

UMA APLICAÇÃO PEDAGÓGICA PARA A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO A PARTIR DA REFRAÇÃO DA LUZ

A pedagogical application for construction of scientific knowledge from the refraction of light

Fernando Augusto Silva (fernando.augusto@ifmt.edu.br)

*IFMT – Campus Avançado Guarantã do Norte
Linha Páscoa, Km 04, Lote 471, Zona Rural - CEP: 78520-000*

Aline Sanches Perez (aline.perez@usp.br)

*Instituto de Física de São Carlos – USP - Avenida Trabalhador São-carlense, nº 400
Parque Arnold Schmidt, São Carlos -SP – CEP: 13566-590*

Recebido em: 12/08/2023

Aceito em: 07/12/2023

Resumo

A aplicação de contextos da História da Ciência (HC) no desenvolvimento de conteúdos da Física no Ensino Médio tem apresentado grandes contribuições no ensino-aprendizagem. Pois, a incorporação da HC em aulas de Física pode motivar os estudantes, humanizar a matéria e atribuir à um conceito ou lei, um processo de construção, muitas vezes longo, o que por sua vez pode ampliar a visão do fazer científico realista. Nesta prática pedagógica visamos aplicar contextos históricos acerca do fenômeno da refração da luz, que, passou por mudanças ao longo do tempo, e apesar disso o conteúdo é frequentemente oferecido nas salas de aula, como uma trivialidade da natureza que foi matematizada, descartando grande parte do processo de construção. Combinado à HC aplicamos uma sequência de aulas que pretende também estender esta visão mais ampla da construção da Ciência para outros conteúdos. Após a aplicação desta proposta, os alunos demonstraram identificar corretamente conceitos de óptica, no entanto o caráter simplista do fazer científico, não foi completamente superado. O que demonstra que para uma mudança profunda dos paradigmas do fazer científico são necessárias mais interações com uma visão realista da ciência, embora os conceitos teóricos tenham sido incorporados.

Palavras-chave: Refração; História das Ciências; Aplicação pedagógica.

Abstract

The application of History of Science (HC) contexts in the development of Physics content in High School has made great contributions in teaching-learning. Therefore, the incorporation of HC in Physics classes can motivate students, humanize the subject and attribute to a concept or law, a construction process, often long, which in turn can broaden the vision of realistic scientific work. In this pedagogical practice, we aim to apply historical contexts about the phenomenon of light refraction, which has undergone changes over time, and despite this, the content is often offered in classrooms, as a triviality of nature that was mathematized, discarding much of it. of the construction process. Combined with the HC, we apply a sequence of classes that also intends to extend this broader view of the construction of Science to other contents. After applying this proposal, the students demonstrated that they correctly identified optical concepts, however the simplistic nature of scientific practice was not completely overcome. This demonstrates that for a profound change in the paradigms of scientific practice, more interactions with a realistic view of science are necessary, although theoretical concepts have been incorporated.

Keywords: Refraction; History of Science; Pedagogical application.

1. Introdução

Ampliar a variedade de práticas e metodologias em sala de aula contribui para efetivar e concretizar propostas relativamente teóricas numa busca por uma Física menos conteudista e formal, para algo mais dinâmico, que dialogue com as realidades que interpelam a escola e mais comumente o cotidiano dos alunos. Mesmo quando não aprofundado, indicar alguns dos processos de construção de um conceito pode aproximar a Ciência e o aluno (Forato, 2011). E, ao mesmo tempo, diminui a imagem de uma área de conhecimento complexa, incompreensível e inatingível e que, muitas vezes são justificadas apenas devido a sua presença nos vestibulares. Adicionalmente, sabemos que o conhecimento, de modo geral, deve ser muito mais amplo e com contribuições para certa visão de mundo, para sua formação cidadã, ética e com autonomia intelectual, e não apenas no vestibular (Martins, 2007). Neste sentido, acreditamos que trabalhar com aspectos que envolvam a História da Física podem contribuir para esta visão mais geral. A proposta didática que será aqui apresentada busca inserir aspectos da HC sobre concepções da luz para a compreensão do fenômeno da refração no âmbito da óptica, discutindo, também, o caráter provisório e as bases para a construção de fundamentações teóricas.

