
A NATUREZA DA LUZ: UMA ATIVIDADE COM TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM SALA DE AULA¹

José Alves da Silva
Maria Regina Dubeux Kawamura
Instituto de Física – USP
São Paulo - SP

Resumo

Discutimos a utilização de material de divulgação científica em sala de aula, no Ensino Médio, por meio da análise dos resultados de um conjunto de atividades especialmente planejadas em função desse tipo de material. Nessas atividades, procurou-se abordar a questão da natureza da luz, dentro do espaço curricular tradicional de ótica.

I. A divulgação científica e o contexto escolar

Em que pese o fato de ainda haver pouca cobertura por parte da mídia para a área de ciência e tecnologia em se comparando com o avassalador papel social que desempenham, não é difícil detectar uma preocupação crescente com a difusão de conhecimentos relativos a elas. Proliferam revistas, seções de jornais, programas multimídias, vídeos, filmes, exposições, palestras etc., com o objetivo de saciar os anseios de uma população, curiosa e angustiada, diante de transformações espantosamente rápidas em seu modo de vida, que parecem estar buscando, no conhecimento dessas transformações, elementos para uma melhor compreensão de sua realidade.

A busca por informações científicas e tecnológicas, no entanto, não é recente. Há mais de trinta anos, Reis (1964) já alertava para o papel formador dos veículos responsáveis por esse tipo de informação, afirmando que “*a divulgação científica deve ser um magistério sem classe, isto é, um magistério dirigido ao mesmo tempo e a todos os cidadãos*”. Ele salientava a sua importância afirmando que “*os meios de comunicação se constituem na única fonte popular de informação*”.

Ainda em relação ao caráter formador da divulgação científica, Hernando (1982) chamava a atenção para o fato de, até o começo dos anos 80, o papel dos divulgadores de ciência ter se limitado a popularizar idéias, conceitos e fatos de difícil

¹ Este artigo resulta da monografia de fim de curso “*Natureza da Luz: da Mídia Para a Sala de Aula*”, SILVA, J.A., São Paulo, IFUSP, 1997.

compreensão ao grande público, mas que “no futuro deve converter-se em um instrumento indispensável ao serviço do desenvolvimento integral do indivíduo e de sua participação plena na vida coletiva”.

Estudos mais recentes, como o de Kawamura & Salém (1996), apontam para um aumento da procura por esse tipo de informação: “*nota-se uma crescente preocupação com a difusão dos conhecimentos científicos para um público cada vez mais amplo e diversificado, o chamado público-leigo: crianças, jovens e adultos*”.

No entanto, o ensino de ciências e, no presente caso o de Física, parece estar à margem deste processo, conforme assinalam essas mesmas autoras: “*parece evidente que, enquanto de um lado os meios de comunicação despertam interesse e atraem o público em geral (inclusive o estudante e o professor), de outro lado, a Física tratada na escola é, via de regra, vista como algo frio, desinteressante e distante, quando não assustador*” (Kawamura & Salém, 1996).

O fato do material de divulgação despertar este anseio e, além disso, mostrar-se na maioria das vezes “instigante”, alerta-nos para o seu potencial como recurso didático. A constatação desse potencial didático, no entanto, parece ser relativamente recente.

Divulgadores famosos como Carl Sagan, em seu livro “*O Mundo Assombrado Pelos Demônios (1996)*”, defende o uso desses materiais nas escolas: “*a melhor maneira de se divulgar ciência é por meio de livros didáticos, livros populares, CD-ROMs e toca-discos a laser. Pode-se ruminar a informação, seguir o seu próprio ritmo, rever as partes mais difíceis, comparar os textos, compreender em profundidade. Mas isto tem de ser feito da forma correta, sobretudo nas escolas, o que não acontece hoje*”.

Carli (1988), chegou a enumerar seis possibilidades para o uso em sala de aula de materiais de divulgação científica, a partir dos objetivos pretendidos, sem, no entanto, especificar as formas para a sua realização concreta: 1) *Motivar os alunos para o estudo de um tema pouco interessante*; 2) *Mudar o comportamento em relação à aprendizagem de ciências*; 3) *Compreender os mecanismos de funcionamento e de produção do conhecimento científico*; 4) *Ilustrar o conteúdo formal*; 5) *Atualizar conhecimentos em ciência*; 6) *Avaliar socialmente a ciência*.

Dessa maneira, os conhecimentos formais, tradicionalmente trabalhados em sala de aula, podem interagir com as informações fornecidas pelos meios de divulgação, com benefícios para o aprendizado do aluno. Nesse caso, o material de divulgação científica pode vir tanto como elemento desencadeador do conhecimento formal quanto como complemento a este último.

Das seis possibilidades propostas por Carli (1998), destacamos aquela relacionada à atualização do conhecimento e a sua transposição para o espaço formal do ensino de Física. Como se sabe, a Física ensinada no Ensino Médio não chega nem

mesmo ao começo do século passado. Ignora, portanto, as grandes descobertas ocorridas neste século, bem como as grandes transformações sociais ocorridas em conseqüência. Como quase tudo o que se publica é atual e novidade, acreditamos ser provável que esta atualização de conhecimentos torne-se uma conseqüência promovida pelo uso de textos de divulgação científica.

Destacamos ainda, com maior ênfase, a possibilidade de discutir socialmente a ciência a partir da utilização do material de divulgação em sala de aula. Como se sabe, o impacto das informações veiculadas nos meios de comunicação é muito forte e, mesmo assim, quase nunca os indivíduos questionam a sua veracidade e tampouco refletem sobre as possíveis conseqüências dessas informações em suas vidas. Levando-se em conta essa constatação, uma aula preparada com esse material pode proporcionar situações ricas de novos significados como: debater notícias, verificar sua veracidade e discutir criticamente suas conseqüências.

Além destas possibilidades, acrescentaria uma outra de grande importância: a de estimular a leitura, algo praticamente esquecido no ensino de ciências. Segundo Almeida & Ricón (1993): *“É, por pensarmos na construção social e gradual do conhecimento, que devemos enfatizar a importância de práticas que, além de incorporarem o saber científico, contribuem para a formação de hábitos e atitudes que permanecerão após o abandono da escola. E a leitura de textos literários e de divulgação certamente tem lugar nessas práticas”*.

No entanto, qual a maneira mais adequada para utilizar esse material em sala de aula? Até que ponto é possível efetivamente utilizá-lo como instrumento para fazer com que os alunos aprendam um determinado conteúdo? Quais os possíveis cuidados que devem ser tomados no momento em que vamos utilizá-lo? Essas são questões muito amplas e que, provavelmente, não comportam respostas únicas nem simples. Este trabalho pretende contribuir para elucidá-las por meio da descrição e análise de uma atividade em sala de aula em que o material de divulgação científica teve papel fundamental.

Para tanto, caracterizamos uma amostra do material de divulgação científica existente no mercado relativo a um tema específico (luz), visando encontrar subsídios para a elaboração de uma estratégia para implantação desse material em sala de aula. Em seguida, descrevemos como ocorreu essa implantação e analisamos os seus resultados.

II. Caracterização do material de divulgação científica

Especificamente, nesse trabalho, restringimos o termo “material de divulgação científica” a textos impressos, seja na forma de livros de divulgação, artigos científicos para leigos, reportagens de jornais e revistas, notícias e perguntas de leitores.

