa foi a qualitativa e os dados coletados foram analisados mediante o referencial teórico proposto por Bardin, a análise de conteúdo.

Conforme Bardin (2016) a análise de conteúdo é um conjunto de instrumentos metodológicos sutis e em contínuo aperfeiçoamento, que se aplicam a discursos diversos. Neste sentido, entre as hipóteses iniciais e as interpretações concludentes, exige-se, em seus processos, a observação por um período de tempo entre o estímulo e a resposta interpretativa.

Assim, para a organização da análise desta pesquisa houve a escolha dos documentos a serem examinados e a pré-análise do questionário trabalhado com os alunos, bem como a escolha das questões a serem compreendidas. Ainda, foram observadas as falas dos alunos em diferentes momentos da implementação da sequência didática. Deste modo, os instrumentos para a análise dos dados coletados escolhidos foram aqueles que permitiam fornecer as informações sobre o problema a ser investigado de acordo com a categoria definida após a aplicação dos instrumentos de coleta de dados, no intuito de responder à questão a ser investigada: **A aprendizagem promovida com o resgate da História das Ciências.**

A proposta didática⁸ foi elaborada e aplicada a um grupo de 36 alunos, sendo 20 alunos e 16 alunas, com idade entre 16 e 17 anos, e a maioria dos estudantes participou das atividades propostas. Assim, ao longo de seis encontros com tempos variados, foi abordado o conteúdo conceitual numa perspectiva histórico-reflexiva. Na tabela 1 apresentamos um quadro com as atividades desenvolvidas ao longo da intervenção didática.

O quadro a seguir nos apresenta os recursos didáticos e os momentos (aulas) nos quais os mesmos foram implementados, destacando como recursos didáticos utilizados as fontes documentais históricas textuais, como a tradução comentada do primeiro artigo publicado por Isaac Newton, em 1672, nas *Philosophical Transactions of the Royal Society*⁹, bem como as fontes históricas não textuais, articuladas ao texto analisado, que foram os esquemas pictográficos produzidos por Newton referentes ao primeiro experimento analisado e ao *experimentum crucis*, e o esquema do experimento da recomposição da luz branca a

⁸ O material completo pode ser encontrado na dissertação de Mestrado: SANTOS, A. M. F. Abordagem histórica aliada a recursos diversificados de ensino: uma proposta didática sobre o estudo da formação das cores na óptica. 2020. 136f. Dissertação (Mestrado em Ensino e História das Ciências e da Matemática). UFABC, Santo André, 2020.

⁹ Foram disponibilizados o material impresso aos alunos, cópias da tradução do artigo para a leitura prévia.

Quadro 1 – Atividades desenvolvidas na proposta didática¹⁰.

Aula / tempo	Atividade proposta	Recursos utilizados em cada encontro
1 ^a 1h40min	Atividade de análise de texto histórico e de fontes históricas não-textuais	1. Leitura compartilhada, análise e discussão da primeira parte do primeiro artigo publicado por Isaac Newton sobre formação das cores. 2. Análise de fontes históricas não-textuais, esquema do primeiro experimento com prisma e do <i>Experimentum Crucis</i> .
2 ^a 2h30min	Atividades histórica experimental / Apresentação de documentário.	1. Atividade experimental sobre formação das cores, tentativa de obter o espectro colorido. 2. Apresentação de documentário que destaca o <i>Experimentum Crucis</i> articulada a análise de fonte histórica não-textual.
3 ^a 2h30min	Atividade de análise de texto histórico / Aula expositiva e dialogada.	1. Leitura compartilhada, análise e discussão da segunda parte do primeiro artigo publicado por Isaac Newton sobre formação das cores. 2. Problematização e verificação da hipótese da decomposição e recomposição da luz branca. Relevância da utilização de experimentos complementares e articulação epistemológica.
4 ^a 2h30min	Aula expositiva e dialogada.	1. Aprofundamento das discussões a respeito do entendimento sobre formação das cores. 2. Destaque na problemática da aceitação da hipótese de Newton, panorama histórico. 3. Contribuições realizadas por outros filósofos da época.
5 ^a 2h30min	Atividade de análise de fonte histórica não-textual / Apresentação de laboratório virtual interativo.	1. Análise de fonte histórica não-textual, esquema do experimento da recomposição da luz branca a partir das cores produzidas pelo prisma. 2. Apresentação de software interativo em laboratório virtual articulada a análise de fonte histórica não-textual.
6 ^a 1h40min	Aplicação de questionário.	1. Responder questionário com base nos conteúdos trabalhados ao longo da implementação didática.

¹⁰ Devido ao recorte temático do artigo realizamos uma simplificação do quadro de atividades que está na dissertação.

partir das cores produzidas pelo prisma, existente no artigo de 1672.

Ao longo da implementação, na 2ª aula, os alunos replicaram, com algumas adequações, o experimento da decomposição da luz com o prisma, com materiais adaptados¹¹, conforme o primeiro esquema proposto por Isaac Newton. Devido às dificuldades de obtenção de um tipo de prisma exatamente igual ao utilizado por Isaac Newton, bem como a reprodução exata das condições da sala em que o experimento foi realizado, foram utilizados prismas de acrílico e um aquário em formato de prisma com água¹², bem como foi adaptado um local na escola com pouca iluminação, na tentativa de se obter o fenômeno óptico da decomposição da luz. Neste sentido, os alunos conseguiram reproduzir um experimento similar (adaptado) ao realizado por Newton.