2. Importância da História das Ciências no Ensino de Física

O ensino de ciências com base em aspectos da história das ciências é uma das vias metodológicas indicadas por documentos oficiais desde 1998, inclusive na Base Nacional Comum Curricular de Ciências da Natureza do Ensino Médio (Brasil, 2018). Essa defesa pela implementação de História das Ciências nas aulas tem como motivações gerais a possibilidade de discutir sobre a natureza da ciência e mostrá-la como uma construção humana, tendo a possibilidade de trazer mais criticidade e reflexividade, e apresentar uma ciência que possui seus avanços e percalços.

Por exemplo, explicações essencialmente qualitativas de fenômenos Físicos costumam ser menos valorizadas em sala de aula. Pesquisadores como Bagdonas; Zanetic & Gurgel (2018), entre outros, salientam que a reflexão e a forma como a ciência em seu processo de criação são apresentadas, pode contribuir para uma construção mais realista do fazer científico, o que poderia desconstruir a ideia do cientista genial e da ciência caricata¹.

Ainda na década de 1960, Thomas Kuhn (1922-1996), na primeira edição do seu livro “A estrutura das revoluções científicas” já apresentava a História das Ciências como uma forma apropriada de compreender o trabalho de filósofos e cientistas, que contribuíram para o desenvolvimento do pensamento científico. No Brasil, em 1988, Abrantes, Kawamura e Martins, já mencionavam:

Então é preciso que se discuta como inserir neste ensino a História da Ciência para passar ao aluno muito mais do que simples fórmulas, algo que eu chamaria de cultura científica. É evidente, no entanto, que a História da Física não deve substituir a formação conceitual. (Souza Cruz, 1988, p.78.)

Com o passar dos anos, muitos professores e pesquisadores se formaram, produziram trabalhos e montaram grupos de pesquisa para a discussão de aspectos da História das Ciências no ensino. Porém, o trabalho de André Martins (2007), alerta para diferentes “pedras no caminho” da História das Ciências no ensino. Nesse mesmo trabalho, o autor comenta sobre o baixo número de bons materiais para a inserção dessas discussões na educação.

¹ Reflexão a consideração de diferentes visões sobre a Natureza do conhecimento científico (Borges, 1996).

Concomitantemente, Forato, Martins e Pietrocola (2012, 2011) discutem sobre os obstáculos na elaboração de um curso, dado, por um lado, as exigências histórico-epistemológicas e, por outro as exigências didático-pedagógicas. De modo geral, segundo os autores, existiriam alguns obstáculos a serem superados e outros a serem contornados. Entre os primeiros estão: Concepção de ciência a ser apresentada, seleção dos aspectos da Natureza das Ciências, seleção dos aspectos históricos a enfatizar em cada episódio, nível de aprofundamento de alguns aspectos históricos, nível de detalhamento do contexto não científico, nível de aprofundamento de alguns aspectos epistemológicos, se, quando, quanto e como utilizar trechos de fontes primárias, formulação discursiva adequada ao nível de escolaridade visado, entre outros. Entre os segundos, obstáculos a serem contornados estão: concepções ingênuas sobre história e epistemologia da ciência presentes no contexto, falta de preparação do professor, inadequação de textos especializados de história da ciência ao ensino médio, falta de pré-requisitos dos alunos em relação ao conhecimento matemático, físico, histórico, epistemológico e filosófico, possível concepção prévia dos estudantes e professores superestimando a capacidade da ciência atual em resolver todos os problemas, enfatizar aspectos científicos ou enfatizar fatores externos à ciência, quantidade da informação na forma de textos e a extensão x profundidade da proposta (Forato, 2011).

Neste sentido, buscando enfrentar estes obstáculos, neste estudo apresentamos uma aplicação de proposta didática, voltada ao Ensino Médio, contemplada numa sequência de três aulas, para trabalhar com os tópicos da óptica: refração da luz (Lei de Snell-Descartes) e dioptra plano, com ênfase na primeira. O objetivo central da intervenção é instigar reflexões que levem os estudantes a pensarem o conhecimento científico como transitório, e em constante mudança e desenvolvimento, bem como salientar o processo de construção daquele conhecimento e não apenas apresentar os resultados dos conceitos, a partir do conteúdo de refração da luz e seus respectivos momentos históricos.

