

Produtos e Materiais Didáticos

Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica

(*Exploration of simulators, images and animations as auxiliary tool for teaching/learning of optics*)

Valmir Heckler¹, Maria de Fátima Oliveira Saraiva² e Kepler de Souza Oliveira Filho²

¹Sociedade Educacional Três de Maio, Três de Maio, RS, Brasil.

²Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Recebido em 15/6/2006; Revisado em 21/12/2006; Aceito em 12/2/2007

Relatamos neste artigo o desenvolvimento e a aplicação de um CD-ROM de óptica para o ensino médio, cobrindo todos os conteúdos usualmente vistos nessa disciplina. O material contém, além de textos didáticos escritos em linguagem *html*, 77 animações e 64 imagens geradas por nós, assim como 13 simuladores (Java *Applets*) disponíveis na internet. Comentamos sobre a aplicação e boa recepção do material por 40 alunos de duas turmas de 3^a série do ensino médio.

Palavras-chave: ensino de física, ensino de óptica, novas tecnologias, hiperídia.

In this article we report the development and use of a CD of optics for high-school teaching, covering all topics for this level. The material contains didactic texts in HTML language, 77 animations and 64 images generated by ourselves, as well as 13 simulators (Java Applets) available in the internet. We comment about the application and reception of the Hypermedia by a group of 40 high school seniors.

Keywords: physics teaching, optics teaching, new technologies, hypermedia.

1. Introdução

O ensino de física no Brasil ainda enfrenta várias dificuldades de aprendizagem e pouco interesse por boa parte dos alunos. Fazendo um paralelo entre a sociedade da informação e o ambiente de ensino tradicional, de um lado encontramos a evolução rápida dos computadores e das telecomunicações afetando todos os níveis da sociedade, da vida profissional à vida privada. Do outro, visualizamos uma escola onde o professor apresenta aulas em quadro negro e giz, visto pelos alunos como o dono da informação e senhor do conhecimento, mas desestimulando a criatividade e o envolvimento dos aprendizes. Para a maior parte dos alunos, a física não passa de um conjunto de códigos e fórmulas matemáticas a serem memorizadas e de estudos de situação que, na maioria das vezes, estão totalmente alheias às suas experiências cotidianas. Em geral, estes alunos não fazem uma conexão entre a física aprendida e o mundo ao seu redor. Entre as causas desse reconhecimento fracasso no aprendizado de física está a falta de uma metodologia moderna, tanto do ponto de vista pedagógico quanto tecnológico [1].

Conforme é destacado por Campos, Rocha e Campos [2], a aceleração da tecnologia no campo da in-

formação e comunicação pressiona a escola por mudanças nas relações envolvendo ensino/aprendizagem. A informática na escola coloca os estudantes frente a um novo processo educativo, onde podem prosseguir, frear, voltar, re-estudar ou aprimorar conceitos vistos em sala de aula, aprofundar e criar suas investigações e interpretações sobre o assunto, baseados em outras informações pesquisadas ou discutidas com diferentes autores ou colegas, via internet [3].

De acordo com Petitto [4] o computador é um poderoso instrumento de aprendizagem e pode ser um grande parceiro na busca do conhecimento, podendo ser usado como uma ferramenta de auxílio no desenvolvimento cognitivo do estudante, desde que se consiga disponibilizar um ambiente de trabalho, onde os alunos e o professor possam desenvolver aprendizagens colaborativas, ativas, facilitadas, que propiciem ao aprendiz construir a sua própria interpretação acerca de um assunto, interiorizando as informações e transformando-as de forma organizada, ou seja, sistematizando-as para construir determinado conhecimento.

As tecnologias computacionais têm sido largamente usadas no ensino de física, como pode ser visto no cuidadoso trabalho de revisão feito por Araújo e Veit [5].

²E-mail: fatima@if.ufrgs.br.

Um resultado surpreendente desse levantamento da literatura é que, entre 109 trabalhos analisados, apenas 2 abordam tópicos de óptica como tema de investigação, em comparação com 82 que abordam mecânica. Isso indica que a óptica ainda é pouco explorada do ponto de vista de novas tecnologias educacionais, embora atualmente existam ótimos hipertextos/hipermídias sobre esse assunto disponíveis na internet (Ex: *Ótica*, em <http://efisica.if.usp.br/optica> e *Ótica para Alunos do Ensino Médio*, em <http://educar.sc.usp.br/optica>).