Também houve a exibição de um documentário¹³ que analisava a fonte histórica não textual do *Experimentum Crucis* e, finalmente, realizamos a apresentação e a verificação de software de laboratório virtual¹⁴, articulados a análise de fonte histórica não-textual referente ao experimento histórico da recomposição da luz branca a partir das cores produzidas pelo prisma, apresentado no artigo de 1672¹⁵.

Nas atividades de análise de fonte documental histórica foram esclarecidos mais detalhes a respeito do contexto histórico no qual a teoria óptica sobre as cores de Isaac Newton se desenvolveu, conforme apresentado acima. Foram destacadas as contribuições de outros filósofos naturais na articulação com o tema e as dificuldades no estabelecimento da teoria de Newton, diante de outras possíveis explicações sobre o fenômeno da formação do espectro após a passagem da luz branca através do prisma. Ainda, realizamos a discussão sobre a ocorrência de dificuldades, críticas e questionamentos no que diz respeito à realização dos experimentos apresentados na fonte histórica e as diferentes interpretações do fenômeno visualizado, conforme observações das notas e comentários da tradução do artigo.

Na atividade que discutia a concepção de Isaac Newton sobre a formação das cores foi analisada a importância da elaboração de diferentes experimentos para a comprovação de sua teoria, mostrando, assim, a dificuldade prática na comprovação da teoria óptica. Ainda, houve a verificação de como Isaac Newton teve que se valer de argumento metodológico para

¹¹ Os materiais disponibilizados foram os seguintes: prismas de acrílico, prisma d'água (aquário no formato de prisma com água), anteparos branco e preto (cartolina branca e papel color set preto), fontes de luz (lanternas), lupas (lentes convergentes), bem como toda a estrutura da sala como o quadro branco. Os alunos puderam, também, utilizar materiais próprios como lanternas dos celulares.

¹² O aquário em formato de prisma com água dentro, tem as mesmas propriedades do prisma de vidro ou de acrílico, sendo que é chamado prisma o elemento óptico transparente com superfícies retas e polidas que é capaz de refratar a luz nele incidida.

¹³ Em português, no youtube, tem o título: Prisma, Luz e Cor de Isaac Newton, primeira parte. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=yQEvp0W5HnU&t=672s>. Acesso em: 20 jan. 2022.

¹⁴ PHET Interactive Simulations - phet.colorado.edu. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/color-vision. Acesso em: 20 jan. 2022.

¹⁵ Por motivo deste ser um experimento de maior dificuldade em sua realização, uma vez que demanda a utilização de prisma e lente convergente montado num aparato específico, optou-se em demonstrar o fenômeno por meio do laboratório virtual.

defender sua hipótese. Neste momento da atividade alguns alunos se manifestaram, afirmando que pensavam que a hipótese de Newton havia sido bem reconhecida na época e que não existiam outros pesquisadores com explicações diferentes para o mesmo fenômeno. O ponto de vista dos alunos demonstrou-nos a percepção de que a teoria newtoniana seria única e havia sido comprovada sem dificuldades.

Na atividade experimental realizamos a replicação do experimento histórico sobre a formação das cores por refração e dispersão e a reprodução do experimento com materiais adaptados. Nesta atividade foi possível relacionar a fonte documental histórica analisada na aula anterior com a parte experimental dos estudos de Newton. Neste mesmo encontro houve a exibição do documentário que analisava o esquema do *Experimentum Crucis*, destacado no artigo publicado em 1672¹⁶. Na aula expositiva e dialogada foram esclarecidos mais detalhes a respeito das dificuldades no estabelecimento da teoria óptica de Isaac Newton, bem como aspectos controversos que envolveram o início dos estudos sobre o tema. Nesta aula alguns alunos comentaram que não imaginavam que, conforme as notas da tradução comentada relatavam, havia outras explicações para um mesmo fenômeno na época, achavam que a hipótese de Newton era plenamente aceita.

Aliando os recursos tecnológicos às fontes históricas, foi utilizado o Laboratório Virtual Interativo em substituição à demonstração do experimento histórico da recomposição das cores, relatado no artigo analisado nas aulas anteriores. E finalmente, houve a aplicação do questionário com base nos conteúdos trabalhados.

Para este artigo, utilizamos como instrumento de coleta de dados quatro questões, do questionário aplicado¹⁷, relacionadas às intervenções didáticas baseadas nas fontes documentais históricas, bem como trechos das falas e observações dos alunos participantes da pesquisa. Neste sentido, atendendo aos objetivos do estudo em questão, a categoria de pesquisa utilizada para análise do material coletado foi perceber: **A aprendizagem promovida com o resgate da História das Ciências**. Para este fim, foram utilizadas as respostas das questões 3, 4, 5 e 6 do Questionário aplicado, apresentadas abaixo:

3. Isaac Newton foi a primeira pessoa a observar a formação das cores utilizando um prisma? Justifique.

4. Somente um experimento foi suficiente para Newton provar sua hipótese sobre a formação das cores? Justifique sua resposta.