Direcionando, por um lado, para uma visão mais ampla em relação a construção de outros conhecimentos físicos ao longo da história e, por outro, contribuir para o reconhecimento de aplicações tecnológicas e no cotidiano dos conceitos estudados.

3. Metodologia

Esta proposta foi aplicada numa instituição privada, localizada na zona leste de São Paulo. Participaram da intervenção 29 alunos do primeiro ano do EM, distribuídos entre 15 alunas e 14 alunos. As aulas foram realizadas de modo síncrono via plataforma online, Zoom, oferecida pelo colégio. A duração média de cada aula foi de 50 minutos corridos. A seguir apresentaremos um resumo da estrutura de cada aula, com seu objetivo, introdução, aprofundamento teórico e conceitual e o fechamento.

3.1 Aula 01 – Algumas concepções da luz e seus fenômenos

O objetivo desta aula foi apresentar um breve histórico do desenvolvimento das concepções da luz ao longo do tempo. E com isso, introduzir os conceitos de refração da luz, dioptra e Lei de Snell-Descartes com ênfase nas mudanças históricas que a concepção da luz tomou ao longo do tempo. Estes conceitos serão rediscutidos nas demais aulas. Esta primeira aula foi dedicada à construção de uma problemática e sua contextualização que perpassa o processo de construção das concepções científicas acerca da luz ao longo dos séculos. Ao final da aula 1, uma pergunta-problema foi apresentada aos estudantes, o objetivo foi lançar uma aparente contradição da equação de Snell-Descartes, dependente do conhecimento da velocidade da luz. Contradição que residia numa elaboração e aplicação da equação, sem um conhecimento profundo da luz e sua velocidade. Além da questão problema, também apresentamos, ao início da aula, três afirmações e foi solicitado aos estudantes que respondessem anonimamente, através do aplicativo, *Kahoot*, se concordavam ou não com as afirmações.

As questões a seguir, foram apresentadas antes da contextualização do tema com o intuito de levantar, em média, qual a visão sobre o fazer científico que possuem os estudantes naquele momento.

1. O conhecimento científico é provisório.
2. O conhecimento científico é baseado na observação e na experimentação.
3. A ciência explica os fenômenos naturais.

A) Momento da aula: Contextualização do tema

A luz tem sido objeto de estudo e interesse dos seres humanos desde longa data. Contudo, registros relativamente mais recentes de estudos voltados ao entendimento dos fenômenos da luz tiveram alguns marcos importantes. De todas as caracterizações já atribuídas à natureza da luz ou aos seus fenômenos, quatro possuem maior destaque, a primeira entende a luz como raios (raios luminíferos) com propriedades especiais, tal como a independência dos raios – de modo que um raio de luz não interfere na propagação do outro mesmo que sejam cruzados; a segunda deduz a luz como uma onda eletromagnética, com isso carrega todas as propriedades da teoria eletromagnética; a terceira constata a luz formada por ínfimos grânulos individuais, chamados fótons e finalmente a quarta, em que a luz é contemplada como um objeto de estudo complexo e de característica dualística e com isso surge a luz como sendo uma onda de matéria, combinando suas propriedades de onda eletromagnética e corpuscular.

Em suma, devido as características únicas e não usuais da luz e seus fenômenos, é possível se concentrar em comportamentos diferentes da luz e assim investigá-la sob diferentes perspectivas. E sem dúvidas, a primeira e a mais simples abordagem foi inserida pela Ótica Geométrica, de modo que a natureza da luz não tem importância central.

