

## UMA DISCUSSÃO HISTÓRICA SOBRE O ARCO-ÍRIS E O ENSINO DE CIÊNCIAS NAS SÉRIES INICIAIS.\*

### AN HISTORICAL APPROACH OF RAINBOW AND SCIENCE TEACHING IN ELEMENTARY SCHOOL.

Eliane Maria de Oliveira Araman<sup>1</sup>  
Irinéa de Lourdes Batista<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UEL/Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, em\_araman@yahoo.com.br

<sup>2</sup>UEL/Departamento de Física, irinea@uel.br

#### Resumo

Este artigo analisa alguns aspectos relevantes na conceituação e compreensão do fenômeno físico do arco-íris por meio de uma apresentação e discussão de exemplares históricos. Em seguida, procuramos integrar a abordagem histórico-filosófica ao eixo referencial de Ciência, Tecnologia e Sociedade como fundamentação necessária para uma pesquisa sobre aprendizagem de Ciências nas séries iniciais. Desenvolvemos o argumento de que tal integração propicia uma melhor compreensão de conceitos científicos, aproximando a Ciência dos interesses culturais e políticos da sociedade; amplia o conhecimento das interações entre o desenvolvimento científico e suas conseqüências na tecnologia e na sociedade, e possibilita ao estudante condições de posicionamentos críticos e reflexivos no exercício da cidadania. Finalmente, articulamos essas linhas de pesquisa na efetivação de uma Aprendizagem Significativa, utilizando estudos sobre os padrões de estruturação cognitiva e mapas conceituais como instrumento para análise da aprendizagem.

**Palavras-chave:** Arco-íris; História e Filosofia da Ciência; Alfabetização Científica; Aprendizagem Significativa.

#### Abstract

This study analyzes some relevant aspects in conceptualizing and understanding of the physical phenomenon of rainbow by means of synthesis historical exemplars. It was integrated the historical-philosophical approach to the theoretical framework of Science, Technology and Society for a research on learning of Sciences in elementary school. Such integration propitiates a better understanding of scientific concepts, approximating the Science of the cultural and political interests of the society; it enlarges the knowledge of the interactions between the scientific development and their technological consequences in the society, and it makes possible a critical and reflexive attitude in the exercise of the citizenship. Finally, we articulated those research lines for a Significant Learning, using studies on the patterns of cognitive structuring and conceptual maps as instrument for analysis of the learning.

**Keywords:** Rainbow; History and Philosophy of Science; Scientific Literacy; Significant Learning.

---

\* Pesquisa realizada junto ao projeto de pesquisa “Rede Paranaense de Pesquisa em História e Filosofia da Ciência”/Fundação Araucária.

## 1. RECONSTRUÇÃO DE EXEMPLARES HISTÓRICOS A RESPEITO DO FENÔMENO DO ARCO-ÍRIS:

O estudo da óptica fez parte da vida de muitos cientistas, que, aos poucos, foram desvendando seus fenômenos físicos até chegar à explicação que temos hoje. Esses estudos baseavam-se na necessidade de aprimorar instrumentos ópticos como lentes, lunetas e telescópios utilizados em muitas pesquisas astronômicas; na busca de uma explicação acerca do que tornava a matéria e os corpos coloridos e no interesse pela compreensão do funcionamento dos olhos e da visão, ou seja, na necessidade do homem em compreender os fenômenos ópticos da natureza. Embora muitos cientistas tenham estudado os fenômenos ópticos que contribuíram para a elucidação e compreensão do arco-íris, neste artigo apresentamos uma reconstrução de episódios selecionados sobre esse tema, que fizeram parte do desenvolvimento da conceituação da óptica, baseando-nos na apresentação escrita por André Koch Torres Assis, que introduz o livro *Óptica* de Isaac Newton, traduzido por esse mesmo autor; em Cibelle Celestino Silva e Roberto de Andrade Martins, que fizeram uma tradução comentada do artigo de Newton “*Nova Teoria sobre Luz e Cores*” publicado em 1672; e em César Augusto Battisti, que descreve a explicação do arco-íris segundo Descartes. A partir do enfoque histórico adotado por Assis, complementado pelos demais autores citados e objetivando a explicitação e o detalhamento de toda a conceituação necessária para o entendimento do arco-íris, nossa linha de raciocínio nessa reconstrução histórica inicia-se com a apresentação de alguns trabalhos a respeito dos princípios da óptica, principalmente com os relacionados à refração da luz e à experimentos realizados com artefatos de vidros para a passagem da luz.