¹⁶ Disponível no youtube, tem o título: Prisma, Luz e Cor de Isaac Newton, primeira parte. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=yQEv0W5HnU&t=672s>. Acesso em: 20 jan. 2022.

¹⁷ Os dados analisados na dissertação foram cinco questões dissertativas do questionário aplicado. Este instrumento de coleta de dados tinha por intenção investigar as potencialidades do resgate da História das Ciências e da utilização de fontes documentais históricas e outros recursos didáticos, para a compreensão do início do estudo do processo de formação de cores na óptica, observando se esta forma de abordagem promove um aprendizado crítico e reflexivo. Também, as notas de campo elaboradas ao longo da intervenção didática, com as falas e as observações realizadas pelos alunos que participaram da pesquisa, foram utilizadas de forma complementar. SANTOS, A. M. F. Abordagem histórica aliada a recursos diversificados de ensino: uma proposta didática sobre o estudo da formação das cores na óptica. 2020. 136f. Dissertação (Mestrado em Ensino e História das Ciências e da Matemática). UFABC, Santo André.

5. Comente a respeito da importância do *Experimentum Crucis* na explicação da hipótese de Newton sobre a formação das cores.

6. A hipótese de Newton, de que a luz branca é uma mistura heterogênea de raios coloridos que possuem a propriedade de serem refratados de acordo com sua cor, foi facilmente aceita na época ou o tema gerou controvérsias? Justifique sua resposta.

O questionário aplicado em sala de aula foi elaborado de acordo com os conteúdos trabalhados e discutidos com os alunos ao longo da intervenção didática. Tendo como objetivos: observar os direcionamentos que a abordagem histórica poderia favorecer, valorizar as contribuições dos diferentes personagens no estudo de um tema, demonstrar as dificuldades no estabelecimento de uma teoria e valorizar a historicidade dos saberes científicos. O questionário foi aplicado individualmente aos alunos e de forma presencial no último encontro da implementação didática.

Assim, em relação a questão 3: Isaac Newton foi a primeira pessoa a observar a formação das cores utilizando um prisma? Justifique, observamos que em 30 das 36 respostas os alunos deram evidências de que tiveram uma aprendizagem relevante e reflexiva, pois, em suas justificativas apresentaram o entendimento de que outros pesquisadores realizaram estudos sobre a formação das cores com a utilização do prisma, não levando em conta apenas os trabalhos realizados por Isaac Newton. A seguir, destacamos algumas respostas:

*A3 Não. Houve curiosos e estudiosos que também tiveram o interesse de saber sobre as cores. Tanto que serviriam como base aos estudiosos futuros.*¹⁸

A5 Não. Várias pessoas já haviam estudado sobre esse fenômeno antes, inclusive esse era um experimento famoso, como ele próprio afirma que obteve um prisma triangular para tentar com ele o famoso experimento da formação das cores.

A10 Não, o próprio Newton informou que ele não foi o primeiro a observar as cores produzidas por um prisma.

A31 Não, Newton não foi nem o primeiro a estudar esse fenômeno já que em 1637 Descartes já havia descrito esse fenômeno, contudo Newton foi o primeiro a estudar quantitativamente esse fenômeno com um aprofundamento Geométrico e matemático.

A36 Não, antes de Newton outros pesquisadores buscaram compreender o fenômeno das cores através do prisma, no entanto, Newton foi o primeiro a fazer um estudo quantitativo, enquanto os outros desenvolveram um estudo qualitativo.

¹⁸ Nos instrumentos utilizados para a coleta de dados, com a finalidade de resguardar a identidade dos participantes da pesquisa, decidiu-se substituir o nome dos alunos pela letra A de aluno, seguida por um número em ordem crescente, desta forma os estudantes participantes da pesquisa foram identificados de A01 à A36, em ordem alfabética. Os erros de ortografia e de gramática dos alunos ao responder as perguntas do questionário não foram corrigidos.

Ao realizar estudos a respeito de algum conteúdo específico da disciplina de Física e outras áreas das ciências, na maioria das vezes, observamos que são apresentadas apenas as contribuições de uma personalidade em evidência (SOLBES; TRAVER, 1996). Tradicionalmente, em relação ao estudo do fenômeno da formação das cores por meio da refração e dispersão obtidas com a utilização do prisma, aparece em destaque o nome de Isaac Newton, em detrimento das contribuições e estudos de outros pesquisadores. Neste sentido, no trabalho com as fontes documentais históricas foi possível observar que a maior parte dos alunos se atentou à observação realizada por Newton, no início de seu texto, quando afirmou que “obteve um Prisma de vidro Triangular para tentar com ele o célebre fenômeno das Cores” (NEWTON, 1672, p. 3076) deixando claro, por ele mesmo, que não era o primeiro pesquisador a realizar o experimento e obter o espectro colorido.