B) Algumas concepções da luz e a refração

Alguns recortes históricos podem ser apresentados para formulação de uma visão geral do desenvolvimento do conhecimento da luz e seus fenômenos. Euclides (entre 325 – 365 a.C, aproximadamente) apresenta seus estudos acerca da luz e denomina-o Teoria dos Raios Visuais. Nesta teoria, Euclides, afirmava entre outras coisas, que a luz sairia dos olhos de um observador e chegaria até o objeto, assim se daria a visão. Tal concepção acerca de como enxergamos os objetos não fora apenas defendido por Euclides, mas também por Pitágoras e Platão. Esta teoria sobreviveu muitos séculos na Europa. Ainda voltado à capacidade de enxergar objetos, o trabalho de Abu Ali al-Hasan Ibn Al-Haitham (por volta de 1038) intitulado Tesouro da Óptica fora levado à Europa neste período e demonstrava grande avanço nos estudos dos fenômenos da luz. Principalmente acerca da concepção da formação da imagem que enxergamos. Al Hasan, propunha que os raios de luz saiam do objeto e chegavam até os olhos, e com isso formava-se sua imagem. Além de esclarecer a formação da imagem de um objeto, o estudioso também compreendia a natureza da luz como composta por diversas partículas minúsculas que caminhavam no ar. Daqui temos a primeira evidência histórica de que Newton não teria sido o primeiro estudioso a propor ideias acerca da natureza corpuscular da luz. (Martins, 2013). Contudo, Al Hasan fora muito pouco reconhecido por seus trabalhos, principalmente por suas contribuições na óptica geométrica, que teriam sido redescobertos por Thomas Harriot e por Willebrord Snell, e publicada em 1637 por René Descartes. (Vilas Boas, 2013)

Johannes Kepler (por volta de 1604), também conhecido por seus trabalhos de astronomia, apresentou estudos acerca da luz e seus fenômenos. Segundo Kepler, os objetos seriam formados por infinitos pontos, e que de cada um sairiam raios até o observador em formato de cone, de maneira que o vértice do cone fosse exatamente nos olhos, possibilitando assim que nós enxergássemos os objetos. (Tossato, 2007)

A Lei de Snell-Descartes é apresentada à comunidade científica europeia na década de 1620. Este estudo apresentou não apenas uma equação que descrevia um fenômeno apresentado pela luz, mas também uma concepção mais ampla das qualidades da luz. Tal como a reversibilidade dos raios, a não interferência entre si, o movimento sempre em linha reta e a mudança da velocidade devido a mudança do meio que ela percorre. Daqui, surgem as definições e particularidades do que chamamos dióptro plano. O conjunto de dois ou mais meios, que nada mais são do que espaços transparentes por onde, a luz pode caminhar. Os meios transparentes podem ser a água, ar, vácuo, acrílico, álcool, vidro, – de modo que as interfaces entre os meios formem uma superfície plana (por isso dióptro plano). É a partir da ideia de dióptro que surge o índice de refração da luz, que trata de uma medida que indica a alteração na velocidade da luz quando ela atravessa de um meio para outro. E é definido por $n = \frac{c}{v}$, onde c é a velocidade da luz no vácuo e v é a velocidade da luz em um determinado meio.

Concomitantemente, a lei de refração (Snell-Descartes) é apresentada pela igualdade: $\text{sen}(i)n_1 = \text{sen}(r)n_2$. Publicada em 1621, a lei de refração carrega o índice de refração da luz. Sendo n_1 , o índice de refração do meio 1 e, n_2 o índice de refração do meio 2. Além disso, i é o ângulo de incidência, ou seja, o ângulo entre o raio incidente e a Normal (N) e r seria o ângulo entre o raio refratado e a Normal.

Finalmente o trabalho intitulado *Optika* de Isaac Newton (por volta de 1704) é dividido em 3 livros, cada um explora diferentes aspectos da óptica. Além da trilogia, em 1664 seu artigo: *Uma Nova Teoria sobre Luz e Cores* foi amplamente difundida no meio acadêmico, se tornando muito popular entre os estudiosos daquele período e nos séculos que se seguiram. (Martins, 2015) Neste artigo, Newton, esquematiza a partir de cálculos geométricos o fenômeno da divergência e convergência dos raios coloridos formando novamente a luz branca.

De modo geral, não se pretendeu criar uma linha do tempo histórica, mas sim elencar alguns dos estudos da natureza da luz ou seus fenômenos que sejam representativos e que apresentem alguma relação entre si. Proporcionando aos estudantes uma referência histórico-temporal de algumas das concepções atribuídas a luz e seus fenômenos. Com tais recortes históricos será mais fácil expor o processo de construção da Lei de Snell-Descartes e a ideia de constante desenvolvimento que fundamenta a Ciência (Nascimento, 2004)

C) Fechamento: questões disparadoras

Sabe-se hoje que o índice de refração pode ser calculado a partir da razão: $n = \frac{c}{v}$, onde c é a velocidade da luz no vácuo e v é a velocidade da luz em um determinado meio.

a. A lei de refração utiliza o índice de refração da luz, que implica em conhecer a velocidade da luz, mas como seria possível calcular o índice de refração se a velocidade (c) da luz teve suas primeiras estimativas pelo menos 55 anos mais tarde?

b. Além disso, como a lei da refração foi obtida? Ou seja, como chegaram nessa igualdade matemática?