Diante dessa definição, o primeiro procedimento tomado visando uma possível utilização do material de divulgação em sala de aula foi analisar detalhadamente aquele que dispomos no mercado, a fim de caracterizá-lo. Foi necessário observar linguagem, tipos de publicação (artigos, notícias, perguntas de leitores etc.), possíveis interesses de diferentes público-alvos, assuntos mais abordados etc. para, somente a partir disso, escolher aqueles que seriam efetivamente utilizados em sala de aula e a estratégia mais adequada para a efetiva implantação.

Dada a imensa variedade do material de divulgação existente no mercado, centralizamo-nos na análise dos materiais de óptica extraído do banco de dados FISBIT.

O FISBIT é um banco de dados de referências e publicações com conteúdos relacionados à Física, dirigido especialmente a professores do Ensino Médio, na forma de um software. Segundo suas autoras Kawamura & Salém(1997), *“seu objetivo é contribuir para a atualização do Ensino de Física, estimular e fornecer subsídios ao professor para abordar conhecimentos científicos e tecnológicos atuais, além de ampliar e enriquecer o tratamento dos próprios conteúdos curriculares”*. Ele contém atualmente mais de 2500 registros de artigos, notícias, perguntas de leitores (e respectivas respostas), resenhas e entrevistas de jornais, além de livros de divulgação, no período de 1989 a 1997. Ao consultá-lo, obtivemos 86 referências ao tema “LUZ”.

Devido ao número elevado dessas referências, procuramos analisar os assuntos mais abordados. Do ponto de vista do assunto abordado, foi possível classificar esse material em quatro grandes categorias que, além de não serem as únicas viáveis, apresentam, com certeza, alguma sobreposição. Outras classificações também seriam possíveis como, por exemplo, segundo o aspecto físico de ótica que está sendo abordado (fenômenos relacionados à ótica geométrica como reflexão, refração etc. ou à ótica física como difração e interferência). Preferimos, no entanto, classificar segundo o interesse que parece estar por trás das reportagens, visando obter indícios do que poderia ser mais adequado para a elaboração da estratégia de ensino.

Os assuntos abordados, segundo essas quatro categorias, são:

Mundo sensível e curiosidades: Compreende perguntas, notícias e artigos que envolvem aspectos da luz relacionados aos sentidos, particularmente à visão, tais como cor, arco-íris, noite, dia etc. Como exemplo, citam-se: *“O que é cor?”*, *“Por que o céu é azul?”*, *“Por que o arco-íris tem a forma de arco?”*, *“As cores estão nos olhos de quem as vê?”*, entre outros.

Aplicações tecnológicas e conceitos óticos no cotidiano: Compreende questões relacionadas a novos aparelhos óticos ou aos populares “como funciona...”, tais como fibra ótica, optoeletrônica, laser, fotografia, hologramas etc. Como exemplos, citam-se: *“Como funciona uma holografia?”*, *“Luz nas ondas de rádio”*,

“Qual a diferença entre o microscópio ótico e o eletrônico?”.

Natureza da luz: Compreende os aspectos mais filosóficos da natureza da Luz, sobretudo a dualidade onda partícula. Como exemplo, cita-se: “Luz tem peso?”, “Interação da Luz com a matéria”, “É possível armazenar luz da mesma forma que o ar?”, “Novo laser não é raio de luz, mas de matéria”, entre outras.

A luz nas outras ciências: Compreende questões em que a luz e seus fenômenos são utilizados como instrumento para explicar outros fenômenos mais diretamente estudados por outras ciências, como Astronomia (“Por que sempre se vê a mesma face da Lua?”, “Por que a Lua aparece durante o dia?”, “O anel impossível de Einstein”) etc.

Outros: Referências não enquadradas nos grupos anteriores. Não se trata propriamente, portanto, de uma categoria e nem possui significativa preponderância, mas será identificada dessa forma para facilitar a apresentação da análise.

Além dessa classificação, foi necessário verificar em que tipo de publicação (perguntas de leitores, artigos, notícias, livros) esses temas apareceram com maior frequência dentre as fontes catalogadas no FISBIT. Pretendemos, com isso, obter indícios do real interesse que está por trás de cada tipo de publicação: quais temas são mais frequentes nas perguntas de leitores; o que é anunciado como novidade (portanto, é notícia); quais as discussões mais frequentes nos artigos; e assim por diante.

Os levantamentos resultaram na tabela abaixo:

Tabela 1: Porcentagem de temas em cada tipo de publicação

Tipo de Publicação	Tema					
	A	B	C	D	E	Total
Perguntas	22	16	07	07	01	54
Artigos	03	06	13	01	06	29
Notícias	03	07	02	0,0	02	14
Outros	02	01	00	0,0	0,0	03
Total	30	30	22	08	09	100

As Tabelas 2 e 3 a seguir, decorrentes da tabela 1, abordam exclusivamente a relação entre o tipo de publicação e os temas classificados nas quatro categorias. A tabela 2 apresenta a porcentagem de temas existente em cada tipo de publicação, enquanto a tabela 3 apresenta a porcentagem do tipo de publicação em cada tema. Por meio delas, é possível verificar, por exemplo, que a maioria das perguntas de leitores está concentrada na categoria A, relacionada ao mundo sensível.

Tab. 2: Distribuição percentual de temas para cada tipo de publicação

Tipo de publicação	Temas					
	A	B	C	D	E	Total
Perguntas	41	31	13	13	02	100
Artigos	12	20	44	04	20	100
Notícias	17	50	17	00	17	101
Outros	67	33	0,0	00	00	100

Tab. 3: Distribuição percentual de tipos de publicação para cada tema.

Tema	Tipo de publicação				
	Perguntas	Artigos	Notícias	outros	Total
A	73	12	08	08	100
B	54	19	23	04	100
C	37	58	11	00	100
D	86	14	00	00	100
E	13	63	25	00	100

A Tabela 1 revela a preponderância das duas primeiras categorias - mundo sensível (A) e avanços tecnológicos (B) - sobre as demais, ao mesmo tempo em que constatamos um rigoroso equilíbrio entre as duas. Tal resultado pode ser um indício do que está por trás do interesse do público: a compreensão do seu mundo vivencial, uma vez que tanto os fenômenos naturais cotidianos quanto os avanços tecnológicos (ou o “*como funciona...*”) estão intimamente relacionados ao mundo em que o sujeito vive. As dúvidas parecem ter surgido da própria interação do indivíduo com o seu cotidiano.

Vemos ainda, na Tabela 1, que a natureza da luz (categoria C) ocupa lugar de destaque dentre os assuntos mais abordados no material de divulgação analisado. É possível percebermos ainda que a maior parte está concentrada nos artigos (13%) e uma percentagem menor (7%) é constituída de perguntas de leitores. É interessante informar que muitas de tais perguntas exigiam respostas que abordavam a relação onda-partícula (“*Luz tem peso?*”), embora nem sempre pareça que os leitores tenham pensado na dualidade ao formulá-la. Já os artigos, em sua maioria, referiam-se especificamente à dualidade onda-partícula. Embora haja uma preponderância dos artigos sobre as perguntas de leitores nessa categoria - o que pode ser interpretado como uma consequência de um maior interesse em discutir o assunto por parte dos

cientistas do que por parte do público leigo - o número expressivo do material de divulgação referente à natureza da luz é algo inesperado, uma vez que esse tipo de discussão – imaginávamos - estivesse somente restrito a ambientes acadêmicos.