Hipermídias são sistemas computacionais que superpõem os elementos da multimídia (textos, imagens, animações, vídeos) com os elementos hipertextuais (informações não seqüenciais ligadas através de palavras-chave) [6, 7]. Apesar das definições diferenciadas, existe uma tendência de fusão entre hipertexto e hipermídia, uma vez que os bons documentos hipertextos aos poucos incorporam as componentes gráficas que caracterizam o documento hipermídia [8].

Neste trabalho, relatamos o desenvolvimento e a implantação de um material didático para o ensino de Óptica, dirigido a professores e alunos do ensino médio, no qual utilizamos as novas tecnologias apoiadas na informática e nas teorias de aprendizagem mais recentes. O material foi desenvolvido como parte de dissertação de Mestrado [9], e consiste de um hipertexto no qual incluímos simuladores interativos (Java *Applets*), imagens estáticas e em animações, formando um material interativo em CD-ROM [10] que, numa definição ampla, pode ser considerado um hipermídia.

2. Desenvolvimento do material

No desenvolvimento do nosso material procuramos seguir a linha construtivista cognitivista, considerando que o papel do professor deverá ser o de monitorar o crescimento cognitivo e o amadurecimento do aluno, contribuindo, assim, para a construção pessoal do mesmo (Ref. [11]). Nessa perspectiva, o ensino iniciar-se-á na figura do educador, evoluindo para o descobrimento e construção de conhecimentos pelos estudantes, ambos auxiliados pelo material proposto, buscando facilitar a aprendizagem significativa.

Como o computador é utilizado cada vez mais cedo na vida das pessoas, buscamos explorar a intimidade que a maioria de nossos alunos possui com a máquina para promover o desenvolvimento cognitivo nos mesmos.

Todo o material hipermídia foi desenvolvido para ser disponibilizado em CD-ROM para estudantes e professores. Executamos a organização do material em linguagem *html* (*Hypertext Markup Language*), para permitir o acesso tanto seqüencial quanto por demanda.

O desenvolvimento englobou as seguintes etapas: seleção dos tópicos de óptica significativos para os alunos do ensino médio; pesquisa sobre os simuladores Java *Applets* disponíveis na internet para *download*, e, pos-

teriormente, disponibilização e adequação dos mesmos no material; criação e/ou adequação de textos teóricos e explicativos em cada tópico abordado; adequação de simuladores para facilitar a compreensão dos assuntos; produção e obtenção de imagens relacionadas a cada tópico; desenvolvimento de atividades, questões e exercícios para cada tópico; organização do material criado em um sistema hipermídico na linguagem *html*.

Buscamos durante este trabalho estabelecer uma ponte entre a física clássica ensinada no ensino médio e a física moderna, a qual começa a entrar, de forma gradual, no currículo do ensino médio.

Objetivando situar o aluno historicamente, optamos por iniciar o curso estudando a natureza da luz, onde abordamos conceitos de física moderna envolvendo a natureza corpuscular da luz, como efeito fotoelétrico e efeito Compton, depois passamos aos conteúdos de óptica geométrica tradicionalmente estudados no ensino médio, e terminamos estudando fenômenos envolvendo a natureza ondulatória da luz.

Na Fig. 1 mostramos a página inicial do material, com o índice de conteúdos à esquerda: Natureza da luz, Fontes de luz, Princípios da óptica geométrica, Reflexão, Espelhos planos, Espelhos curvos, Refração da luz, Lentes esféricas, Interferência, Difração e Polarização. O último item do menu apresenta as referências que foram consultadas na elaboração do material.



Figura 1 - Página de abertura do hipermídia.

2.1. Animações

As animações e simulações são consideradas, por muitos, a solução dos vários problemas que os professores de física enfrentam ao tentar explicar para seus alunos fenômenos demasiado abstratos para serem “visualizados” através de uma descrição em palavras, e demasiado complicados para serem representados através de uma única figura [12]. Elas possibilitam observar em alguns minutos a evolução temporal de um fenômeno que levaria horas, dias ou anos em tempo real, além de permitir ao estudante repetir a observação sempre que o desejar.

Neste trabalho desenvolvemos 77 animações, usando as ferramentas *Macromedia Fireworks 4* e o *Macromedia Flash 5*. A maioria delas utiliza figuras e imagens geradas, mas em alguns casos usamos imagens capturadas com câmara fotográfica.