A priori, o objetivo é que os estudantes entendam a problemática que traz a questão e seu fundamento. Não é necessário que seja respondida de imediato, uma vez que será objeto de estudo na próxima intervenção pedagógica (Aula 2).

3.2 Aula 02 – Uma interpretação para a lei da Refração da Luz

Na segunda aula foi retomada a discussão iniciada com a apresentação de uma possível interpretação para Lei de Snell-Descartes (LSD), a partir do trabalho escrito pelo próprio René Descartes, *A Dióptrica* (Costabel, 1982). Nesta aula é mostrado aos estudantes diversos desvios teóricos aceitos naquele período, porém alguns deles foram reinterpretados e reformulados para se

adequarem as atuais concepções científicas. Este pode ser um exemplo interessante do desenvolvimento do conhecimento científico e de como alguns saberes se tornam incompatíveis com o tempo e outros são implementados. O objetivo é demonstrar que é possível retomar a LSD a partir dos seguintes princípios da Óptica Geométrica: propagação retilínea da luz, independência dos raios de luz e o princípio do menor caminho percorrido pela luz.

A) Início da aula: Análise da pergunta disparadora

A interpretação de René Descartes descrita em seu trabalho nomeado *A Dióptrica* explica/justifica seu raciocínio a partir do seguinte exemplo: imagine que uma pequena bolinha (luz) é lançada através do ar sobre a superfície de um lago parado, Figura 1. Descartes postula que no meio menos refringente (como o ar) a luz percorreria maior caminho (pois estaria com maior velocidade) enquanto no meio mais refringente (como a água) a luz percorreria menor caminho (com menor velocidade).



Figura 1: Neste momento Descartes apresenta alguns princípios que deverão ser considerados para o cálculo da refração da luz. São eles: propagação retilínea da luz; independência dos raios de luz e o princípio do menor caminho percorrido pela luz. Modificado de *Démarches Originales de Descartes* Savant Pierre Costabel, 1982.

Em seu trabalho original, Descartes descreve seu raciocínio por seguimentos de retas, indicadas na Figura 2. Analisando com maior cuidado, nota-se que ele próprio desenha um dióptro plano, sendo o primeiro o ar de onde ele lança uma pequena bola em direção ao segundo meio, neste caso a água (Balola, 2011). Desta sequência de ilustrações, Descartes formula o que mais tarde seria conhecido como Lei de Snell-Descartes.

B) Fechamento: fenômenos ópticos e o senso comum

Agora, retomando a representação apresentada por Euclides (na primeira aula), imagine que um observador é capaz de enxergar um objeto iluminado. Considerando a óptica geométrica moderna, a imagem (Figura 4) representa corretamente o sentido dos raios de luz? O objetivo desta questão é demonstrar que apesar da óptica como conhecemos hoje não admitir tal concepção, durante mais de 200 anos este foi o conhecimento amplamente defendido. Não por acaso esta é uma concepção conhecida por: concepção espontânea, "raio visual", pois não contradiz nosso senso comum, que geralmente está inclinado à esta ideia (Rice, 1987).

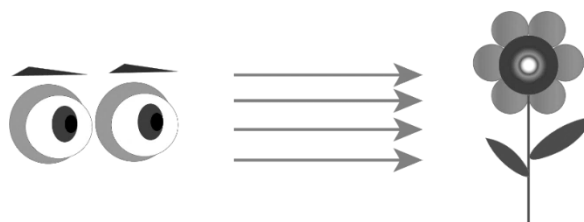


Figura 4: Sentido dos raios de luz ao se observar um objeto de acordo com a teoria dos Raios Visuais de Euclides. Figura de própria autoria.

Vamos manter em mente que estamos o tempo todo desafiando nossas percepções individuais acerca de diferentes fenômenos, neste caso da luz, com aquelas percepções que a ciência nos apresenta. A incorporação destas inclinações naturais, que a maior parte de nós possui, pode ajudar os estudantes a superarem o senso comum e criar uma ligação com o conceito científico. E ampliar a visão de que a Lei de Snell-Descartes, nosso principal objeto de estudo aqui, foi uma construção que transcendeu a observação e a experimentação. Pois, como vimos, Descartes usou 3 princípios que ele não provou experimentalmente, mas sim os extrapolou. Voltaremos nesta discussão mais à frente.