Deste modo, com a análise da questão, foi possível observar que nas respostas de 30 alunos estava o entendimento de que outras pessoas manifestavam interesse sobre o estudo da formação das cores, inclusive que “serviriam de base para estudos futuros” como na resposta de A3. A resposta de A5 mostra que “Várias pessoas já haviam estudado sobre esse fenômeno antes, inclusive esse era um experimento famoso”. Alguns alunos conseguiram apresentar os nomes de pesquisadores que estudaram o fenômeno, anteriormente à publicação de Isaac Newton, como: Descartes, Hooke e Boyle; como foi possível observar nas seguintes respostas:

A14 Não, quando fez seu experimento, Newton citou que realizaria o célebre experimento de "formação das cores" René Descartes foi o primeiro a oficialmente estudar o assunto.

A30 Não, antes dele já haviam alguns estudiosos que publicaram teorias sobre a formação das cores, sendo eles: Hooke, Boyle, Descartes.

Outros alunos conseguiram demonstrar maior aprofundamento na discussão ao afirmarem que Newton realizou um estudo quantitativo sobre o fenômeno, ao passo que outros desenvolveram estudos qualitativos (SILVA; MARTINS, 1996; ASSIS, 2017), como nas respostas de A31 e A 36 descritas acima.

Desta forma, consideramos que com a análise da questão 3 e da participação dos alunos durante a execução da atividade foi possível verificar que os alunos perceberam e ou se sensibilizaram para a compreensão da produção deste conhecimento em específico como um processo coletivo, resultado do trabalho de diferentes estudiosos, e não apenas o conhecimento de um indivíduo em destaque. Esta sensibilização abriu a possibilidade para discutirmos elementos de natureza da ciência, ao percebermos o processo histórico de produção das ciências, buscando afastar-se da imagem das ciências produzidas por gênios (SOLBES; TRAVER, 1996; SILVA; ERROBIDART, 2019; LINHARES; QUELUZ, 2016; VITAL; GUERRA, 2016).

Assim, para a investigação do entendimento dos alunos a respeito da problemática acerca da aceitação da hipótese de Isaac Newton, foi analisada a questão 4: Somente um

experimento foi o suficiente para Newton provar sua hipótese sobre a formação das cores? Justifique sua resposta¹⁹. Das 36 respostas todos responderam que apenas um experimento não foi o suficiente para Newton comprovar sua teoria, conforme algumas respostas destacadas:

A7 Não, ele teve de fazer várias vezes e modificou alguns fatores para ver se o resultado final seria o mesmo, e ainda assim, precisou argumentar para que se tornasse algo válido para os que duvidavam.

A15 Não. Cada experimento revelava um dado, como também levantava questões sobre. Com questionamentos firmes de outros estudiosos a Newton, foi necessário muito mais que apenas um experimento.

A35 Não. Além da experimentação são necessários outros fatores para a aceitação de uma hipótese como, por exemplo, o embasamento teórico e argumentação.

As justificativas dos alunos nesta questão demonstram o entendimento de que a explicação de uma teoria científica exige mais do que um experimento específico, pois existem diferentes fatores a serem levados em consideração, como: a elaboração de outros experimentos para melhor explicação de uma hipótese, a fundamentação teórica e até mesmo as articulações entre estudiosos (SILVA; MARTINS, 1996).

Deste modo, a análise das respostas dos alunos nos revela que eles perceberam, na análise desse episódio histórico, que para se explicar uma hipótese é necessário mais do que a visualização do resultado de um experimento pontual. E, inclusive, compreenderam que o arranjo em específico, com um prisma, não apresentou a prova incontestável da teoria óptica de Newton, como é possível observar nas seguintes respostas:

A1 Não. Newton fez vários experimentos a partir do prisma tentando provar sua teoria sobre a formação das cores, tal como o experimento Crucis, que foi feito mais de uma vez tentando extrair o máximo de conhecimento.

A29 Não, Newton realizou vários experimentos ao longo do processo para formar a sua teoria como o experimento crucis para provar as propriedades intrínsecas das cores.

A maioria dos alunos destacou a necessidade de elaboração de experimentos complementares, para explicar outros aspectos que deveriam ser esclarecidos para comprovar que a luz branca era a mistura de raios coloridos, conforme indicado por autores sobre o tema (SILVA; MARTINS, 1996). Os alunos salientaram diversos fatores que devem ser levados

¹⁹ Antes da análise da próxima questão é importante esclarecer que na maioria dos livros didáticos é mostrado como definitivo o experimento com o prisma para a comprovação da teoria óptica de Isaac Newton. Entretanto, a visualização do fenômeno e a aceitação de sua explicação não ocorreram de forma imediata.

em consideração para a validação de uma teoria, como a necessidade do embasamento teórico, da argumentação e da articulação entre estudiosos da área.

Dando continuidade à investigação da aprendizagem promovida com o resgate da História das Ciências, conforme as respostas apresentadas pelos alunos na questão 4, consideramos a percepção dos estudantes de que apenas um experimento não foi o suficiente para Isaac Newton comprovar sua teoria, sendo realizado como complemento o *Experimentum Crucis* (NEWTON, 1672). Por isso, na questão seguinte foi perguntado aos alunos a respeito da importância desse experimento histórico.