No Discurso VIII, do livro *Meteoros* (Descartes, 1996, p. 325), Descartes se dedica a determinar as causas do arco-íris, segundo ele uma maravilha da natureza que merece ser compreendida pelos homens. Descartes utiliza conhecimentos já existentes, como a lei de refração, a explicação mecanicista das cores e experiências já utilizadas, para explicar o fenômeno do arco-íris de acordo com leis físicas conhecidas (Battisti, 2002, p. 315). Primeiramente Descartes determina que o arco-íris aparece quando os raios de luz incidem sobre gotículas de água presentes no ar e pode ocorrer naturalmente ou ser produzido de maneira artificial. Descartes conclui que são nas gotas de água que se encontra a problemática na qual o fenômeno tem sua origem (Battisti, 2002, p. 316-317). Assim, Descartes se propõe a construir um recipiente de vidro esférico e transparente, simulando uma “grande gota d’água”, para reproduzir e examinar o que ocorre no interior da gota durante o fenômeno do arco-íris, e também explicar as razões da aparição de duas regiões coloridas e de intensidades diferentes (Descartes, 1996, p. 325-326). A partir das observações realizadas com a grande gota d’água, Descartes começa a demonstrar geometricamente as refrações e reflexões que ocorrem dentro dessa gota durante a formação do arco-íris. Analisando os ângulos de incidência dos raios solares e a posição do observador, Descartes encontra as cores do primeiro arco-íris. (Battisti, 2002, p. 319). Ele observa que, para a aparição do primeiro arco, o ângulo formado entre o raio de visão do observador e um raio solar, deveria ser de aproximadamente de  $42^\circ$ . Com essa medida, aparecia predominantemente a cor vermelha, sendo que as demais aparecem com ângulos levemente menores. Com ângulos maiores ou bem menores, o arco-íris desaparece. No entanto, o vermelho do segundo arco aparece quando esse mesmo ângulo tivesse aproximadamente  $52^\circ$ , as demais cores, embora menos intensas, aparecem com ângulos levemente superiores. Com ângulos menores ou bem maiores, não é possível ver o segundo arco-íris. Descartes observa que na região intermediária entre os dois arcos, aproximadamente  $10^\circ$ , não aparece nenhuma cor, e que as cores entre os dois arcos se mostram invertidas. (Descartes, 1996, p. 326-327). Com o exame de uma única “grande

gota”, Descartes generaliza suas conclusões, pois é somente na presença de infinitas gotas que podemos perceber o arco-íris.

Descartes (1996, p. 329) percebe uma outra característica que interfere na formação dos dois arcos: ele observa que o primeiro conjunto de cores, ou o primeiro arco, aparece quando os raios solares que incidem sobre a gota sofrem duas refrações e uma reflexão, enquanto o segundo arco surge após duas refrações e duas reflexões dos raios solares. Porém ele considera uma dificuldade esclarecer por que, dos muitos raios que incidem no globo d’água que sofrem as refrações e reflexões necessárias, apenas aqueles que atingem os olhos do observador nos ângulos descritos é que produzem as cores. Descartes recorre a um prisma de cristal, pois nele aparecem as mesmas cores do arco-íris (Battisti, 2002, p. 323). No prisma, observa que, se os raios incidirem com ângulos retos em uma face do prisma, se em outra face coberta por um corpo opaco, houver um orifício que permita a passagem desses raios, as cores do arco-íris aparecerão em um anteparo branco, na mesma ordem. Esse experimento permite a Descartes concluir que o problema das cores independe de algumas variáveis, como por exemplo: o formato das gotas d’água, pois as faces do prisma são planas; o valor dos ângulos de entrada e de saída dos raios do prisma podem variar; a existência de reflexão ou mais de uma refração, pois os raios sofrem apenas uma refração e nenhuma reflexão ao atravessar a abertura na cobertura do prisma; nenhum desses fatores interferiu na formação das cores, nem em sua ordem. O que é necessário, portanto, é pelo menos uma refração e a existência da delimitação da luz pelo corpo escuro, se o orifício for aumentado, a zona colorida não aumenta, o que aparece é uma mancha branca no centro do anteparo (Battisti, 2002, p. 323-324).

Há ainda uma dificuldade para Descartes que é determinar porque cada cor aparece sempre no mesmo local. Essa questão está relacionada à concepção da natureza da luz. Descartes concebe a luz como “a ação ou movimento de uma matéria muito sutil, cujas partes é preciso imaginar como pequenas bolas que rolam dentro dos poros dos corpos terrestres”(Descartes, 1996, p. 331). Sendo assim, Descartes afirma que essas partículas esféricas podem deslocar-se de muitos modos, seguindo um movimento de translação (retilíneo) e de rotação (circular). A combinação desses dois tipos de movimentos é que determinariam as diversas cores. Descartes considera possível, desse modo, explicar o surgimento das cores e também a sua ordem no espectro (Battisti, 2002, p. 325).

Nos anos de 1664 e 1665, Isaac Newton conheceu e estudou os trabalhos sobre óptica de Descartes. Grande parte das idéias de Newton em matemática, mecânica e óptica foi inspirada pelo trabalho de Descartes, pois, a partir de 1664, dedicou-se aos estudos de suas obras traduzidas para o latim que haviam aparecido vinte anos antes, embora posteriormente ele discorde de muitas das idéias contidas nessas obras. Sob a influência de Descartes, inicia-se no estudo da óptica, toma conhecimento da lei correta da refração e realiza suas primeiras experiências. Ainda em 1664, Newton passa a acompanhar toda literatura que ia sendo publicada e, conseqüentemente, sendo influenciado por ela. Nos anos a seguir descobre a decomposição das cores e inventa o telescópio refletor que evita o problema da aberração cromática. Em 1671, Newton envia para *Royal Society* um exemplar do telescópio, e em 1672, publica um artigo descrevendo o funcionamento de sua invenção. Neste ano Newton fica conhecido na comunidade científica graças à publicação desse artigo e da publicação da “Nova Teoria da Luz e das Cores”, na qual demonstra que as diferentes refrações da luz produzem cores diferentes.