3.3 Aula 03 – Fenômenos da luz: a origem de algumas aplicações

A última intervenção didática (aula 3) visou retomar as discussões apresentada nas aulas anteriores, avaliar o desenvolvimento que os estudantes demonstram para discursar acerca dos temas refração da luz, dioptra e Lei de Snell-Descartes. Bem como avaliar se ocorreram mudanças de paradigma dos estudantes com relação a natureza do fazer científico. Além de apresentar algumas aplicações tecnológicas ou fenômenos ópticos a partir do fenômeno da refração. O principal objetivo é fechar as questões propostas ao longo das intervenções anteriores.

A) Início da aula: retomada do caráter da Ciência

Primeiramente, lembrando os argumentos que foram apresentados até aqui, propõe-se retomar a breve discussão da natureza da ciência pautada em alguns levantamentos do panorama histórico. A apresentação será direta e resumida enfatizando os seguintes pontos:

- Natureza da luz, corpúsculos vs. raios retilíneos;
- Lei de Snell-Descartes aspectos históricos → reformulação moderna (índice de refração da luz absoluto vs. relativo).

B) Aplicações

1. Aplicação da Ciência como caráter provisório: Newton e Einstein

Newton, como sabemos não apenas deu contribuições na Óptica, mas principalmente na Mecânica dos corpos inerciais. A obra intitulada *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, de Newton, foi uma das mais importantes teorias científicas desenvolvidas no século XVII. Até os dias atuais possui inúmeras aplicações práticas e compõe grande parte do currículo de Física do ensino médio. Nesta obra, Newton, enuncia as três leis fundamentais para fenômenos mecânicos. Cujas teorias possuem como base, entre outras condições, a ideia de espaço absoluto, de forma que há dois tipos de observadores: inerciais e não inerciais (Balola, 2011).

Podemos aceitar como ponto final tudo o que a ciência produz, assim como fez o matemático francês Pierre Simon de Laplace que defendia o determinismo mecânico como síntese do conhecimento da verdade absoluta? Não.

Mais de 200 anos depois da primeira publicação da obra newtoniana, Einstein, em 1905, apresenta a Teoria da Relatividade Restrita. cujo objetivo era uniformizar as leis físicas em todo e qualquer referencial. Sua teoria surge quando os fenômenos do eletromagnetismo são esmiuçados e indicam variações das matematizações das leis físicas dependendo do referencial escolhido. Tais discussões foram motivadas pelos desdobramentos da teoria clássica do eletromagnetismo unificada por Maxwell, que entre vários exemplos de incompatibilidade com a Física Clássica, temos o fenômeno velocidade da luz, que é invariável independentemente do referencial, cujo efeito imediato contradiz a soma de velocidades relativas prevista por Galileu e Newton. Isso levaria, mais tarde, à uma reformulação e entendimento das grandezas do espaço e do tempo. Que tornariam uma única grandeza, dependente uma da outra e ainda mais relevante: não absoluta. Os postulados de Einstein foram capazes de reconciliar as leis da mecânica clássica e do eletromagnetismo, unificando as leis físicas. Estariam assim as teorias e os fenômenos físicos em total concordância?

2. Aplicação no cotidiano:

O prisma e as gotículas de água: A luz do Sol é policromática, ou seja, é composta por diferentes comprimentos de onda ou frequência de oscilação – diferentes cores. Inclusive comprimentos que o olho humano não é capaz de enxergar como o ultravioleta e infravermelho. Aberração do lápis no copo se deve principalmente pela mudança da velocidade da luz devido aos meios ar/água, por onde a luz caminhou.

3. Aplicação tecnológica: Fibra óptica

Fibras ópticas são geralmente materiais fabricados com sílica pura em forma de longos fios revestidos por camadas de materiais plástico transparente e são amplamente usadas na comunicação e na medicina em exames de imagem. Num sistema de telecomunicações uma única fibra com espessura de um fio de cabelo humano pode ser transmitida mais de 32000 vezes falando simultaneamente. Os fenômenos físicos por trás de seu funcionamento é reflexão² total e a refração da luz podemos considerar que não há perda de luz e assim toda a informação é transmitida devido a diferença bem definida do índice de refração dos materiais que compõe a fibra óptica (Hashimoto, 2015).