A intercessão da luz com as outras ciências (categoria D) aparece com menos ênfase no quadro geral. Apesar de relativamente numerosas, as referências desse grupo têm como interesse fundamental fenômenos relacionados a outras ciências, citando a luz como aspecto sensível e visível do fenômeno. Como exemplo, pode-se citar a pergunta: “*Por que a Lua aparece durante o dia?*”. O interesse é o movimento dos astros, mas o leitor usou o seu mundo sensível (a luz) para formular a pergunta.

Os dados da Tabela 1, relacionados ao tema LUZ, indicam que a maior parte dos materiais existentes no FISBIT é perguntas de leitores (53%), seguidos por artigos (31%) e notícias (13%). Apesar de ser muito arriscado inferir qualquer interpretação desses dados (o FISBIT não abrange tudo o que é publicado), não é completamente absurdo supor um interesse maior em entender a luz e os seus fenômenos por parte do público leigo do que por parte dos cientistas. Talvez isso esteja relacionado ao próprio cotidiano - cientistas supostamente já conhecem as explicações para os fenômenos cotidianos e, por essa razão, preferem (ou são convidados pelas editoras) discutir eventuais sutilezas ou problemas na elaboração desses conceitos (por isso, escrevem artigo) - enquanto o público leigo ainda está tentando conhecer essas explicações (por isso fazem perguntas). As tabelas 2 e 3 também parecem ilustrar essa constatação: a maior parte dos artigos, tradicionalmente utilizados para discutir conceitos, está concentrada na categoria C (natureza da luz), onde a discussão da dualidade é mais presente.

Na verdade, mesmo as perguntas de leitores classificadas na categoria C – natureza da luz – também podem ter vindo de um contato já iniciado com o tema: o sujeito já pode ter ouvido dizer que a luz tem um caráter dual, fez elucubrações e, com isso, formulou a dúvida. Assim, é possível dizer que também pode haver um interesse do público leigo ligado diretamente à própria dualidade da luz, explicitado por meio das suas perguntas.

A tabela 2 também mostra que a maior parte das notícias está relacionada às inovações tecnológicas (categoria B). Este dado parece refletir o fato de, em geral, a notícia ser uma novidade. E novidade, em termos de luz, é os avanços tecnológicos a ela relacionados: laser, fibra ótica, optoeletrônica, etc.

A tabela 3, por sua vez, ao mostrar que 76% dos títulos relacionados à categoria A (mundo sensível) são perguntas, contra apenas 12% dos artigos, reforçam o fato de esse tema ser de grande interesse do público leigo. O mesmo também pode ser dito quanto aos temas relacionados aos avanços tecnológicos (categoria B), em que a maior parcela (56%) dos títulos é perguntas, com uma ressalva de que há um ligeiro aumento dos artigos (20%) e notícias (24%) em relação à categoria A.

Em comum entre todos esses tipos de publicação e sobretudo entre aqueles relacionados às perguntas de leitores e, com certeza, o seu caráter instigante, quase lúdico.

Embora não nos dê afirmações contundentes, a análise do material nos acrescentou uma série de subsídios para a elaboração da estratégia da atividade a ser desenvolvida. Um deles é a explicitação das possibilidades de abordagem do tema luz em sala de aula, amadurecidas no momento da classificação do material em categorias; um outro é o estabelecimento de um quadro de interesses gerais relacionados ao tema luz que poderiam servir como “eixos” para uma eventual motivação ou introdução do tema em sala de aula; e, por fim, o estabelecimento de um “repertório de idéias” que, eventualmente, poderiam ser úteis durante a elaboração e a implantação efetiva da atividade.

Os efeitos dessa caracterização na elaboração e na implantação da estratégia de ensino são detalhados a seguir.

III. Estratégia e implantação

A implantação em sala de aula ocorreu em uma turma do segundo ano do Ensino Médio, em uma escola da rede pública estadual paulista, abordando o tema ótica, dando-se uma ênfase especial à questão da natureza da luz (dualidade onda-partícula). O professor responsável era um dos autores desse artigo.

O tema “ótica” estava previsto para ser trabalhado ao longo de um bimestre. Optamos, então, por programar atividades que envolvessem os aspectos típicos usualmente trabalhados na ótica curricular - ótica geométrica (espelhos, lentes, reflexão) e alguns fenômenos de ótica física (difração e interferência) – acrescentando e enfatizando a discussão sobre a natureza da luz (dualidade onda-partícula).

Assim, propusemos como tema central do curso a questão “O que é luz?”, ocasião em que pretendíamos destacar a dualidade onda-partícula. A ênfase à questão da dualidade ocorreu por vários motivos. Dentre eles, a própria peculiaridade de uma dualidade em ciência, polêmica e, portanto, passível de discussões. Cita-se, como motivação a mais, os trabalhos de Fagundes & Zanetic (1997) ao afirmarem que “ *a abordagem conceitual do comportamento dual da natureza da luz pode ser um caminho para propor a inserção da Física Quântica no Ensino Médio, pois contextualiza as suas principais características e fornece um amplo panorama deste século*”. Além disso, acreditamos ser a ótica uma das áreas mais lúdicas da Física, pois trabalha cores, arco-íris, lentes etc. Por fim, estávamos numa realidade escolar em que o conteúdo curricular previsto para ser dado naquele período era o de ótica.

Da análise e interpretação do material de divulgação existente no mercado, propusemos a estratégia com a qual introduzimos o material de divulgação

em sala de aula.

Optamos pela elaboração de perguntas feitas em conjunto por aluno e professor (chamaremos de “estratégias de perguntas”), devido ao fato de existir um número bastante expressivo de perguntas de leitores disponível no mercado referente a esse tema. Além disso, o ato de perguntar (e fazê-lo bem) possui um valor pedagógico inestimável, uma vez que possibilita aos alunos motivação, desequilíbrios em suas estruturas cognitivas e, caso suas perguntas sejam bem respondidas, possibilitam a reestruturação dessas mesmas estruturas.

Ainda da análise e interpretação do material, acreditamos ser possível utilizar textos extraídos de notícias ou reportagens e de livros de divulgação, referentes à ótica, capazes de sintetizar tudo o que seria trabalhado no curso.

Como as perguntas seriam propostas pelos alunos, pelo professor e outras extraídas do próprio material de divulgação, acreditamos ser o uso do material de divulgação insuficiente para responder a todas. Por isso, foi necessário elaborar um conjunto mais amplo de atividades para responder a todas. Essas atividades foram bastante diferenciadas. Abrangiam experiências, aulas expositivas, leitura de livros didáticos e, especialmente importante para nós, a leitura de textos de divulgação, incluindo respostas de perguntas de leitores.

Apresentamos a seguir uma listagem das principais perguntas construídas e desenvolvidas em sala de aula, acompanhadas de uma breve descrição da atividade correspondente e adequada para respondê-las. As duas primeiras atividades foram previamente planejadas sem a participação direta dos alunos e visavam prepará-los para que elaborassem as suas perguntas, tal qual um leitor o faria. Dependendo dos tipos de perguntas formuladas por eles, escolheríamos, dentre o material de divulgação analisado anteriormente, os mais adequados para serem trabalhados em sala de aula

Além disso, pretendíamos problematizar a dualidade partindo dos fenômenos e, para isso, resolvemos trabalhar primeiramente aqueles “resolvidos” pela ótica geométrica (reflexão e refração, por exemplo), passando-se pelas suas limitações e o conseqüente estabelecimento da ótica física (difração e interferência). Por essas razões, a seqüência de atividades ficou com a seguinte estrutura:

Quadro 1: Seqüência de atividades programadas

Ordem	Pergunta	Atividade	Objetivos
1	O que há dentro da caixa-preta?	“Caixa-preta”: Diante de uma “caixa-preta”, os alunos eram incitados a fazerem perguntas a fim de descobrirem o que havia dentro dela.	Enfatizar a importância de fazer perguntas; formular hipóteses.