Este artigo de Newton foi escrito como uma carta enviada para o editor de Cambridge para que fosse comunicada à *Royal Society* a sua teoria da Luz e das Cores. Ele esclarece que conseguiu um prisma de vidro triangular para realizar o fenômeno das cores em que a luz do Sol atravessa o prisma de vidro e produz as cores do espectro. Newton (1996, p. 315) prossegue comentando que era um prazer observar as cores produzidas a partir da refração da luz na parede de seu quarto escurecido. Mas depois observa que, de acordo com as leis da refração, esperava que o espectro formado tivesse o formato circular e não alongado como o que estava observando. Newton comparou o comprimento do espectro com a sua largura e verificou que era aproximadamente cinco vezes maior. Para ele essa desproporção merecia ser examinada. Assim, ele experimenta várias espessuras do vidro do prisma e diversos tamanhos nos buracos da janela por onde a luz do sol passava para verificar se esses fatores interferiam no resultado do experimento. Conclui que esses aspectos não interferiam significativamente no resultado dos experimentos: “Mas não encontrei nenhuma dessas circunstâncias significativas. A aparência das cores era em todos esses casos a mesma” (Newton, 1996, p. 315). Ele passa então a considerar que a formação do espectro oblongo deve-se a alguma irregularidade ou alguma imperfeição do prisma. Então Newton (1996, p. 316) realiza o experimento utilizando dois prismas de modo que a luz ao passar por ambos tivesse aumentado as irregularidades pela multiplicidade de refrações. Mas o que Newton verificou foi que “a luz (que) era difundida pelo primeiro Prisma em uma forma oblonga, foi reduzida pelo segundo a uma arredondada com tanta regularidade como quando não passava por eles” (Newton, 1996, p. 316).

Dessa forma, Newton prossegue tentando compreender qual é o motivo da diferença na incidência dos raios vindos do Sol que formavam a figura alongada do espectro colorido. Por meio de várias medições realizadas com o prisma na posição do desvio mínimo, ele chega ao valor de  $44^{\circ} 56'$  para o desvio sofrido pelos raios incidentes. Como a posição do Sol varia sempre ao longo do ano, Silva & Martins (Newton, 1996, nota 18, p. 316) esclarecem que esses fatores naturais interferem na realização do experimento descrito por Newton e que essas dificuldades não foram discutidas por ele. Usando a razão dos senos, calcula o índice de refração do vidro e utiliza vários outros cálculos para estabelecer

*“as direções dos raios refratados pela primeira superfície do prisma, depois os ângulos de incidência (internos) na segunda face do prisma, e por fim os ângulos dos raios refratados(externos) que saem do prisma. A diferença obtida entre esses dois últimos ângulos foi de  $31'$ . Ou seja: a abertura do feixe incidente é igual à abertura do feixe que sai do prisma, nessas condições”*(Newton, 1996, nota 20, p. 317).

Os cálculos realizados por Newton estavam fundamentados na proporcionalidade entre os senos dos ângulos incidentes e os de refração, tanto que os resultados obtidos causaram lhe perplexidade: “Por minha própria experiência, eu não poderia imaginar que ela fosse tão errônea que fizesse aquele Ângulo de apenas  $31'$ , quando na realidade era  $2^{\circ} 49'$  ” (Newton, 1996, p.317). Newton começou a suspeitar que os raios, após atravessarem o prisma, pudessem mover-se em linhas curvas, de modo que dependendo da maior ou menor curvatura, apresentassem o formato alongado ao incidirem na parede. Mas Newton (1996, p. 318) observa uma proporcionalidade entre o tamanho da mancha e sua distância ao orifício através do qual a luz era transmitida. A análise de todas essas situações leva Newton a realizar um outro experimento que ele próprio denominou de *Experimentum Crucis* e assim foi descrito por ele em seu artigo de 1672:

*“tomei duas pranchas e coloquei uma delas perto da janela e atrás do prisma de tal forma que a luz pudesse passar através de um pequeno buraco feito nela para esse propósito, e incidir na outra prancha, a qual coloquei a uma distância de cerca de 12 pés, tendo primeiro feito um pequeno buraco nela também, para um pouco da luz Incidente passar através dele. Então eu coloquei outro Prisma atrás dessa segunda prancha, de tal modo que a luz que atravessou ambos os anteparos pudesse passar através dele também e ser novamente refratada antes de atingir a parede. Isto feito, tomei o primeiro Prisma na minha mão e o girei de um lado para o outro lentamente em torno de seu Eixo de modo a fazer as diversas partes da Imagem, lançadas sobre o segundo anteparo, passarem sucessivamente através de seu buraco, para que pudesse observar para quais lugares na parede o segundo Prisma as refrataria. E vi pela variação daqueles lugares que a luz, tendendo para aquela extremidade da Imagem em direção à qual a refração do primeiro Prisma foi feita, sofreu no segundo Prisma uma Refração consideravelmente maior que a luz tendendo para a outra extremidade. E assim a verdadeira causa do comprimento da Imagem foi detectada não ser outra, senão que a Luz consiste em Raios diferentemente refrangíveis que, sem qualquer diferença em suas incidências, foram, de acordo com seus graus de refrangibilidade, transmitidos em direção a diversas partes da parede”*(Newton, 1996, p. 318).

Até este ponto da descrição do experimento, Newton não associou a cor com a refrangibilidade. De acordo com Silva & Martins (Newton, 1996, nota 31, p. 318), as intenções de Newton com o *Experimentum Crucis* variam durante as discussões com seus críticos. Algumas vezes ele relacionava seu experimento com as cores, outras vezes não fazia qualquer relação com outras propriedades. Depois dessa descoberta, Newton (1996, p. 319) passa a analisar lentes, telescópios e espelhos, seguindo sua descoberta a respeito das diferentes refrangibilidades da luz.