Para a criação dessas animações, foi necessário termos um pequeno conhecimento técnico dos softwares utilizados, um bom conhecimento físico do fenômeno a ser simulado e paciência para desenhar cada etapa do fenômeno e criar as diferentes camadas das telas a serem projetadas. Mostraremos, a seguir, alguns passos que foram utilizados no desenvolvimento das animações.

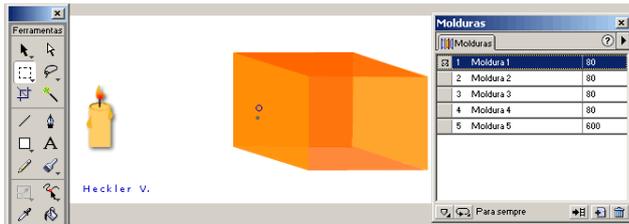


Figura 2 - Desenvolvimento da animação de formação da imagem na câmara escura, camada 1.

Apresentamos, na Fig. 2, o desenvolvimento da primeira camada de uma das animações, a simulação de propagação retilínea da luz em uma câmara escura e a formação de uma imagem invertida. Desenhamos, com auxílio das ferramentas do *Macromedia Fireworks 4*, a caixa com um orifício (o) pequeno e uma vela, salvando-as como a moldura da camada 1. Após criamos a camada 2 a partir da camada 1, desenhando e acrescentando neste caso a trajetória de propagação da luz que atinge o orifício (o) da câmara escura e a salvamos como camada 2. Na seqüência criamos as demais camadas necessárias para mostrar a evolução temporal do fenômeno.

Em cada camada incluímos o tempo de passagem de uma moldura para a outra, permitindo criar a seqüência de passagem de cada desenho e posteriormente salvando o arquivo na extensão *gif* animado e o incluindo no corpo do texto, conforme demonstrado na Fig. 3.

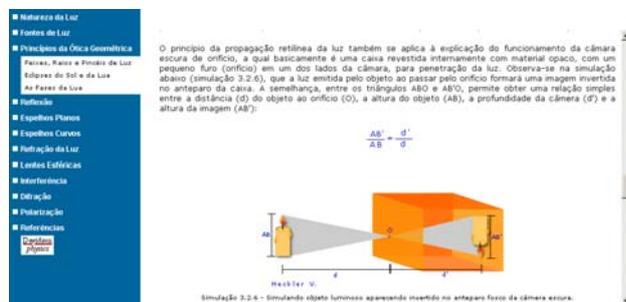


Figura 3 - Demonstração de organização e associação da animação no texto didático.

As animações foram organizadas dentro de cada tópico e acompanhadas de um texto explicativo, facilitando ao aluno a associação e comparação entre o que

está descrito no texto e o fenômeno que a animação está descrevendo. Na Fig. 4 apresentamos uma animação representando o movimento da Lua em torno da Terra, na qual tomamos cuidado para que a “Terra” dê 29,5 voltas em torno do próprio eixo no tempo que a “Lua” leva para completar um ciclo de fases.



Figura 4 - Simulação do movimento da Lua em torno da Terra organizado no texto didático.

2.2. Figuras estáticas

Frente à importância da informação visual na aprendizagem da maioria dos jovens, principalmente quando se trata de conceitos abstratos como em geral são os de física, buscamos também usar imagens, figuras e esquemas como uma forma de agregar dados visuais, quando não o fizemos com simuladores e animações. A Fig. 5 exemplifica o uso de figuras estáticas para ilustrar o fenômeno da formação de imagens em um espelho plano.



Figura 5 - Representação da formação de imagem virtual no espelho plano.

No total disponibilizamos 64 imagens estáticas no material, das quais 44 são figuras geradas no computador, 14 são fotos que obtivemos com câmara digital e 6 são figuras que copiamos de outros materiais. Todas elas foram inseridas no contexto do material didático de forma a facilitarem a compreensão dos fenômenos estudados e posteriormente a aprendizagem significativa.

Para que as imagens que estão sendo utilizadas no material possam se tornar facilitadoras de aprendizagem, é necessário que o aluno não apenas olhe para elas

e veja uma simples imagem, mas é preciso que o mesmo associe o texto aos dados informativos que esta lhe repassa, criando então diferentes relações e significados, auxiliando assim na construção de seu conhecimento.