2	Quais as suas dúvidas Quanto à luz?	Elaboração de perguntas pelos alunos.	Levantar o conjunto de assuntos referentes à luz no universo dos alunos.
3	O que acontece com a luz quando encontra um obstáculo?	Experiência: incidir luz sobre alguns objetos como papelão, vidro e espelho.	Estudar o fenômeno da reflexão.
4	O que acontece com um espelho? Por que e como se forma a imagem em um espelho?	Experiência: traçar retas, de várias posições diferentes, em direção a uma imagem de um objeto qualquer em um espelho plano.	Estudar formação de imagens em um espelho plano.
5	O que acontece com a luz quando consegue vencer um obstáculo?	Experiência: caneta em caixa d'água.	Estudar refração.
6	Será que alguém já fez perguntas parecidas com a nossa sobre luz?	Leitura de perguntas de leitores previamente selecionadas.	Retomar diversos tópicos já trabalhados nas atividades anteriores.
7	O que acontece com a luz quando atravessa diferentes orifícios?	Experiência: incidência do laser em fenda, prisma e lente.	Estudar a formação de imagens através de lentes e os fenômenos de dispersão, difração e interferência.
8	O que é a luz?	Seminário utilizando textos de divulgação científica.	Discutir dualidade onda-partícula.
9	Será que alguém já fez perguntas parecidas com a nossa sobre luz?	Leitura de perguntas de leitores previamente selecionadas.	Sintetizar natureza da luz, difração e interferência.
10	Que perguntas as pessoas com as quais convivemos fazem sobre luz?	Recolhimento de perguntas junto à comunidade.	Verificar a utilidade do conhecimento aprendido.
11	Que pergunta nova você tem sobre luz?	Avaliação individual escrita, incluindo, entre outras, uma pergunta nova.	Comparar as perguntas iniciais e finais.

A maneira pela qual os alunos reagiram ao longo do desenvolvimento das atividades e os tipos de perguntas por eles elaboradas são descritos a seguir.

IV. Resultados

Apresentamos, como resultado dessa atividade, dois tipos de análise: uma “qualitativa”, extraída da descrição do que de mais importante - relativamente à participação dos alunos – conseguimos observar durante a implantação da estratégia; e outra, mais “objetiva”, extraída de uma análise mais sistemática das perguntas dos alunos feitas no início – antes, portanto, da realização de todas as atividades as quais chamaremos de “perguntas iniciais” - e no final do curso – quando solicitamos aos alunos novas perguntas sobre luz - as quais chamaremos de “perguntas finais”.

i. Descrição da participação dos alunos nas atividades envolvendo material de divulgação:

A seguir, apresentamos uma descrição pormenorizada do que eram as atividades referentes ao material de divulgação e como foram recebidas pelos alunos. Tais atividades ocorreram em três momentos: i) distribuição de perguntas iniciais, contendo os assuntos já trabalhados até aquele momento do curso; ii) um seminário discutindo explicitamente o que é luz, com ênfase à dualidade; iii) distribuição de perguntas finais, sintetizando tudo o que foi visto até então.

– Primeira distribuição de perguntas de leitores:

No momento do curso em que foram introduzidas as primeiras perguntas de leitores extraídas de revistas de divulgação, pretendíamos responder a algumas das perguntas formuladas pelos alunos e explicitarmos o fato de perguntas similares às dos alunos já terem sido feitas por outras pessoas, em veículos de informação de massa.

Foram distribuídas, ao todo, sete perguntas de leitores, dentre as quais podemos citar: “*Como foi calculada a velocidade da luz?*”, “*Por que o céu é azul?*”, “*No Nordeste brasileiro, é comum as pessoas pendurarem sacos plásticos transparentes com água nas residências, lanchonetes e bares. Segundo os nordestinos, isso espanta as moscas. É verdade?*”, entre outras.

Como primeira observação, o principal acontecimento no dia seguinte à distribuição das perguntas, foi o fato de alguns alunos pedirem para que as lêssemos conjuntamente em sala de aula. Queixavam-se de não terem compreendido as respostas após a leitura individual. Fizemos, então, uma leitura conjunta: um aluno lia cada uma das perguntas e, em seguida, pedíamos para que alguém da classe explicasse o que havia entendido. Não sendo consideradas suficientemente claras as explicações, dadas sempre por um grupo de alunos, foi necessária a intervenção do professor, explicando cada uma das perguntas e os fenômenos óticos envolvidos nelas.

Cabe salientar, mais uma vez, que as perguntas distribuídas até aquele momento foram previamente selecionadas e consideradas como de fácil compreensão.

A incompreensão por parte dos alunos pode ser um indicador da falha dessa seleção ou da pouca habilidade de leitura dos alunos, ou, ainda, de uma eventual dificuldade existente na própria linguagem utilizada pela divulgação. Como fator positivo, no entanto, podemos citar a empolgação da turma durante a leitura de várias das perguntas. Aquela referente aos sacos plásticos no Nordeste, por exemplo, mereceu atenção especial, pois uma aluna discordou do fato de ser somente no Nordeste que isso era feito: a sua vizinha fazia o mesmo, mas ela acreditava tratar-se de uma “armadilha de criança”.

Podemos observar essa imediata empolgação devido a uma associação do texto lido com o cotidiano dos alunos durante a leitura da pergunta “*Por que o céu é azul?*”. Os alunos sugeriram que uma aluna, fã de um conjunto musical contemporâneo, lesse a pergunta em sala, uma vez que em, uma de suas músicas, essa pergunta é feita de maneira explícita. Aproveitamos a ocasião para instigar mais a discussão da turma, chamando a atenção para que, caso entendessem a resposta, haveria uma grande mudança nas suas visões de mundo: os objetos não seriam de uma determinada cor; eles “são percebidos” com uma determinada cor, pois esta última depende da situação específica e da pessoa que a vê, a cor depende de uma situação psicofísica específica e não é somente um atributo imutável do objeto.

Todos esse fatos vêm demonstrar a imediata associação que as perguntas de leitores proporcionam entre os aspectos da luz discutidos e o cotidiano dos alunos.

– Seminário sobre o que é luz: Dualidade onda-partícula

Pretendíamos, com esta atividade, responder a questão “o que é a luz?”, a partir dos fenômenos até então trabalhados (difração, interferência, reflexão etc.), nas experiências. Quando trabalhamos o fenômeno da difração, por exemplo, enfatizamos a incapacidade de uma teoria corpuscular da luz para explicá-lo, uma vez que, conforme disse o professor “*se admitíssemos essa idéia, seria impossível entrar um determinado número de partículas de luz em um orifício pequeno e, do outro lado, saírem mais partículas do que aquelas que entraram*”.

O principal recurso que utilizamos para a realização desse seminário foram textos extraídos dos livros de divulgação científica. Problematizamos a questão da natureza da luz, confrontando as teorias corpuscular e ondulatória, utilizando textos extraídos de duas fontes diferentes, a fim de confrontá-las.