Newton (1996, p. 320) prossegue informando a causa da origem das cores e, para isso, escreve treze proposições expondo todos os aspectos considerados por ele na formação das cores. Ele considera que as cores não são qualificações da luz oriundas da refração ou da reflexão, mas propriedades originais dos raios de luz. Para o mesmo grau de refrangibilidade haverá sempre a mesma cor. Os raios menos refrangíveis apresentam uma cor vermelha, os raios mais refrangíveis exibem uma cor violeta e assim acontece com as cores intermediárias. Newton (1996, p. 321) argumenta que a cor e seu grau de refrangibilidade não são mutáveis por meio da refração ou da reflexão, embora tenha feito várias tentativas para verificar se ocorria alguma mudança. No entanto, podem ser feitas misturas de diversos tipos de raios, constituindo uma cor intermediária resultante da combinação de uma cor com outra. Mas, quando esses raios forem novamente separados, voltarão a exibir as mesmas cores de antes. Assim, Newton conclui que existem dois tipos de cores:

*“um original e simples, o outro composto dessas. As cores Originais ou primárias são Vermelho, Amarelo, Verde, Azul e um Púrpura-violeta, junto com Laranja, Índigo e uma variedade indefinida de gradações Intermediárias”*(Newton, 1996, p. 322).

Ele acrescenta que as cores definidas por ele como primárias também podem ser obtidas por composição, como por exemplo, a mistura de amarelo com azul resulta no verde, a mistura de vermelho e amarelo resultando no laranja. As cores que estão situadas muito distantes uma da outra na formação do espectro não formam outra cor primária, como no caso do laranja e do índigo que

não produzem o verde intermediário. Mas o que causou uma perplexidade em Newton foi a composição da luz branca. Ele percebe que a luz branca é uma composição das outras cores primárias:

*“Mas a composição mais surpreendente e maravilhosa foi aquela da Brancura. Não há nenhum tipo de Raio que sozinho possa exibi-la. Ela é sempre composta, e para sua composição são necessárias todas as Cores primárias citadas anteriormente misturadas numa proporção devida”*(Newton, 1996, p. 322).

Tendo considerado todas essas coisas, Newton conclui que o branco é a cor usual da luz, pois a luz é uma mistura confusa dos raios de todos os tipos de cores e dessa mistura é gerado o branco. Quanto à formação do arco-íris, Newton (2002, p. 139-145) explica que o efeito é o resultado da refração da luz do Sol nas gotas de chuva e que isso já havia sido compreendido e demonstrado por cientistas anteriores a ele, como Antonius de Dominis e Descartes. Explica também como se dá a formação dos dois arcos, em que no primeiro e mais forte com uma reflexão e apresentando as cores nessa ordem de dentro para a fora do arco-íris: violeta, anil, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho. O outro exterior e mais fraco formado por duas reflexões, pois a cada reflexão a luz se torna mais fraca, apresentará as cores de dentro do arco-íris para fora, numa ordem inversa: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta. Newton considera essas observações suficientes para a explicação do arco-íris e, ainda no artigo de 1762, analisa a origem das “Cores dos Corpos naturais” (Newton, 1996, p. 323) e considera que a cor que os corpos exibem são em consequência da capacidade de um corpo refletir um tipo de luz em maior quantidade que outros. Newton termina seu artigo deixando uma abertura aos membros da *Royal Society* que quisessem testar seus experimentos:

*“Isto, concebo, é suficiente para uma Introdução aos Experimentos desse tipo: os quais, se alguém da R. Society for tão curioso ao ponto de realizá-los, ficaria muito satisfeito de ser informado sobre o seu eventual sucesso. Para que, se alguma coisa parece ser defeituosa ou contrariar esse relato possa ter uma oportunidade de dar instruções adicionais sobre ele, ou reconhecer meus erros, se cometi algum”*(Newton, 1996, p. 325).

Em 1690, é publicado o trabalho de Christiaan Huygens, *Traité de la Lumière* (Tratado sobre a Luz), em que Huygens descreve sua Teoria Ondulatória da Luz e apresenta experiências novas e importantes sobre a dupla refração. Porém, como esclarece Martins (Huygens, 1986, nota 3, p. 7), esperava-se que Huygens publicasse em seu tratado uma teoria das cores, visto que ele participou ativamente das críticas ao trabalho de Newton na ocasião da publicação de sua teoria das cores. Ainda nesta nota, o tradutor mostra um trecho da correspondência entre Leibniz e Huygens em que Huygens responde ao amigo sobre a falta de uma teoria das cores em seu tratado:

*“Nada falei sobre as cores em meu Tratado sobre a Luz, achando esse assunto muito difícil, sobretudo por causa de tantas maneiras diferentes pelas quais as cores são produzidas. O Sr. Newton, que vi no verão passado na Inglaterra, prometeu algo sobre isso, e me comunicou algumas experiências muito belas das que havia feito”* (Huygens, 1986, nota 3, p. 7).

O estudo histórico da teoria da luz e das cores mostra que o desenvolvimento de uma teoria e sua aceitação passa por muitas análises, hipóteses e experimentos que na maioria das vezes não são discutidos pelos livros de ciências, passando a noção errônea de que uma descoberta científica é um acontecimento isolado que não possibilita outras interpretações. A formação do arco-íris é uma questão que pode ser abordada por diferentes perspectivas que permitirão ao aluno ter um conhecimento bem fundamentado nas questões epistemológicas e coerente entre o conceito científico e a vida cotidiana do aluno.