C) Fechamento da intervenção:

Os estudantes passaram pela intervenção didática, onde foram apresentadas algumas evidências históricas, que indicam a mudança na percepção da natureza da luz, demonstrando que o

² Indicação de leitura sobre fibra óptica para maior aprofundamento: O USO DA ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE EM AULAS DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO (SILVA & PORTELA, 2018).

conhecimento científico é um processo humano, e que pode ser resgatado ou abandonado, dependendo de sua contribuição para a explicação da natureza.

O mesmo questionário aplicado inicialmente sobre o conhecimento científico provisório, sobre a observação e a explicação dos fenômenos naturais são aplicados novamente.

Na última intervenção após a finalização do questionário, o professor apresentou uma possível interpretação realista para cada uma das três questões do questionário.

1. O conhecimento científico tem caráter provisório, contudo isto não implica que todos os aspectos ou que todo o conhecimento científico passará por alterações, correções ou modificações. Muitas delas estão há muitos séculos sendo corroboradas pela experiência, como é o caso da velocidade da luz, que nunca foi observada maior do que aquela obtida no vácuo ($\sim 3 \times 10^8$ m/s).

2. Grande parte do conhecimento científico possui como base a observação e experimentação. Mas, quando, Descartes, postulou que a luz caminha SEMPRE em linha reta, ou ainda que era formada por minúsculas bolinhas não houve evidência experimental que comprovasse tais princípios. Aqui, Descartes extrapolou estas ideias a partir de outras observações, pois ele não demonstrou nenhuma experiência capaz de indicar a característica corpuscular da luz (demonstrada experimentalmente cerca de 300 anos mais tarde) ou que não existe nenhuma condição em que a luz realize curvas. Neste sentido, um exemplo, seria o fato da luz sofrer distorções em sua trajetória (curvar-se) na interação com buracos negros.

3. A ciência constrói sempre a melhor descrição possível para a natureza, ou seja, desenvolve teorias que se aproximem ao máximo do comportamento natural. Mas, há sempre limitações e com elas, vemos simplificações como: um bloco que desliza sem atrito sobre uma superfície. E mesmo quando incorporamos (o atrito), a experiência nos indica pequenos desvios com a teoria oriundos de perturbações diversas, como temperatura, interação molecular entre os objetos, imprecisão das medidas, entre outros fatores.

4. Resultados e Discussão

Na primeira e última intervenção, os alunos foram convidados a responder, anonimamente, algumas perguntas através de enquetes, que pudessem indicar pistas acerca de suas visões a respeito do conhecimento científico. O posicionamento dos alunos (em porcentagem) quanto à concordância com as questões apresentadas: - O conhecimento científico tem um caráter provisório (15%); - O conhecimento científico se baseia sempre na observação e em evidências experimentais (10%), e - A ciência explica, rigorosamente, os fenômenos naturais (30%). Ao decorrer das três intervenções síncronas, pretendeu-se demonstrar a construção do conhecimento científico como uma atividade humana que perpassa, entre outros elementos, pela imaginação, experimentação e equívocos até que se elabore um argumento mais fiel à natureza e receba, por fim, o adjetivo científico, que não necessariamente estará terminado. Na última intervenção didática as afirmações ficaram distribuídas em (50 %) concordou que o conhecimento científico na maior parte das vezes tem caráter provisório, (100%) dos estudantes afirmaram que o conhecimento científico faz uso das observações e experimentação, mas isto não garante que a interpretação é fiel a Natureza e (70%) concordam que a ciência tenta explicar os fenômenos naturais.

Consideramos que a proposta se mostrou uma estratégia válida, e plausível de ser reproduzida com a finalidade de trazer pistas da motivação que deu início ao conceito abordado, bem como dos desdobramentos que ocorreram até que aquele conceito recebesse o adjetivo científico. Ao mesmo tempo, este relato de experiência aponta possibilidades para que haja uma participação efetiva dos estudantes, colaborando para uma construção mais coletiva do conhecimento.