Os livros escolhidos, com base no critério de fácil leitura e de boa qualidade conceitual, foram: “*Física Divertida*”, de Carlos Fiolhais e “*A Evolução da Física*”, de Einstein e Infeld. Utilizamos também, como complementação, uma reportagem extraída da revista Ciência Hoje, que abordava a descoberta de uma carta escrita por Einstein quando de sua visita ao Brasil em 1925, na qual descrevia os

modelos para explicar a luz.

Por serem longos, os textos foram separados em trechos e distribuídos a pequenos grupos de alunos, uma semana antes do seminário, da seguinte maneira:

Quadro 2: Divisão de textos por grupos e assuntos

Grupos	Assunto	Fonte
1	Teoria corpuscular: A luz segundo Newton	Física Divertida
2	Teoria corpuscular: A luz segundo Newton	A Evolução da Física
3	Teoria ondulatória: Huyghens, Young e Maxwell	Física Divertida
4	Teoria ondulatória: Huyghens, Young e Maxwell	A Evolução da Física
5	Explicitação das “incoerências”: Ondas x Partículas	A Evolução da Física
6	A luz como fótons: “Adoção” da dualidade	Ciência Hoje: “A Visita de Einstein ao Brasil”

Na preparação do seminário, frisamos constantemente o nosso principal objetivo com aquela atividade: responder à questão: “o que é a luz?”. Os procedimentos utilizados nesta atividade (separação de grupos, confrontos de idéias e de fontes diferentes) foram explicitados. Levamos os livros para que circulassem pela classe, a fim de que os alunos os folhassem. Observamos nitidamente que o livro “*A Evolução da Física*” foi o mais disputado. Todos queriam pegar no livro escrito pelo próprio Einstein.

Os momentos do seminário foram variados e riquíssimos, de maneira que é impossível detalharmos todas as suas nuances. Centraremos-nos, portanto, no aspecto da leitura.

Os grupos 1 e 3, que utilizaram trechos do livro “*Física Divertida*”, fizeram boas, claras e corretas apresentações, parecendo ser este livro de mais fácil compreensão. Explicaram com suas próprias palavras, não cometeram erros conceituais e pareciam seguros do que falavam.

Já aqueles que utilizaram os textos extraídos do livro “*A Evolução da Física*”, de EINSTEIN&INFELD, apresentaram maior grau de dificuldade. Nos dias anteriores ao seminário, os alunos abordavam freqüentemente o professor a fim de eliminar algumas dúvidas, principalmente quanto à compreensão da leitura. Apesar da reconhecida qualidade dos textos desses autores, eles parecem ser de difícil compreensão para os alunos que aparentavam não ter um bom grau de leitura.

No entanto, não acreditamos que isso seja um obstáculo intransponível para trabalhar com esses textos em sala de aula. Desde que devidamente acompanhados pelo professor, no sentido de observar dúvidas e dificuldades dos

alunos e, dependendo dos casos, desde que sejam lidos juntamente com os alunos, podem tornar-se um elemento a mais para trabalhar, não somente o conteúdo, mas também a própria questão da leitura.

Outra razão pouco usual para a utilização dos textos de EINSTEIN & INFELD é o fato de despertar uma certa curiosidade. Após a leitura, os alunos ficaram orgulhosos por terem lido textos escritos por esses grandes cientistas. Essa constatação ilustra uma outra nuance do material de divulgação: quando escritos por grandes cientistas, surge um duplo interesse – um inicial, manifestado pela curiosidade em ver do que se trata-se outro final, demonstrado pela satisfação em ter compreendido um texto escrito por pessoas antes tidas como completamente inatingíveis.

A descrição acima, de alguns dos acontecimentos durante o seminário, ilustra o quanto a participação do professor é decisiva, seja aceitando os erros dos alunos como inerente ao processo de ensino-aprendizagem, seja intervindo, sempre que julgar conveniente, ou mesmo modificando, de forma dinâmica, o andamento do curso.

Distribuição de mais perguntas:

Com a distribuição de mais perguntas de leitores, agora sobre temas mais abrangentes, propusemos que os alunos as lessem no momento em que acharem mais conveniente. Alguns temas possuíam um caráter bastante geral que, por uma questão de escassez de tempo, não seriam trabalhados detalhadamente. Como exemplo, citam-se: “*Luz tem peso*”, “*Se a luz se propaga em linha reta, por que o arco-íris é curvo?*”, “*Como funciona o holograma*”, “*Como o homem percebe as cores?*”, entre outras

Dentre esse conjunto, foram selecionadas algumas perguntas que os alunos deveriam necessariamente aprofundar, por se tratar de assuntos já vistos em sala de aula e por serem “cobradas” em uma futura avaliação. A intenção, com isso, era de que, ao procurarem as perguntas indicadas pelo professor, os alunos se interessassem pelas outras.

Em conversas informais, após o término do curso, alguns alunos mostraram que leram as perguntas distribuídas e que “*acharam interessantes*” algumas delas, incluindo aquelas que não foram indicadas. Queixavam-se, porém, de não compreenderem o que era “holograma” ao lerem uma pergunta referente ao tema, mas gostaram de saber o que era uma “lâmpada fluorescente”. Tanto a pergunta referente ao holograma quanto a pergunta referente à lâmpada fluorescente não foram recomendadas aos alunos como aprofundamento pelo professor.

Tanto no momento da distribuição dos textos do seminário quanto nessa

distribuição final de perguntas de leitores, houve inicialmente uma certa “recusa” dos alunos em aderir à leitura dos textos de divulgação aliada ao “tamanho” do texto distribuído. Os alunos, de forma geral, preferiam textos mais curtos e pareciam possuir um certo “preconceito” quanto à atitude de ler - para eles, trata-se de algo “chato” e “desinteressante”.

Vencida essa dificuldade (após muito diálogo), em todas as atividades envolvendo textos de divulgação, observamos a falta de hábito de leitura, que diagnosticamos pelo vocabulário insuficiente (demonstrado e assumido pelos alunos), pela dificuldade em associar frases ao contexto vivencial e, até mesmo, pela dificuldade de concentração durante o ato de ler. Tais dificuldades foram facilmente diagnosticadas. Muitas vezes foram explicitadas pelos próprios alunos.

De forma geral, recorriamos à leitura conjunta dos textos em classe para suprimirmos essas dificuldades. Palavras mais “difíceis” foram esclarecidas em discussões nos grupos ou com ajuda de dicionários, assim como dificuldades de compreensão dos conceitos.

Essa leitura conjunta, contudo, não se tornou uma “aula tradicional” pouco motivante. Isso pode ter ocorrido devido ao próprio caráter instigante dos textos de divulgação. Os alunos pediram para ler conjuntamente porque queriam entender o que estava escrito nos textos, não somente porque estavam executando uma tarefa escolar. Há dúvidas se isso aconteceria, por exemplo, se os textos lidos fossem os didáticos que dispomos no mercado. Acrescentamos a essa constatação o fato de haver uma questão a ser esclarecida (a natureza da luz), algo que pode ter contribuído para a manutenção do interesse.

Essa manutenção do interesse parece ter decorrido de forma diferente entre as perguntas de leitores e os textos propriamente ditos. Nas primeiras, tal manutenção parece ter decorrido da associação do assunto abordado com o cotidiano dos alunos e com a percepção de que outras pessoas fizeram outras perguntas sobre o mesmo tema – os alunos freqüentemente mencionavam a expressão “*Por que não pensei nisso antes?*”. Quanto aos textos, o interesse tanto pode ter vindo do fato de duas das fontes escolhidas conterem textos escritos por um cientista famoso, quanto pela própria existência de uma questão a ser respondida – no caso, “o que é luz?”.