## **2. A HISTÓRIA E A FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS:**

Atualmente muitos pesquisadores têm chamado a atenção para a necessidade de se incluir a História e a Filosofia de Ciência no Ensino de Ciências como um recurso que pode atender a alguns objetivos. Para Mathews (1994, p. 50), a História e a Filosofia da Ciência podem colaborar para um entendimento mais integral das ciências, uma melhor compreensão de conceitos e métodos científicos, permite fazer uma conexão entre o desenvolvimento do pensamento individual e o desenvolvimento das idéias científicas, ameniza o dogmatismo muito comum em educação em ciências, reduz o formalismo e humaniza os conteúdos científicos, possibilitando uma maior compreensão da natureza da ciência. Do ponto de vista de Solbes & Traver (2003, p. 706) utilizar História da Ciência com os alunos pode contribuir para melhorar a imagem que os mesmos têm a respeito de Ciências e, conseqüentemente, melhorar suas atitudes em relação a essa disciplina. O enfoque da História da Ciência possibilita uma maior compreensão do conhecimento do trabalho científico e um entendimento a respeito das repercussões das realizações científicas que colaboram para uma atitude mais positiva em relação ao conhecimento científico.

É muito importante mostrar aos estudantes que o desenvolvimento científico não se dá de uma hora para outra, que muitos aspectos interferem nesse desenvolvimento e precisam ser analisados. A análise desses aspectos pode contribuir para aproximar a ciência dos interesses culturais e políticos da sociedade (Mathews, 1995, p. 165). Nesse sentido, a História e a Filosofia da Ciência podem permitir um debate sobre a estrutura da ciência, suas relações com o poder, suas teorias dominantes, desmistificando a Ciência e auxiliando o aluno na construção do seu próprio conhecimento. Dessa forma, segundo Peduzzi (2001, p. 158) pesquisas que implementem a utilização de materiais históricos de qualidade em sala de aula poderão contribuir para:

- propiciar uma aprendizagem de ciências mais significativa aproveitando as concepções alternativas dos alunos;
- contribuir para a compreensão do aluno de que o pensamento científico evolui com o tempo, portanto as teorias científicas são fonte de constantes revisões;
- proporcionar uma metodologia diferenciada para o ensino de ciências;
- relacionar o desenvolvimento científico com os avanços tecnológicos da sociedade, seus benefícios e seus problemas, contribuindo para a formação crítica do aluno.

Para Galili & Hazan (2001, p. 345), a discussão a respeito de se incluir a História e a Filosofia da Ciência já vem sendo conduzida há muitos anos. No entanto, a sua utilização raramente é implementada. Isto poderia estar ocorrendo devido à complexidade e controvérsia natural de seu

êxito e da necessidade de mais investimento teórico para a sua compreensão. Pesquisas educacionais recentes estão investigando a implementação da História e da Filosofia da Ciência, por meio de uma base teórica mais sólida que promova realmente sua utilização. Esse conhecimento pode ser utilizado na elaboração de currículos, em materiais teóricos e experimentais para serem aproveitados em sala de aula. Utilizar a História e a Filosofia da Ciência na escola não parece ser uma tarefa fácil. As dificuldades existentes vão desde a escassez de pesquisas relacionadas às séries iniciais do Ensino Fundamental, até aos conteúdos programáticos da disciplina de Ciências que são muito amplos, que contribuiu para um ensino tradicional meramente transmissor de conteúdo. Essas perspectivas salientam a necessidade de desenvolver pesquisas para a superação desses obstáculos, fundamentadas num processo de ensino e de aprendizagem que objetive a construção do conhecimento pelo aluno por meio de currículos flexíveis que respeitem o seu desenvolvimento cognitivo.

Outra preocupação nessa aplicação consiste na necessidade de se fazer uma adequação didática, com uso de uma linguagem apropriada e acessível para este nível de ensino. As atividades precisam ser bem formuladas, com exemplificações que respeitem o desenvolvimento cognitivo das crianças. Não se pretende nesse nível de ensino que as crianças alcancem abstrações matemáticas a respeito de conceitos científicos, mas que elas comecem a perceber quais questões estão envolvidas na conceituação científica em questão, que avanços a Ciência precisou ter para atingirmos o nível de desenvolvimento científico que temos hoje. A esse respeito, Matthews destaca essas questões:

*“Não se deseja que as crianças sejam capazes de resolver a controvérsia entre realismo e instrumentalismo; também não se tenciona que elas sejam submetidas a uma ‘catequese’ sobre as quinze razões pelas quais as conclusões de Galileu eram corretas e as dos cardeais não. Ao contrário, espera-se que elas considerem algumas das questões intelectuais que estão em jogo; espera-se que considerem o fato de que há perguntas a serem feitas e que comecem a refletir não somente sobre as respostas para essas perguntas, mas, sobretudo, sobre quais as respostas válidas e que tipos de evidências poderiam sustentar essas respostas” (Matthews, 1995, p. 168).*

Ainda neste artigo, Matthews considera que as adequações são necessárias dependendo da idade do estudante, mas que estas adequações não devem ser apenas uma ilustração histórica, mas sim que contribua no processo pedagógico:

*“A tarefa da pedagogia é, então, a de produzir uma história simplificada que lance uma luz sobre a matéria, mas que não seja uma mera caricatura do processo histórico. A simplificação deve levar em consideração a faixa etária dos alunos e todo o currículo a ser desenvolvido. História e ciência podem tornar-se mais e mais complexas à medida que assim o exija a situação educacional” (Matthews, 1995, p. 177).*

Há ainda que se prestar atenção para não substituir a aprendizagem de um conceito científico em questão pela aprendizagem da história deste conceito, ou seja, não substituir o ensino de Ciência pelo ensino de História da Ciência (Batista, 2005, p. 15). O que se pretende é utilizar a abordagem histórico-filosófica como um instrumento didático que auxilie a compreensão de um determinado conceito científico. A abordagem histórico-filosófica permite a reconstrução da

problemática envolvida no desenvolvimento de um conceito científico, os desafios conceituais ou empíricos que foram ultrapassados até a elaboração conceitual que temos hoje. A autora considera que essa abordagem contribui para a compreensão do porquê uma proposição é estabelecida como conhecimento, estimulando o aluno a pensar de maneira integrada e crítica, com uma visão ampliada e consistente da atividade científica:

*“a abordagem histórico-filosófica funciona como um fio condutor dos raciocínios, como um elemento na estrutura didática que favorece a cognoscibilidade dos conteúdos, que justifica racionalmente a coordenação didática desses, estabelecendo-se no próprio corpo integrado das estruturas de ensino e, como pretendemos, de aprendizagem” (Batista, 2005, p. 15).*

Assim, o processo de ensino e de aprendizagem em Ciências desde as séries iniciais do ensino Fundamental deve contar com uma abordagem pedagógica que integre a História e a Filosofia da Ciência, aliada à integração entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, objetivando um processo interdisciplinar de construção do conhecimento científico pelo aluno, conforme discutiremos a seguir.

### **3. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA:**

O desenvolvimento científico e tecnológico constante requer uma resposta ágil por parte da sociedade e, conseqüentemente, da educação. A Ciência e a Tecnologia têm deixado de ser um conhecimento para poucos acadêmicos para tornar-se parte da vida do cidadão comum, que necessitam cada vez mais de um mínimo conhecimento científico para compreender o seu mundo em mudança. Nesse enfoque, Delizoicov & Lorenzetti concordam que

*“Aumentar o nível de entendimento público da Ciência é hoje uma necessidade, não só como prazer intelectual, mas também como uma necessidade de sobrevivência do homem. É uma necessidade cultural ampliar o universo de conhecimentos científicos, tendo em vista que hoje se convive mais com a Ciência, a Tecnologia e seus artefatos” (Delizoicov & Lorenzetti, 2001, p. 41)*

No entanto, grande parte das sociedades, sejam elas desenvolvidas ou em desenvolvimento, apresentam um baixo nível de Alfabetização Científica, pois os currículos escolares poucas vezes abordam o desenvolvimento científico e tecnológico e as interações entre esses conhecimentos com os aspectos naturais e sociais da vida das pessoas (CAJAS, 2001, p. 243). Assim, nas últimas décadas, as pesquisas mostraram um aumento significativo com a preocupação de desenvolver um ensino de Ciências que possibilite uma maior integração entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e que procurem implementar um discurso científico escolar mais coerente e relevante para a vida diária. Seguindo esta tendência, as reformas curriculares orientam um ensino de Ciências voltado para a alfabetização científica em que a inclusão de componentes sociais e tecnológicos neste ensino apontam esses fatores como essenciais para a formação básica dos cidadãos. Sobre esse enfoque, Furió et al consideram que um ensino de Ciências com enfoque na Alfabetização Científica proporcionará uma formação mais contextualizada com a vida hodierna:

*“Logicamente, o ensino de ciências deverá contribuir com a consequência desses objetivos, com a compreensão de conhecimentos, procedimentos e valores que permitam aos estudantes tomar decisões, perceber tanto as utilidades das ciências como suas aplicações na melhora da qualidade de vida dos cidadãos, e as limitações e consequências negativas de seu desenvolvimento (FURIÓ et al, 2001, p.365)”*.

A Alfabetização Científica é uma das linhas de investigação no ensino de Ciências, buscando uma mudança dos objetivos nesse ensino e propostas metodológicas que atendam a essa nova perspectiva. Anteriormente, o conhecimento escolar era visto como uma simplificação do conhecimento científico sem uma preocupação com os fundamentos teóricos sobre a aprendizagem de ciências (Cajas, 2001, p.245). Nos últimos anos, devido as crescentes investigações em ensino de ciências, o foco de preocupação passou a ser a relação entre os conhecimentos científicos e tecnológicos; como esses conhecimentos interagem cotidianamente nas vidas das pessoas e como tornar a Alfabetização Científica uma realidade escolar. Para Gil Pérez, é necessário rever o papel da educação atual, abrir os currículos para as transformações científico-tecnológicas e incrementar a utilidade da ciência e o interesse dos estudantes por ela (Gil Pérez, 1998, p.72). É necessário promover uma mudança de concepção de ensino de Ciências, na qual visões de um ensino passivo, presas a tarefas de transmissão de conhecimentos, não tenham mais lugar na dinâmica do processo de ensino e de aprendizagem, e sim novas perspectivas que visam um ensino contextualizado e significativo (Angotti & Auth, 2001, p. 23).