Em relação a questão 5: Comente a respeito da importância do *Experimentum Crucis* na explicação da hipótese de Newton sobre a formação das cores, dos 36 questionários 3 alunos não responderam, o restante, 33 alunos apresentaram em suas respostas a noção de que este foi um experimento importante e fundamental para a explicação da hipótese de que o prisma apenas separava a luz branca, demonstrando, assim, que a luz solar não poderia ser homogênea, diferentemente das explicações da época para o fenômeno, conforme apresentado nas respostas:

A4 Para provar que a luz é uma mistura heterogênea ele fez outro experimento, mas desta vez ele usou dois prismas em um ele colocou sobre a luz branca, em outro (o adjacente) ele "refinou" um só feixe de luz e viu que a cor que saía do prisma era a mesma do feixe.

A7 Esse experimento foi realizado para saber se as cores obtidas na decomposição da luz solar se decompunham em outras. E nesse experimento ele viu que isso não era possível. A luz do Sol é decomposta por um prisma e se divide em várias cores, então apenas uma cor é passada por um segundo prisma, mas ela não se decompõe, e assim percebe-se que as cores obtidas não são compostas por outras cores.

Nestas respostas foi possível observar que os alunos compreenderam conceitualmente o funcionamento do experimento e a explicação de que a luz branca solar não poderia ser homogênea. Interessante notar que numa resposta o aluno destacou que esta não seria a hipótese aceita na época para a explicação do fenômeno óptico, conforme A10: “A importância que esse experimento teve foi no melhor entendimento da formação das cores e na criação de novas hipóteses sobre essa formação.” Nesta explanação, o aluno indica a compreensão da possibilidade de mais de uma explicação para um mesmo fenômeno. Pessoa Jr (1996) destaca que numa abordagem histórica é possível verificar que pode haver diferentes formas de narrar um evento, podendo, desta forma, esclarecer que as construções históricas se baseiam em perspectivas de mundo e interpretações trazendo consigo valores, crenças e orientações metodológicas do seu autor (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Com relação à aprendizagem promovida com o resgate da História das Ciências foi utilizada, ainda, a questão 6, para a verificação da compreensão dos alunos quanto às dificuldades de aceitação de uma hipótese e a existência de controvérsias nas ciências. Assim, a questão 6 expressava: A hipótese de Newton, de que a luz branca é uma mistura heterogênea

de raios coloridos que possuem a propriedade de serem refratados de acordo com sua cor, foi facilmente aceita na época ou o tema gerou controvérsias? Justifique sua resposta.

Dentre as 36 respostas, apenas 1 aluno não respondeu à questão, e o restante indicou que a hipótese de Newton não foi aceita com facilidade, pelo contrário, gerou muitas controvérsias. Das respostas dos alunos podemos destacar as seguintes, que corroboram essa afirmativa:

A6 Na época outros pesquisadores debatiam essas teorias de Newton. Isso foi causado por, dúvidas, falta de conhecimento e outros cientistas terem teorias concorrentes.

A7 Não, houve muitos controversos, e Newton teve de argumentar muito para que essa hipótese fosse aceita.

A20 Não foi bem aceita, ainda mais por outros estudiosos, para tentar convence-los de sua tese Newton não usa apenas vários experimentos, também utilizou de argumentação, como a Navalha de Occan.

A22 Gerou muita polêmica, pois a maioria dos estudiosos da época defendiam que o que modificava a cor do raio de luz na verdade era o prisma, que havia uma propriedade no prisma que alterava as cores [...].

Consideramos interessante notar que alguns alunos descreveram a respeito de outras hipóteses existentes na época para a explicação do fenômeno. A23 comenta que existia uma teoria anterior ao dizer: “Gerou bastante controvérsia, pois ele era o único que tentava refutar a teoria anterior [...]”. A25 ainda observa, “Como todo estudo científico, a hipótese de Newton também gerou controvérsias, já que haviam diversos outros estudiosos tentando provar teorias sobre o mesmo assunto [...]” mostrando que o mesmo acontece em outras áreas das ciências. A35 destaca “É natural que estudos e hipóteses controversos ao pensamento geral sejam contrariados e com o experimento de Newton não foi diferente.”. Neste sentido, outros alunos destacaram, como A7 e A20 acima citados, a importância da argumentação na explicação de uma teoria.

Com esta questão foi possível verificar a percepção dos alunos de que, no contexto da elaboração da hipótese óptica de Isaac Newton, diferentes pesquisadores discutiam sobre as explicações possíveis para o fenômeno em questão. E, que este tema altamente debatido no século XVII, gerou dúvidas e polêmicas, no qual cada um dos pesquisadores defendiam suas posições, conforme historiografia sobre a temática (ASSIS, 2017; SILVA, 1996; SILVA; MARTINS, 1996). Alguns alunos explanaram que esta não é uma característica específica do estudo das cores e, sim, que discussões, debates, refutações, críticas e controvérsias foram necessárias em todas as áreas das ciências para que se tornasse possível o seu desenvolvimento, confirmando o potencial da abordagem histórica no ensino de ciências (GOULART, 2005; MARTINS, 2006; SILVA; ERROBIDART, 2019).