Além desses fatos relacionados mais diretamente ao problema da leitura, é possível constatar mudanças de concepções dos alunos, referentes ao conteúdo trabalhado em sala de aula, que parecem advir também da utilização de textos de divulgação. Essas mudanças são melhor evidenciadas quando caracterizamos as perguntas sobre luz feitas pelos alunos no começo e no fim do curso, conforme podemos observar a seguir.

ii. Caracterização das perguntas feitas pelos alunos

A fim de que possamos investigar em que medida ocorreram ou não mudanças de concepções dos alunos durante o curso, foram analisados os conjuntos de “perguntas iniciais” – formuladas no começo do curso - e “perguntas finais”- formuladas ao término do curso.

Numa primeira análise, observamos a natureza das “perguntas iniciais”, procurando classificá-las segundo categorias que refletissem o conteúdo principal de preocupação dos alunos. Em seguida, verificamos se essas mesmas categorias sofreram mudanças ou não, ao classificarmos as “perguntas finais” utilizando o mesmo critério. Esse procedimento permitiu identificar e caracterizar cinco categorias de perguntas, de acordo com o conteúdo que abordavam, conforme apresentamos a seguir:

Categoria 1: definição de luz: Nesta categoria, estão incluídas as perguntas relativas à origem e definição da palavra luz. Como exemplo, podemos citar:

Iniciais: “*O que é luz? (4 vezes)*”, “*Qual a origem concreta da palavra luz?*”, “*De onde surgiu a luz?*”, “*Como descobriram a luz?*”, entre outras.

Finais: “*Por que esse nome luz? De onde eles a definiram?*”, “*Por que é importante estudar a luz?*”, entre outras.

Categoria 2: Natureza da luz: Nesta categoria, estão incluídas aquelas perguntas que se referem à natureza da luz. Diferem da primeira na medida em que não se restringem à palavra luz, mas à sua constituição.

Iniciais: Como exemplo, citamos: “*A luz reage sozinha ou usa componentes como ajuda?*”, “*Como é composta a luz?*”, “*Qual o processamento da luz?*”, entre outras.

Finais: “*Será que algum dia podemos ter uma definição correta e concreta sobre luz?*”, “*Será que um dia a luz vai ter uma definição concreta entre onda e partículas, tamanho e na sua cor?*”, “*O Sol emite luz radioativa. Essa luz vem como onda ou partícula?*”, entre outras.

Categoria 3: Associação luz-eletricidade: Nesta categoria, foram agrupadas as perguntas que parecem remeter a uma imediata associação entre luz e eletricidade (lâmpada). Como exemplo, podemos citar:

Iniciais: “*Como a água se transforma em energia elétrica?*”, “*Quando e como foi descoberta a energia elétrica?*”, “*Com a evolução do mundo, será que um dia a luz elétrica pode acabar?*”, “*Por que em alguns países pensa-se em utilizar a*

energia nuclear?, Quais os benefícios e malefícios?”, entre outras.

Finais: “*Por que faz mal passar roupa descalça e com a mão úmida e depois não mexer com água?*”, “*Por que a luz esquenta tanto no calor?*”, “*Quem inventou a luz elétrica?*”, “*Por que acontece blecaute?*”, entre outras.

Categoria 4: Associação luz-vida: Aqui, encontram-se as perguntas que parecem remeter a uma imediata associação da luz com a vida. Como exemplo, podemos citar:

Iniciais: “*Os animais e plantas aproveitam a luz ao máximo?*”, “*O que aconteceria se não houvesse luz na Terra?*”, “*Se há tantos planetas no Universo, por que somente na Terra a luz solar é benéfica, possibilitando vidas?*”, “*Por que os seres vivos somente conseguem sobreviver com a luz solar?*”, entre outras

Finais: “*Será que existe luz nos outros planetas?*”, “*Por que a luz é tão importante no fator de sobrevivência do ser humano?*”, entre outras.

Categoria 5: Fenômenos óticos: Nesta categoria, estão as perguntas que parecem revelar preocupações com os fenômenos envolvendo luz. Como exemplos, podemos citar:

Iniciais: “*Que materiais podem ser atravessados pela luz e quais podem retê-la?*”, “*Todos os meios de luminosidade podem ser luz?*”, “*O laser é um tipo de luz?*”, entre outras.

Finais: “*Em uma reportagem na TV que eu vi há algum tempo, o repórter disse que estava sendo criado um projeto de um carro (que voa) com uma velocidade superior à velocidade da luz. Isso é possível ou é um absurdo?*”, “*O olho humano é capaz de absorver todos os tipos de luz?*”, “*Por que quando colocamos lentes de contato, elas mudam de cor nos nossos olhos?*”, entre outras.

A partir dos exemplos apresentados, é possível constatar que, após as atividades, houve significativas mudanças nas novas perguntas feitas pelos alunos. Em algumas dessas categorias (especialmente 1 e 3), a natureza das perguntas não sofreu grandes mudanças. Já para as demais categorias, as perguntas finais surgiram “impregnadas” dos assuntos que foram trabalhados em sala de aula e bem mais semelhantes ao tipo de formulação presente nas perguntas de leitores (quase sempre “bem” elaboradas).

Essas mudanças também podem ser verificadas de forma quantitativa, por meio das tabelas a seguir, por categoria ou tema, que contém o número de perguntas iniciais e finais em valores absolutos e relativos, a fim de que se possa comparar inclusive as mudanças de interesses dos alunos antes e depois do curso.

Tabela 4: Quantidade de perguntas iniciais e finais em cada categoria

Categorias	Perguntas Iniciais		Perguntas Finais	
	Nº.	(%)	Nº.	(%)
Definição	14	30	05	12
Natureza	03	04	04	09
Luz-eletricidade	12	24	09	21
Luz-vida	06	12	05	12
Fenômenos	14	30	20	47
Total	49	100	43	100

V. Análise dos resultados

O conjunto dos resultados anteriores nos permite fazer dois tipos de análise. Primeiramente, interpretaremos os dados presentes na Tabela 4, procurando ressaltar as possíveis mudanças de concepções dos alunos decorrentes desse conjunto de atividades. Em seguida, analisaremos as principais vantagens e desvantagens que essa maneira de trabalhar apresentou a partir da descrição da participação dos alunos nas atividades.

Em uma análise preliminar dos dados da tabela, é possível constatar uma evolução nas preocupações dos alunos. Observa-se, no conjunto, uma diminuição de perguntas referentes à definição de luz, acompanhada de um significativo aumento de perguntas relativas aos fenômenos óticos. Além disso, as categorias luz-eletricidade e luz-vida permanecem apresentando, aproximadamente, os mesmos percentuais de interesse.

Devemos ressaltar, inicialmente, a nossa surpresa frente aos resultados obtidos quando da classificação das perguntas iniciais. De fato, não imaginávamos obter perguntas dentro de um espectro tão abrangente, em especial as relativas às associações luz-eletricidade ou luz-vida. A luz suscitou relações e associações de ordem muito diferente daquelas tradicionalmente estabelecidas no interior da Ótica. Pode-se dizer que esta atividade evidenciou uma cultura (talvez também científica) dos alunos, que conforme salientam Almeida e Silva (1998) *“é diferente daquela apresentada nos livros didáticos (ou textos derivados). Diferente porque é dispersa, múltipla, heterogênea, constituída por outros discursos que não propriamente o científico”*.