Destarte, é interessante que haja um momento de uma atividade avaliativa para verificação da compreensão do conteúdo desenvolvido (Refração). Neste caso, a proposta foi discutir sobre a movimentação dos estudantes em relação a visão da Ciência ao longo das aulas.

5. Conclusão

A aplicação desta intervenção didática foi elucidar o caráter provisório da Ciência, a partir do tema refração em sala de aula. Para isso, utilizou-se da HC, no que diz respeito a algumas das concepções sobre a luz e a construção do conhecimento sobre a matematização do fenômeno da refração a partir de ilustrações de trabalhos originais. Observamos que os estudantes passaram a indicar haver um caráter inexato da ciência, no processo de estudo das ciências da natureza, mas o mesmo não ocorre quando se trata de concordar que o conhecimento científico possui caráter provisório. Concluímos que as três interações foram suficientes para promover um conflito superficial de ideias acerca da visão de mundo que os estudantes possuem sobre o fazer científico, o que concorda com o resultado do primeiro questionário. Acreditamos que mais interações, ao longo do Ensino Médio, que discutam o caráter realista do fazer científico, ou seja, trazer reflexões acerca do processo de construção humana, podem alterar profundamente a visão dos alunos. Salienta-se, por fim, que há outras estratégias que poderiam ser complementadas ao que foi apresentado para desenvolver o tema da refração, por exemplo, experimentação. Entretanto, abordamos de forma que a ênfase se desenvolvesse na construção do conceito a partir de aspectos históricos.

6. Referências

- Balola, Raquel. 2011. *Princípios Matemáticos Da Filosofia Natural: A Lei Da Inércia*. Dissertação (mestrado). Departamento de Estudos Clássicos, Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa.
- BORGES, R. M. R. 1996. *Em debate: cientificidade e educação em Ciências*. Porto Alegre: CECIRS.
- Costabel, Pierre. 1982. *Démarches Originales de Descartes Savant*. Paris: Vrin.
- Brasil, 2018. *Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio*.
- Forato, Thaís Cyrino De Mello, Maurício Pietrocola, and Roberto De Andrade Martins. 2011. "Historiografia e Natureza Da Ciência Na Sala de Aula." *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 28(n.1).
- Forato, Thaís Cyrino Mello, Roberto de Andrade Martins, and Maurício Pietrocola. 2012. "History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies." *Science and Education* 21(5). doi: 10.1007/s11191-011-9419-3.
- Martins, André Ferrer Pinto. 2007. "História e Filosofia Da Ciência No Ensino: Há Muitas Pedras Nesse Caminho ...". *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 24(1).
- Martins, Roberto de Andrade, and Ana Paula Bispo da Silva. 2013. "Princípios Da Óptica Geométrica e Suas Exceções: Heron e a Reflexão Em Espelhos." *Revista Brasileira de Ensino de Física* 35(1). doi: 10.1590/s1806-11172013000100028.
- Martins, Roberto de Andrade, and Cibelle Celestino Silva. 2015. "As Pesquisas de Newton Sobre a Luz: Uma Visão Histórica." *Revista Brasileira de Ensino de Física* 37(4). doi: 10.1590/S1806-11173731817.
- Nascimento, Viviane Briccia. 2004. "A Natureza Do Conhecimento Científico e o Ensino de Ciências." *Ensino de Ciências Unindo a Pesquisa e a Prática* (81).
- Rice, Karen, and Elsa Feher. 1987. "Pinholes and Images: Children's Conceptions of Light and

Vision. I.” *Science Education* 71(4). doi: 10.1002/sce.3730710413.

de Souza Cruz, Frederico Firmo, Maria Regina Dubeux Kawamura, Paulo Cesar Coelho Abrantes, and Roberto Martins. 1988. “Mesa-Redonda: Influência Da História Da Ciência No Ensino de Física.” *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* especial:76–92.

Tossato, Claudemir Roque. 2007. “Os Fundamentos Da Óptica Geométrica de Johannes Kepler.” *Scientiae Studia* 5.

Vilas Boas, Anderson, Marcos Rodrigues Da Silva, Marinez Meneghello Passos, and Sergio De Mello Arruda. 2013. “História Da Ciência e Natureza Da Ciência: Debates e Consensos.” *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 30(2). doi: 10.5007/2175-7941.2013v30n2p287.