Em outros momentos da implementação do estudo em sala de aula foi possível

observar indícios, nas falas e observações dos alunos, de uma aprendizagem que apresentou a importância da compreensão do processo histórico da constituição das ciências através de documentos históricos. Na primeira aula, na qual trabalhamos com o texto histórico, ao questionarmos os alunos sobre o que tinham achado da oportunidade de terem contato com um texto escrito pelo próprio Isaac Newton, um dos alunos respondeu que se sentia bem, porque “Era o contato direto com o raciocínio, com o raciocínio de Newton”. Em outra ocasião os alunos comentaram que o experimento com o prisma, apresentado nos livros didáticos, parecia muito simples, e que o artigo fornecia informações que não apareciam nos livros, mas que eram importantes.

Na segunda aula foi interessante observar a interação entre os alunos enquanto realizavam as atividades. Nesta atividade, ao mesmo tempo em que os alunos manipulavam o prisma de aquário, um deles conseguiu projetar na parede o espectro circular tão discutido no artigo de Newton sobre sua dificuldade de obtenção. Neste momento os colegas ficaram surpresos. Ao observar o feito realizado pelo colega de sala, uma aluna disse que ele era um gênio. Outra aluna repudiou essa afirmação, comentou que Newton havia conseguido realizar o experimento com dificuldades “porque não sabia algumas coisas que sabemos hoje”, demonstrando, assim, entendimento do desenvolvimento das ciências como processo, bem como dando evidência da compreensão de que o avanço científico ocorre ao longo do tempo.

Deste modo, após a análise das respostas das quatro questões apresentadas, das observações realizadas e dos estratos das falas dos alunos considerados ao longo da aplicação desta pesquisa, foi possível explorar a potencialidade da utilização da abordagem histórica na promoção de uma aprendizagem mais relevante e reflexiva sobre a produção das ciências.

Ao finalizarmos a análise da categoria - **A aprendizagem promovida com o resgate da História das Ciências** - percebemos que as questões 3 e 4 promoveram a discussão acerca da forma com a qual os conhecimentos são articulados no meio científico, apresentando o seu caráter não linear, evitando pontos de vista dogmáticos, revelando seus problemas e limitações no contexto da produção do conhecimento. A análise destas questões nos mostrou que a abordagem histórica pode possibilitar a desconstrução da imagem de gênio, tão comum em relação à produção das ciências e da prática científica no contexto escolar. Consideramos este dado pertinente, pois muitas pesquisas afirmam a relevância da História das Ciências na educação científica, justamente por permitir evidenciar a historicidade da produção do conhecimento.

Nesta perspectiva, as questões 5 e 6 nos fazem perceber o quanto a prática científica foi construída a partir da experimentação, da fundamentação teórica e da argumentação, sendo esta realizada por diferentes pesquisadores. Desta forma, promoveu discussões entre os alunos sobre como as práticas levaram às controvérsias teóricas e experimentais; permitindo revelar a existência de crises no desenvolvimento das ciências e na defesa de pontos de vista diferentes no meio científico. Neste sentido, consideramos que a abordagem histórica colabora na percepção do caráter dinâmico das ciências, mostrando que o entendimento que temos hoje

não se trata de um conjunto de conhecimentos isolados e acabados, mas que permanece em constante mudança.

Deste modo, percebemos que a leitura da tradução de um texto histórico original favoreceu o desenvolvimento de visões mais reflexivas sobre a forma como o conhecimento foi produzido. Este enfoque pôde proporcionar a construção de pontos de vista mais críticos no que diz respeito a como o cientista pensa e trabalha. Entendemos que esta implementação valorizou aspectos conceituais e metodológicos pouco explorados, ao propiciar uma visão diferente do tema estudado.

De acordo com as justificativas apresentadas pelos alunos foi possível observar a referência dada às fontes documentais históricas como recurso de ensino que contribuiu no aprendizado sobre o tema. Das ideias apresentadas pelos estudantes sobre a aprendizagem em ciências com abordagem histórica, podemos destacar: a importância de se englobar o contexto no qual a teoria foi formulada com a apresentação de outras explicações existentes na época para o fenômeno, a possibilidade do entendimento de como uma hipótese é elaborada e a que resultados puderam levar, a compreensão de como os estudiosos chegaram até a formulação das teorias, a oportunidade de nos colocar no lugar dos pesquisadores, a possibilidade de entender a linha de raciocínio dos estudiosos e as motivações que os levaram a desenvolver suas teorias.

Neste sentido, entendemos que as fontes documentais históricas constituíram um importante recurso, o qual permitiu o entendimento do processo histórico de desenvolvimento dos conceitos, levando em conta o contexto social e cultural em que foi idealizado. Desta forma, tais fontes propiciaram o entendimento da construção da narrativa histórica, facilitando a compreensão do percurso seguido pelo pesquisador na elaboração de suas teorias (MARTINS; PEREIRA, 2018; ZILBERMAN *et al.*, 2004).