Comparando-se as perguntas iniciais e finais, observa-se que o número de perguntas iniciais, por nós classificadas como referentes a uma definição de luz, deixa de ter um papel expressivo, perdendo espaço após a atividade. Consideramos que

essas perguntas, do tipo “o que é luz?” ou “como descobriram a luz?” caracterizam uma abordagem ingênua e elementar, que revela a ausência de meios para problematizações mais elaboradas. Correspondem a uma primeira aproximação, relativa talvez menos à essência do significado da palavra do que aos possíveis aspectos físicos envolvidos. Assim, a diminuição de perguntas nessa categoria pode indicar, pelo menos, um certo conhecimento mais expandido sobre o tema.

Além disso, como fruto do processo de aprendizagem, é também expressivo o aumento, no grupo final, de preocupações relativas aos fenômenos óticos (categoria 5). Acrescentam-se ao aumento nessa categoria, as diferenças significativas em termos de linguagem e enfoque entre as perguntas iniciais e finais. Se, no começo, as perguntas ligadas a esse tema referiam-se, por exemplo, ao valor numérico da velocidade da luz, nas perguntas finais as indagações surgiam relacionadas ao seu limite absoluto. Nota-se aí uma maior elaboração, como também uma maior aproximação a uma abordagem característica do conhecimento científico, por parte dos alunos.

Além disso, se nas perguntas iniciais tais fenômenos restringiram-se a aspectos vagos e pouco precisos como, por exemplo, a possíveis formas de luz (“*Todos os tipos de luminosidade são luz?*”), as perguntas finais, por sua vez, abordavam assuntos de grande variedade, mas de forma concreta e com especificações claras dos fenômenos propriamente ditos, incluindo cores, visão, fenômenos astronômicos, entre outros. Nesse caso, parece ter havido uma associação entre os fenômenos do cotidiano dos alunos e o enfoque pelo qual a física os aborda, o que também evidencia alguma mudança na forma de pensar dos mesmos. Talvez essa extensão do conceito de luz para além do escolar seja uma consequência direta do material de divulgação científica, uma vez que esses quase sempre estão associados ao cotidiano dos leitores, com caráter tanto de novidade quanto de curiosidade.

Há também significativas mudanças de enfoque dos alunos quanto à natureza da luz. Se inicialmente as perguntas referiam-se à composição da luz de forma genérica (“*Do que é composta a luz?*”), ao final, as perguntas restringiam-se à especificidade da dualidade onda-partícula (“*Será que algum dia poderemos ter uma definição correta e concreta sobre luz?*”).

A associação luz-vida persistiu com igual intensidade, enquanto a associação luz-eletricidade apresentou uma relativa redução. Tal redução pode tanto ser explicada pela própria mudança de concepções já mencionada, quanto pelo fato de os alunos terem percebido que tal assunto não era, naquele momento, o nosso objeto de estudo. Na verdade, talvez seja mais interessante mencionarmos as razões das permanências dessas duas categorias, que poderia advir, por exemplo, das conhecidas dificuldades para mudanças, especialmente considerando-se o curto intervalo de tempo envolvido. Contudo, em nenhum momento houve a preocupação em discutir-se com os alunos se essas eram ou não questões relevantes do ponto de vista ótico.

Certamente eram questões relevantes dentro da vivência dos alunos e continuaram sendo, uma vez que não foram respondidas. A existência de tais perguntas pode estar ligada à própria formação dos indivíduos em seu meio, onde a ciência que chega é aquela presente em bancas de jornais, TV, rádio, cinema etc. “*Esta é a ciência com a qual os sujeitos estão sócio-culturalmente em contato, onde notícias, informações e conceitos se misturam a sentimentos como esperança, medo, otimismo, pessimismo, insegurança, confiança e desconfiança*” (Almeida e Silva, 1998).

Em relação ao conjunto das atividades, as dificuldades de leitura mencionadas anteriormente e as maneiras pelas quais tentou-se amenizá-las ilustram o grau de dificuldade de se trabalhar a leitura em sala de aula para alunos não habituados. Para enfrentá-las, mais do que nunca, o diálogo fez-se necessário, de forma que as soluções foram construídas conjuntamente entre professor e alunos. A inexistência desse diálogo poderia tornar inócuo qualquer esforço.

Por outro lado, essas enormes dificuldades somente foram reveladas devido à presença da leitura na sala de aula. Em cursos tradicionais, sobretudo nas aulas de Física, essas dificuldades nem sequer surgiriam. Assim, antes de funcionar como desestímulo, essa constatação aponta para a urgência de se trabalhar efetivamente a questão da leitura em aulas de Física.

Mais do que as dificuldades, as vantagens dessa forma de trabalhar foram marcantes. O material de divulgação, de fato, possibilitou motivação nos alunos, fazendo com que o interesse permanecesse aceso durante o curso. Tal motivação pode ser decorrente da própria linguagem do material, manifestada na perguntas de leitores na forma do “*como não pensei nisso antes?*” ou nas reportagens com títulos “*instigantes*” ou, ainda, na leitura de textos escritos por cientistas famosos.

Outro fator extremamente positivo é o diálogo estabelecido em sala de aula a partir do uso do material de divulgação. Justamente por estarem motivados, os alunos acabam conversando com colegas ou com o próprio professor sobre o assunto abordado.

É possível constatar, ainda, uma satisfação dos alunos diante do fato de estudarem algo que, para eles, era interessante e, também, por se perceberem “*aprendendo*”. A cada leitura de perguntas de leitores, e a cada dificuldade superada durante a preparação do seminário, era visível a empolgação dos alunos por conseguirem compreender um texto de física.

Essa satisfação mostrou-se mais forte quando foi pedido aos alunos para que recolhessem junto à sua comunidade (pais, irmãos, namorados, colegas de outras classes etc.) perguntas sobre luz. Trouxeram um grande número de perguntas, algumas muito parecidas com aquelas feitas no início pelos próprios alunos, sendo que algumas delas – como “*o que é luz?*”, por exemplo - foram respondidas pelos próprios alunos, enquanto outras foram trazidas para que todos respondêssemos.

Ao término dessa atividade, pedimos aos alunos para que avaliassem o seu aprendizado. A maioria das respostas continha expressões como “*É interessante, agora quando penso em algumas coisas relacionadas à luz, tenho algumas respostas. É bom saber que muitas pessoas não têm o conhecimento que tenho*”, ou “*É bom saber que agora eu sei de coisas que para muitas pessoas passam despercebidas*”; ou “*é bom saber que agora eu sei de coisas que para muitas pessoas passam despercebidas*”; “*o curso me fez pensar, ter dúvidas e aprender*”, “*vi pela primeira vez o outro lado da Física*”, “*aprendi coisas que eu tinha curiosidade em aprender, mas que ninguém sabia boa como me explicar*”; “*aprendi coisas que jamais tinham passado pela minha cabeça*”, e assim por diante.

Como se vê, as críticas foram muito positivas. Sentimos falta das negativas, mas elas, por algum motivo, não vieram. Os momentos desagradáveis, quando citados, referiam-se ao fato de as matérias serem “complicadas”, não frente à atividade. É o caso de “*A matéria, apesar de complicada, era interessante*”.

Talvez essa ausência de críticas negativas se deva ao bom relacionamento entre professor e alunos ao longo do curso. É o caso de expressões como “*O prazer com que o professor ensinava Física me fazia prestar atenção e acabava entendendo a matéria*” ou “*Você não foi um professor que nos dá bronca e nos pressiona o tempo todo, mas foi um amigo que nos incentivou e nos ajudou quando precisávamos de ajuda*”.