2.3. Simuladores interativos

Ao usar os simuladores, é de extrema importância que tanto o professor quanto o aluno estejam conscientes de que eles são um modelo simplificado da realidade, sob risco de assimilar uma idéia errada do fenômeno em estudo. Conforme salientam Medeiros e Medeiros [12], uma vez que as animações e simulações são mais atrativas do que as imagens estáticas, é preciso tomar duplo cuidado, pois este meio “pode servir, também para comunicar imagens distorcidas da realidade com eficiência igualmente maior do que as figuras estáticas”.

Em nosso material disponibilizamos 13 simuladores interativos sobre fenômenos da óptica. Como não dominamos a linguagem de programação Java, optamos por usar alguns aplicativos Java *Applets* de uso livre disponibilizados para *download* na internet (por exemplo, os simuladores de Fu-Kwun Hwang [13], Fendt [14] e Kiselev [15]). Juntamente com cada simulador colocamos um pequeno texto instrucional explicando o uso do aplicativo, seguido de um roteiro de atividades que objetivam levar o aluno a pensar e refletir criticamente sobre o fenômeno que está simulado.

Na Fig. 6, mostramos a tela do simulador sobre efeito fotoelétrico. Nesse aplicativo o aluno pode interagir alterando variáveis, como o comprimento de onda da luz da fonte, a intensidade da fonte de luz, e o tipo de metal. O aluno pode interromper e reiniciar o experimento a qualquer instante.

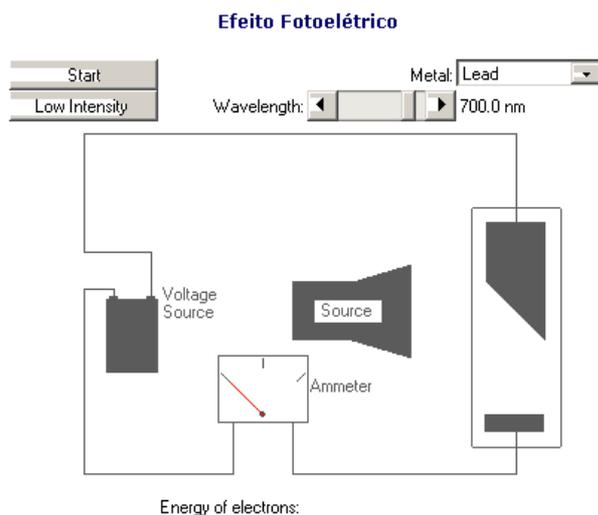


Figura 6 - Tela inicial do simulador do efeito fotoelétrico disponibilizado no material.

Todos os simuladores estão acompanhados de instruções sobre seu uso conforme mostramos no exemplo da Fig. 7, com a tradução de todas as palavras em

língua estrangeira, e também de um roteiro de atividades para serem realizadas a partir deles (Fig. 8). O aluno terá a oportunidade de associar o experimento às informações disponibilizadas ao longo do texto e às animações anteriormente apresentadas, conforme podemos visualizar na Fig. 9. Esses cuidados são muito importantes pois uma simulação fora de um material bem elaborado pode levar a uma aprendizagem puramente mecânica, em oposição à desejada aprendizagem significativa [16].



Figura 7 - Exemplo da organização de instruções de uso do simulador Java Applet.



Figura 8 - Exemplo da organização das atividades a serem desenvolvidas com auxílio do simulador Java Applet.

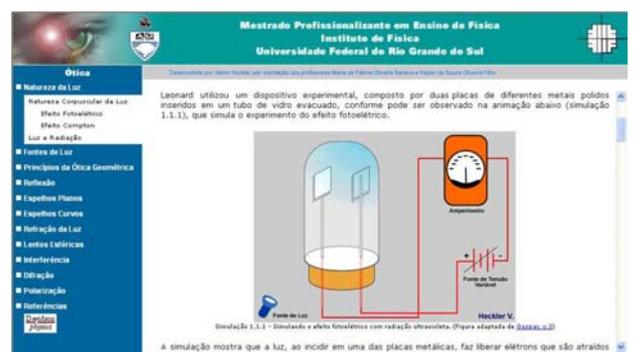


Figura 9 - Representação de disponibilização de informações e simulações no hipermídia.

3. Implantação do material desenvolvido

Após desenvolvermos o material para o ensino de óptica, utilizamos o mesmo em duas turmas da 3ª série

do ensino médio da Sociedade Educacional Três de Maio (SETREM), objetivando verificar a aceitação e a compreensão do conteúdo pelos alunos, e também buscando críticas e sugestões para possíveis melhorias. No total, 40 alunos utilizaram o material.