Com uma efetiva Alfabetização Científica, alunos podem ter uma visão de que a Ciência é parte do seu mundo, e que o conhecimento científico é de fundamental importância para interagir pessoal e socialmente, melhorando sua vida e a sua sociedade. Desse modo, compreendemos que a Alfabetização Científica é importante para o desenvolvimento do cidadão, portanto deve ser desenvolvida desde as séries iniciais do Ensino Fundamental “constituindo-se um meio para o indivíduo ampliar seu universo de conhecimento, a sua cultura, como cidadão inserido na sociedade” (Delizoicov & Lorenzetti, 2001, p.43). A Alfabetização Científica nas séries iniciais do Ensino Fundamental preocupa-se em abordar conhecimentos científicos que permitam ao aluno ler e compreender o universo em que vive, associar esses conhecimentos com situações reais de sua vida e desenvolver uma atitude crítica e reflexiva frente às constantes mudanças da nossa sociedade.

Nesse sentido, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) asseguram que o ensino de Ciências no nível fundamental deve proporcionar ao aluno uma visão integrada desses conteúdos e suas relações com a Tecnologia e com a Sociedade (Brasil, 1997, p. 23-24). Apesar da criança fazer uso e conviver com produtos tecnológicos advindos do conhecimento científico, ela precisa ter conhecimento para refletir a respeito dos processos envolvidos no desenvolvimento do conhecimento científico e, conseqüentemente, na produção e distribuição da tecnologia. O ensino de Ciências deve visar à participação social do estudante desde as séries iniciais para que o indivíduo, ainda criança, habitue-se a exercer opções autônomas e conscientes, não somente acerca do desenvolvimento tecnológico e suas conseqüências, mas em todas as instâncias do exercício da cidadania. O bloco temático sobre “recursos tecnológicos” presente nos PCNs (Brasil, 1997, p.54-57) asseguram as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade no sentido de comprometer o aluno a uma visão não estereotipada das Ciências, em que o desenvolvimento científico e tecnológico estão relacionados com vários outros aspectos de sua vida e da sociedade. Essa fundamentação da Alfabetização Científica é propícia e necessária pois, juntamente com a História e

a Filosofia da Ciência, guardam o eixo interdisciplinar na própria essência uma vez que é produzida pela confluência desses saberes. Esse enfoque também é ressaltado nos PCNs:

*“Para o ensino de Ciências Naturais é necessária a construção de uma estrutura geral da área que favoreça a aprendizagem significativa do conhecimento historicamente acumulado e a formação de uma concepção de Ciência, suas relações com a Tecnologia e com a Sociedade. Portanto, é necessário considerar as estruturas de conhecimento envolvidas no processo de ensino e aprendizagem – do aluno, do professor, da Ciência” (Brasil, 1997, p. 31).*

Dessa forma, consideramos que a relação interdisciplinar promovida pela interação entre a abordagem histórico-filosófica e a Alfabetização Científica pode contribuir para a organização das estruturas cognitivas do aluno objetivando uma Aprendizagem Significativa de Ciências.

#### **4. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA:**

A investigação a respeito da cognição busca esclarecer como o sujeito organiza seu pensamento, como ocorre o processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso das informações envolvidas no processo de aprendizagem, e tem como objetivo identificar os padrões estruturados dessa transformação (Moreira & Masini, 1982, p.3). O cognitivismo de Ausubel estuda questões da formação de significados no nível da consciência, em que esses significados são pontos de partida para a aquisição de outros significados.

Na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, “aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva” (Moreira & Masini, 1982, p. 4). Esta organização e estruturação se dão a partir da relação com outras idéias que o sujeito já possui. Ausubel considera que a aprendizagem significativa é o processo cognitivo natural para a “aquisição e armazenamento de uma vasta quantidade de idéias e informações representadas por algum campo do conhecimento” (Ausubel, Novak & Hanesian, 1980, p. 33). As novas idéias e informações são aprendidas na medida em que novos conceitos estejam realmente claros na estrutura cognitiva do sujeito, funcionando como pontos de apoio para a ancoragem de novas idéias. Porém, a experiência cognitiva não se restringe apenas à relação entre os componentes da nova aprendizagem aos conceitos já existentes, exige também modificações significativas na estrutura cognitiva por meio da interação com o novo material, de forma que os conceitos mais relevantes e inclusivos funcionem como ancoradouro para o novo material, mas também se modifiquem em função dessa ancoragem (Moreira & Masini, 1982, p. 4).

Segundo Ausubel, a essência da aprendizagem significativa está no processo em que o material novo, idéias e informações que apresentam uma certa estrutura lógica, são relacionados a algum aspecto da estrutura cognitiva do aluno, como por exemplo, imagens, símbolos, conceitos ou proposições, sendo por eles assimilados e incorporados à sua estrutura cognitiva (Ausubel, Novak & Hanesian, 1980, p. 34). Classifica-se a Aprendizagem Significativa em três tipos básicos: *aprendizagem representacional*, *aprendizagem de conceitos* e *aprendizagem proposicional*, sendo a *representacional* o tipo mais básico de aprendizagem significativa que diz respeito a compreender o significado de símbolos particulares, como por exemplo, as palavras, e aprender o que elas

representam. Na *formação de conceitos*, Ausubel considera que “os atributos essenciais do conceito são adquiridos por meio de experiências diretas e através de estágios sucessivos de formação de hipóteses, testes ou generalizações”(Ausubel, Novak & Hanesian, 1980, p.47).