VI. Conclusões

É possível, portanto, constatarmos que, utilizando-se como um dos recursos o material de divulgação, ocorreram mudanças significativas nas concepções gerais dos alunos do Ensino Médio. Essas mudanças foram observadas na modificação das idéias ou da chamada “cultura” dos alunos (demonstrada em seus interesses iniciais), em direção a uma postura que se aproxima mais da cultura científica (demonstrada nas indagações por eles colocadas ao final da atividade).

No presente trabalho, essas mudanças configuram-se no estabelecimento de uma primeira delimitação do enfoque físico ao objeto de estudo - no caso, a luz - que passa a ser reconhecido mais intensamente por meio de seus fenômenos e não tanto por aspectos biológicos, “filosóficos” (relacionados a indagações sobre a essência das coisas) ou escolares (expressos por questões “chavões”). Ou seja, os alunos parecem ter incorporado o que seria “o olhar da física” ou “o olhar da ótica” sobre o tema estudado. Essa é uma dimensão nem sempre considerada no ensino escolar de física que, muitas vezes, já pressupõe essa delimitação como clara e estabelecida ao começar a se trabalhar um tema.

Um elemento fundamental para a obtenção de resultados significativos nas atividades realizadas pode ser localizado na ênfase aos diálogos entre aluno-aluno,

aluno-professor e aluno-texto, facilitados pelos materiais de divulgação utilizados. A escolha do material deve ser realizada criteriosamente pelo professor e deve ser fruto do próprio diálogo aluno-professor. Essa escolha dificilmente pode ser definida *a priori*, por “critérios gerais”.

Eventuais dificuldades de leitura não devem ser vistas como algo que inviabiliza por completo o trabalho com o material de divulgação em sala de aula. Devem, sim, ser vistas como algo que aponta para a urgência de se trabalhar a leitura em aulas da área de ciências. Ademais, o professor pode suprir essas eventuais dificuldades por meio de estratégias que podem ser elaboradas em função da realidade dos alunos.

O professor, dessa forma, tem um papel fundamental: deve manter-se atento para diagnosticar falhas de leitura e enfrentá-las por meio de novas atividades, redirecionando e reprogramando as atividades em conjunto com os alunos, em um processo de ensino-aprendizagem necessariamente dinâmico.

Nesta atividade, a utilização do material de divulgação desempenhou, portanto, resumidamente, diferentes funções:

i) Em primeiro lugar, representou uma forma de estender o conteúdo trabalhado para além do âmbito usualmente considerado pela Física escolar, propiciando uma maior identificação dos alunos com o tema e contribuindo para modificar algumas de suas concepções e visões da abordagem da Física. Ainda, e como conseqüência da especificidade do tema, permitiu discussões em torno de como são construídas e estabelecidas as “verdades” ou os conceitos da ciência. Paralelamente, mostrou-se um instrumento de grande potencial para o necessário desenvolvimento da leitura e reflexão sobre a leitura.

ii) Se esses aspectos estão mais diretamente relacionados ao âmbito cognitivo e operacional, a utilização de textos como os selecionados desempenhou também um papel essencial em outra esfera, talvez afetiva e motivacional, despertando e, depois, contribuindo para a manutenção do interesse dos alunos, sempre vivo, ao longo do período em que o tema foi trabalhado. Contribuiu, certamente, para proporcionar-lhes uma maior satisfação em relação ao que aprenderam.

iii) Finalmente, e igualmente essencial, a utilização desse material representou um instrumento importante no estabelecimento do diálogo em sala de aula, entre professor, alunos e conhecimento, diálogo esse por nós considerado como essencial ao processo de ensino-aprendizagem.

É importante enfatizar que esse trabalho foi iniciado com a motivação específica de verificar o efeito da utilização de material de divulgação científica em sala de aula. Ao final, ficou claro que, para nós, essa introdução não consiste meramente em procurar inserir textos desse tipo em situações usuais ou tradicionais de ensino. Ficou evidente que, ao contrário, sua utilização requer um planejamento e

estruturação das atividades bastante específicos, próprio e específico, que modifica toda a prática usual.

Essas mudanças da prática são fundamentais e decorrem da intrínseca relação entre o significado dos textos, o contexto em que são inseridos e a conseqüente modificação desse contexto pelo próprio uso do material. Trata-se, portanto e sobretudo, de instaurar um processo. E esse é o processo que tomamos consciência durante a implantação dessa atividade e que procuramos evidenciar ao longo deste trabalho. Um processo que torna a realidade escolar bastante dinâmica e que aponta, mais uma vez, para o enorme potencial didático do material de divulgação.

Talvez seja esse o principal aprendizado que adquirimos com essa atividade. Talvez seja essa a principal função desse tipo de material: abrir portas para inventarmos novas práticas e estabelecermos novos diálogos.

V. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M.J.P.M & RICON, A.E, *Divulgação científica e texto literário – uma perspectiva cultural em aulas de Física*, Cad. Catarinense de Ensino de Física, Vol.10, n.1, 1993.

ALMEIDA, M.J.P.M & SILVA, H.C. – *O Funcionamento de textos de divulgação científica: Gravitação no Ensino Médio* – In: Resumos do VI EPEF (Encontro de Pesquisas em Ensino de Física) – Florianópolis, SBF, 1998.

CARLI, E.B. *Jornalismo Científico e o ensino de ciências no Brasil: a utilização de notícias científicas no ensino de Biologia, Física e Química no 2º grau*, dissertação de mestrado, São Bernardo do Campo, Instituto Metodista de Ensino Superior, 1988.

EINSTEIN, A. & INFELD, L. *A evolução da Física*; trad. Giasone Rebuá, 4ª edição, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1988.

FAGUNDES, M.B. & ZANETIC, J. – *A complementaridade à luz do novo espírito científico* – In: Atas do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Belo Horizonte, UFMG/CECIMIG, FAE, 1997.

FIOLHAIS, C. *Física Divertida*, Lisboa, Gradiva, 1994.

FISBIT: *Projeto de Documentação e Assessoria do Ensino de Física*, software desenvolvido pelo IFUSP, São Paulo, IFUSP, 1998.

HERNANDO, M.C. *Civilización tecnológica y información – El periodismo científico: misiones e objetivos*. Barcelona, Mitre, 1982.

REIS, J.A. *Divulgação científica e o ensino*. Ciência e Cultura, 16(4), São Paulo, 1964.

KAWAMURA, M.R.D., SALEM, S. *O texto de divulgação e o texto didático: conhecimentos diferentes?*, São Paulo, IFUSP, 1996.

KAWAMURA, M.R.D., SALEM, S. “Fisbit”: *um banco de divulgação em Física*, In: Atas do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física, Belo Horizonte, UFMG/CECIMIG/FAE, 1997.

SAGAN, Carl. *O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro*; trad. Rosaura Eichemberg, São Paulo, Companhia das Letras, 1996.

SILVA, J.A. – *A natureza da luz: da mídia para a sala de aula* – monografia de fim de curso, São Paulo, IFUSP, 1997.

TOMASQUIN, A.T. & MOREIRA, I.C. *Um manuscrito de Einstein no Brasil*, *Ciência Hoje*, 21(124):22-9, Rio de Janeiro, SBPC, 1996.

PENSE E RESPONDA!

Uma espira metálica é arrastada perpendicularmente a um campo magnético uniforme e estacionário (ver figura). Surgirá nela uma força eletromotriz induzida?