Durante as nossas aulas de óptica exploramos o laboratório de informática, o laboratório de física e a própria sala de aula, sugerindo também o uso do livro didático e de outras referências para o aprofundamento dos conteúdos e para a resolução de questões e de exercícios complementares. Procuramos sempre incentivar os alunos a realizar as atividades em duplas, de maneira a facilitar a troca de idéias e estimular a criação dos elos aluno-aluno e professor-aluno, promovendo as interações sociais que, segundo Vygotsky, são indispensáveis ao desenvolvimento cognitivo [17].

No total trabalhamos a óptica em 31 horas-aula em cada turma, carga horária esta que foi distribuída da seguinte forma: 14 horas-aula no laboratório de informática; 9 horas-aula na sala de aula; 4 horas-aula no laboratório de física e 4 horas-aula em prova e/ou avaliação do material.

Durante as aulas no laboratório de informática utilizamos tanto o projetor multimídia como o quadro branco para introduzirmos conceitos, esquematizarmos o assunto e apresentarmos explicações sobre as simulações. Os alunos fizeram uso do CD-ROM acompanhando no monitor as animações, as imagens, partes do texto e usando os simuladores (Java *Applets*) nas atividades propostas.

Pudemos constatar que o computador despertou um maior interesse por parte dos alunos, pois nas aulas com essas turmas enfrentamos menos problemas relacionados à falta de interesse, como conversas fora do contexto de aula, chegada com atraso à sala de aula, ou falta de participação efetiva da aula, em comparação com as aulas de física com outras turmas com as quais não fizemos uso do laboratório de informática.

Durante o desenvolvimento dos conteúdos, propomos aos alunos escreverem sobre as possíveis vantagens e desvantagens visualizadas por eles em relação ao uso do material, para ser entregue de forma espontânea. Transcrevemos alguns desses relatos abaixo:

“Gostei muito das aulas elaboradas com a utilização do CD. A aula não se torna cansativa e existem diferentes meios para a realização de pesquisas. Cada aluno deve saber utilizar seu material, com ajuda de colegas, existindo troca de conhecimentos. O CD foi muito bem elaborado, com explicações, exemplos de fácil entendimento e extremamente visíveis (para nós que não somos grandes entendedores da ciência). Aspectos negativos eu não encontrei. É muito bom mudar as formas de aula, para chamar a atenção de todos e despertar a

vontade de aprender e pesquisar cada vez mais.” (J.S.)

“Vantagens: São várias, por exemplo, a grande dificuldade que eu tenho em física é não poder imaginar os esquemas que são feitos no quadro, por esse novo método de ensino, os esquemas se movimentam facilitando o aprendizado, sem contar a facilidade de encontrar os conteúdos. Desvantagens: Se as aulas serão feitas tanto na sala de aula como no laboratório de informática, não vejo problema algum. Poderia ter uma apostila igual ao CD com exercícios.” (E.S.S.)

“Na minha opinião, essa proposta de trabalho é muito boa. Nós só temos a ganhar com isso. O CD ficou muito legal e vai ser de ótimo aproveitamento, até porque nele tem simulações que facilitam a aprendizagem dos conteúdos. Além do mais, que com esse material e esquema as aulas não se tornam monótonas. Só vejo pontos positivos.” (A.F.)

4. Avaliação sobre o uso do material em sala de aula

Perante o posicionamento dos alunos, verificamos uma boa receptividade inicial do material. Com o objetivo de obtermos uma idéia mais realista dessa receptividade, após o término do uso do referido material em sala de aula desenvolvemos e aplicamos um instrumento de avaliação qualitativa, coletando as opiniões dos alunos referentes à qualidade, importância, necessidade de mudança e metodologia utilizada na aplicação do CD-ROM. Os dados mostraram que um percentual de 81% dos alunos acredita que aprendeu os tópicos de óptica com auxílio do material disponibilizado em CD-ROM, e 19% dos mesmos assinalaram que os aprenderam com restrições (Fig. 10). Um percentual semelhante se refletiu nas duas provas que aplicamos para avaliarmos o crescimento cognitivo dos estudantes.

A interpretação dos dados da Fig. 11 mostra que, na visão de 95% dos alunos, a exploração do material interativo (CD-ROM) despertou um maior interesse pelas aulas de física. Esses dados confirmam o grande potencial motivacional existente nas ferramentas disponibilizadas pela informática, as quais podem e devem ser exploradas pelos professores.