Para fins instrucionais, os conceitos podem ser organizados num diagrama bidimensional chamado ‘mapa conceitual’ que pode ser utilizado para organizar a estrutura conceitual de uma área do conhecimento. Segundo Moreira & Buchweitz, mapa conceitual “é uma técnica de análise que pode ser usada para ilustrar a estrutura conceitual de uma fonte de conhecimentos” (Moreira & Buchweitz, 1987, p. 9). Para facilitar uma aprendizagem escolar mais significativa em nossos alunos, é necessário investigar instrumentos que ajudem evidenciar e facilitar este tipo de aprendizagem. Os mapas conceituais são instrumentos válidos para averiguar as concepções prévias dos alunos e sua evolução durante o processo de aprendizagem, como também relacionar essas concepções com conceitos mais inclusivos sobre o conteúdo estudado, criando uma rede progressiva de significados (Guruceaga & González García, 2004, p. 117). Aplicando o mapa conceitual como instrumento de investigação e avaliação de aprendizagem, buscamos observar o tipo de estrutura que os alunos apresentam a respeito de do conjunto de conceitos sobre a teoria das cores e como eles organizam, relacionam, diferenciam e integram tais conceitos. Com tal instrumento, obteremos conhecimento prévio dos alunos envolvidos em nossa pesquisa bem como investigaremos as mudanças ocorridas após a aplicação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados neste artigo foram construídos por meio de pesquisa documental, com a análise de documentos históricos, como as obras dos cientistas que estudaram os fenômenos descritos, e da fundamentação teórica da proposta apresentada nos três eixos atuais de pesquisas em Ciências. A nossa proposta busca uma integração entre as investigações em História e Filosofia da Ciência, Alfabetização Científica e Aprendizagem Significativa no Ensino de Ciências, com as necessárias adaptações e transformações didáticas para aplicação da mesma nas séries iniciais do Ensino Fundamental. Os exemplares históricos selecionados para este artigo fundamentarão a construção de instrumentos didáticos que, juntamente com as abordagens discutidas, objetivarão uma Aprendizagem Significativa da teoria das cores. A integração final dos eixos ocorrerá, acreditamos, na construção e investigação dos instrumentos didáticos. Os dados recolhidos durante o processo de aplicação da proposta, bem como as análises dos mesmos, serão expostos em uma outra oportunidade.

## REFERÊNCIAS

- ANGOTTI, J. & AUTH, M. Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. *Ciência & Educação*, vol. 7, nº 1, p. 15-27, 2001.
- AUSUBEL, D., NOVAK, J. & HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.
- BATISTA, I. L. O Ensino de Teorias Físicas mediante uma Estrutura Histórico-Filosófica. *Ciência & Educação*, 2005 (no prelo).

- BATTISTI, C. A.. **O método de análise em Descartes: da resolução de problemas à constituição do sistema do conhecimento**. Edunioeste, 2002.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. MEC, 1997.
- CAJAS, F. Alfabetización científica y tecnológica la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencia*, vol. 19, nº 2, p. 243-254, 2001.
- DELIZOICOV, D. & LORENZETTI, L. Alfabetização Científica no contexto das séries iniciais. *Ensaio*, vol. 3, nº 1, p. 37-50, 2001.
- DESCARTES, R.. **Oeuvres de Descartes**. Paris: Vrin, 1996. 11 vol. Publiées par Charles Adam e Paul Tannery.
- FURIÓ, C.; VILCHES, A.; GUIASOLA, J. & ROMO, V. Finalidades de la enseñanza de las ciencia em la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencia*, vol. 19, nº 3, p. 365-376, 2001.
- GALILI, I. & HAZAN, A. Experts' Views on Using History and Philosophy of Science in the Praticice of Physics Instruction. *Science & Education*, vol. 10, p. 345-367, 2001.
- GIL PÉREZ, D. El papel de la Educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. *Revista Iberoamericana de Educación*, nº 18, p. 69-90, 1998.
- GURUCEAGA, A. & GONZÁLEZ GARCÍA, F. Aprendizaje Significativo y Educación Ambiental: análisis de los resultados de una práctica fundamentada teóricamente. *Enseñanza de las Ciências*, vol. 22, nº 1, p. 115-136, 2004.
- HUYGENS, C.. Tratado sobre a Luz. Tradução: MARTINS, Roberto de Andrade. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, suplemento 4, p. 1- 99, 1986.
- MATTHEWS, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, vol. 12, nº 3, p. 164-214, 1995.
- MATTHEWS, M. *Science Teaching: The role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge, 1994.
- MOREIRA, M. A. & BUCHWEITZ, B. **Mapas Conceituais**: Instrumentos Didáticos, de Avaliação e de Análise de Currículo. São Paulo: Editora Moraes, 1987.
- MOREIRA, M. A. & MASINI, E. F.S. **Aprendizagem Significativa**: A Teoria de David Ausubel. São Paulo. Editora Moraes, 1982.
- NEWTON, I. Nova Teoria sobre Luz e Cores. Tradução: SILVA, C. C. & MARTINS, R. A. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 18, nº 4, dezembro, 1996.
- NEWTON, I. **Óptica**. Tradução: ASSIS, André Koch Torres. São Paulo: EDUSP, 2002.
- PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. (org.). **Ensino de Física** – Conteúdo, Metodologia e Epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.
- 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*, vol. 9, nº 1, p. 53-65, 2003.
- SOLBES, J. & TRAVER, M. Against a Negative Image of Science: History of Science and the Teaching of Physics and Chemistry. *Science & Education*, vol. 12, nº 7, p. 703-717, 2003.