Deste modo, o ensino de Física numa abordagem histórica seria um caminho promissor que oportunizaria ao aluno conhecer as bases conceituais de um conhecimento em questão através da História das Ciências, podendo promover um ambiente para a democratização do conhecimento (SILVA; ERROBIDART, 2019) e favorecendo o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo num ambiente de aprendizagem.

IV. Considerações finais

Esta pesquisa buscou discutir aspectos teóricos relacionados a História das Ciências e ao ensino de ciências, na defesa da utilização de fontes documentais históricas no ensino ao refletir sobre a historicidade dos conhecimentos científicos. Neste estudo foram apresentadas as contribuições iniciais de Isaac Newton no estudo das cores, presentes em seu primeiro artigo que apresenta sua concepção sobre a natureza da luz branca e das cores. Ao apresentar este episódio histórico, discorre sobre a problemática do estabelecimento da teoria newtoniana mediante disputas, críticas e controvérsias, demonstrando o quanto Newton teve que dispor de elementos experimentais, teóricos e argumentativos na defesa de sua teoria óptica.

Baseado nos dados coletados ao longo da aplicação da proposta, observou-se as possibilidades de direcionamentos que a abordagem histórica favorece na compreensão dos saberes científicos e do desenvolvimento das ciências. Neste sentido, a partir da categoria de pesquisa, “**A aprendizagem promovida com o resgate da História das Ciências**”, concluímos que uma abordagem mais ampla sobre o tema, valorizando a historicidade dos saberes científicos pode promover uma aprendizagem relevante – crítica e reflexiva – para o aluno.

A categoria se mostrou eficiente para o alcance de nosso objetivo, pois percebemos que a leitura e a análise do texto histórico, a tradução do artigo publicado em 1672 de Isaac Newton, aliada a fontes históricas não textuais, favoreceu o desenvolvimento de pontos de vista mais reflexivos sobre a produção do conhecimento nas ciências, propiciando uma visão mais crítica dos estudantes envolvidos no que tange ao modo com o qual o cientista desenvolve sua pesquisa. Ainda, observamos que esse tipo de implementação valoriza vertentes conceituais e metodológicas de temas científicos pouco explorados em sala de aula, favorecendo a compreensão do aspecto dinâmico e mutável, característico da produção científica, no ambiente escolar.

Referências bibliográficas

ASSIS, A. K. T. Introdução e Notas. In: NEWTON, I. **Óptica**. 1. Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2017.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Tradução: Luís Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARROS, J. **Fontes Históricas**: revisitando alguns aspectos primordiais para a Pesquisa Histórica, *Mouseion*, v. 12, p. 129-159, 2012.

BATISTA, G. L. F.; DRUMMOND, J. M. H. F.; FREITAS, D. B. Fontes primárias no ensino de física: considerações e exemplos de propostas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 663-702, dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n3p663>. Acesso em: 21 jan. 2022.

BLOCH, M. A história, os homens e o tempo. In: **Apologia da História ou o ofício de historiador**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2002. p. 51-68.

BORGES, V. P. **O que é história**. 8. ed. São Paulo: Brasiliense, Coleção Primeiros Passos, 1985.

BOSS, S. L. B. *et al.* A utilização de traduções de fontes primárias na formação inicial de professores: breves considerações sobre dificuldades de leitura e entendimento. In: GATTI, S. R. T; NARDI, R. (Org.). **A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. A pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica**. 1. ed. São Paulo: Editora Escrituras. 2014, p. 20-38.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio. Linguagens, Códigos e suas Tecnologias**. Brasília: Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. **Secretaria da Educação Básica. Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. v. 2. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, DF: MEC, 2006.

BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Ourense, v. 10, n. 1, p. 1-22, 2011. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5505784>. Acesso em: 20 jan. 2022.

DÍAZ, N. Y.; JIMÉNEZ-LISO, M. R. Las controversias socio-científicas: temáticas e importancia para la educación científica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 9, n. 1, p. 54-70, 2012. Disponível em: <https://rodin.uca.es/handle/10498/14624>. Acesso em: 20 jan. 2022.

FORATO, T. C. M; PIETROCOLA, M; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, abr. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n1p27/18162>. Acesso em: 20 jan. 2022.

GOULART, S. M. História da Ciência: Elo da dimensão transdisciplinar no processo de formação de professores de ciências. In: LIBANEO, J. C; SANTOS, A (Orgs.). **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade**. Campinas: Alínea, 2005.

HIDALGO, M. R.; LORENCINI JR, A. Reflexões sobre a inserção da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 14, p. 19-38, out. 2016. Disponível em:

<https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/26106>. Acesso em: 19 jan. 2022.

LINHARES, M. L. C.; QUELUZ, G. L. O Estudo da Termodinâmica em Sala de Aula: Uma Perspectiva Crítica a Partir da História da Ciência. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 13, p. 1-14, abr. 2016. Disponível em:

<https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/view/24368>. Acesso em: 21 jan. 2022.

MARINELI, F.; SASSERON, L. H. A estrutura argumentativa e as características dos argumentos no texto que aborda a “nova teoria sobre luz e cores” de Isaac Newton. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 16, n. 2, p. 107-124, maio-ago 2014. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1983-21172014000200107&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 20 jan. 2022.

MARTINS, E. B.; PEREIRA, A. C. C. Uma primeira descrição da obra: rabdologiae, seu numerationis per virgula ... de 1617. **Boletim Cearense de Educação e História da Matemática**. Fortaleza, v. 5, n. 14, p. 154-166, 2018. Disponível em:

<https://revistas.uece.br/index.php/BOCEHM/article/view/246>. Acesso em: 21 jan. 2022.

MARTINS, R. A. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 21-34.

MOURA, B. A. **A aceitação da óptica newtoniana no século XVIII**: subsídios para discutir a natureza da ciência no ensino. 2008. 205 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOURA, B. A. Newton versus Huygens: como (não) ocorreu a disputa entre suas teorias para a luz. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 111-141, abr. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n1p111/31584>. Acesso em: 19 jan. 2022.

NEWTON, I. A letter of Mr. Isaac Newton, professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his new theory about light and colors, sent by the author to the publisher from Cambridge, Febr. 6. 1671/72; in order to be communicated to the Royal Society (80): 3075-87, 1672. In: SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. **A Nova teoria sobre luz e cores de Isaac Newton**: uma tradução comentada. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 18, p. 313-27, 1996.

NEWTON, I. **Óptica**. Tradução: André K. Assis. **Óptica**. 1. Ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2017.

OLIVEIRA, R. R.; ALVIM, M. H. Elos possíveis entre a História das Ciências e a educação CTS. **Khronos, Revista de História da Ciência**, n. 4, p. 1-14, 2017. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/khronos/article/view/131155/133450>. Acesso em: 21 jan. 2022.

OLIVEIRA, Z.; ALVIM, M. H. História das Ciências e da Matemática, Educação Problematizadora e Epistemologias do Sul: para se pensar um ensino de ciências e de matemática. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 3, n. 2, set. 2020. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rbecm/article/view/10669>. Acesso em: 21 jan. 2022.

PEDUZZI, L. O. Q.; RAICIK, A. C. Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, p. 19-55, ago. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n2p19>. Acesso em: 21 jan. 2022.

PESSOA JR; O. Quando a Abordagem Histórica deve ser usada no Ensino de Ciências? **Ciência & Ensino**, v. 1, p. 4-6, out. 1996.

RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q.; ANGOTTI, J. A. P. A estrutura conceitual e epistemológica de uma controvérsia científica: implicações para o ensino de ciências. **Experiências em ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 42-62, 2018.

RIBEIRO, J. L. P. “Sobre as cores” de Isaac Newton: uma tradução comentada. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 4, p.1-18, jun. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/MYdSxdHfrhbs58Hkqp4rLyL/?lang=pt>. Acesso em: 21 jan. 2022.

SANTOS, A. M. F. **Abordagem histórica aliada a recursos diversificados de ensino: uma proposta didática sobre o estudo da formação das cores na óptica**. 2020. 136f. Dissertação (Mestrado em Ensino e História das Ciências e da Matemática) - UFABC, Santo André.

SANTOS, S. E. La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 3, p. 399-415, 2003. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_3_11.pdf. Acesso em: 24 jan. 2022.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2003.

SILVA, C. C. **A teoria das cores de Newton**: um estudo crítico do Livro I do Opticks. 1996. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A Nova teoria sobre luz e cores de Isaac Newton: uma tradução comentada. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 18, p. 313-27, 1996.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. As pesquisas de Newton sobre a luz: uma visão histórica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. 4202-1-4202-32, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/JY8NCgHBqbPp3XDBxwgJMSt/?lang=pt>. Acesso em: 20 jan. 2022.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A teoria das cores de Newton e as críticas de Hooke. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 8, 1996, Águas de Lindóia. **Atas [...]**. Belo Horizonte: Imprensa Universitária da UFMG, 1997. p. 230-37.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.

SILVA, G. R.; ERROBIDART, N. C. G. Termodinâmica e Revolução industrial: Uma abordagem por meio da História Cultural da Ciência. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 19, p. 71-97, jul. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/337096159_Termodinamica_e_Revolucao_industria_l_Uma_abordagem_por_meio_da_Historia_Cultural_da_Ciencia. Acesso em: 20 jan. 2022.

SOLBES, J.; TRAVER, M. J. La Utilización de la Historia de las Ciencias en La Enseñanza de la Física y la Química. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 1, p. 103-112, 1996. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21438>. Acesso em: 18 jan. 2022.

VITAL, A.; GUERRA, A. Textos para ensinar física: princípios historiográficos observados na inserção da história da ciência no ensino. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 22, n. 2, p. 351-370, abr. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/j9RFSCqFbrgFpqqgCm7wtHw/?lang=pt>. Acesso em: 20 jan. 2022.

ZANETIC, J. **Física é cultura**. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 57, n. 3, p. 21-24, 2005.

ZANOTELLO, M. Leitura de textos originais de cientistas por estudantes do ensino superior. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 04, p. 987-1013, 2011. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132011000400014&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 21 jan. 2022.

ZILBERMAN, R. *et al.* **As pedras e o arco**: fontes primárias, teoria e história da literatura. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2004. p. 199-276.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#).