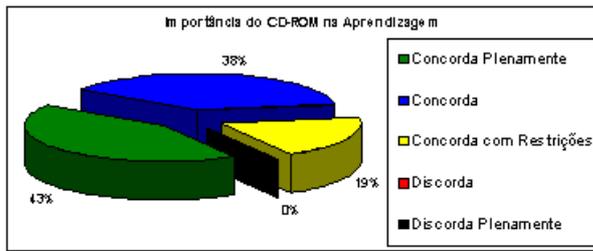


Figura 10 - Demonstração dos dados de opinião dos estudantes sobre a importância do CD-ROM na aprendizagem de óptica.

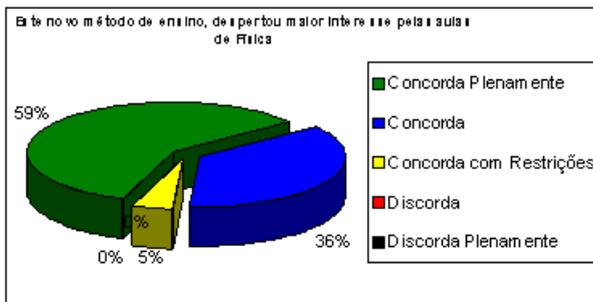


Figura 11 - Demonstração dos dados de opinião dos estudantes sobre o interesse despertado para participação nas aulas de física.

Ao serem perguntados especificamente sobre o uso dos simuladores interativos (*Java Applet*), 82% dos estudantes manifestaram que estes são importantes para o entendimento dos tópicos estudados, e os outros 18% também os consideram importantes, mas o fazem com restrições, conforme dados da Fig. 12.

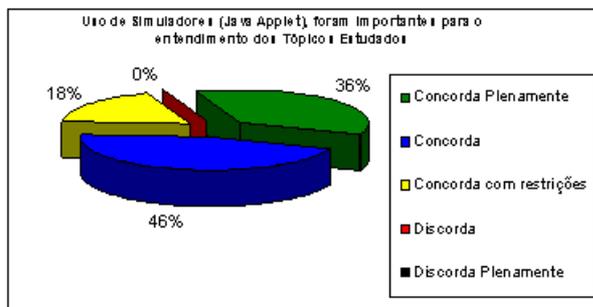


Figura 12 - Demonstração da importância atribuída aos simuladores interativos quanto à aprendizagem.

A boa aceitação do material e o gosto que os jovens em geral têm em trabalhar com o computador pode ser vista ao nos depararmos com 95% dos mesmos respondendo que não acreditam que teriam aprendido mais sobre óptica se as aulas tivessem acontecidas sem o auxílio da informática, com as explicações do professor no quadro e o estudo restrito no livro didático. Mesmo assim é importante notar que existem alunos, que neste caso totalizam 5%, que ainda acham que aprendem melhor na forma tradicional.

A grande maioria dos alunos (80%) considerou as simulações não interativas disponibilizadas no material de óptica como mais significativas para a sua aprendizagem, do que se os fenômenos fossem representados

por desenhos feitos pelo professor no quadro, conforme demonstrado nos dados do gráfico da Fig. 13. Entretanto, alguns deles (10%) acreditam entenderem melhor quando o professor faz no quadro os desenhos e as representações.

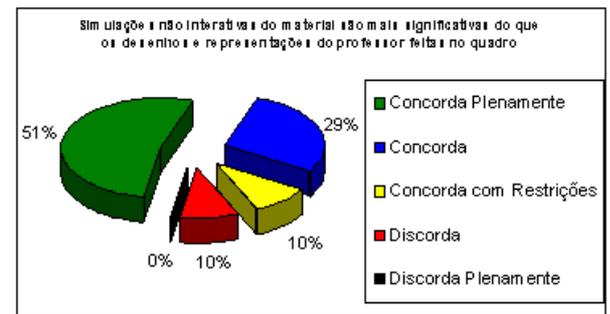


Figura 13 - Demonstração da importância atribuída aos simuladores não interativos.

Portanto, os simuladores que desenvolvemos e disponibilizamos no material, apresentam-se como instrumentos potenciais para as aulas, por servirem de meio motivacional, de organizadores prévios, de facilitadores de entendimento, muito mais significativamente do que as representações que buscamos fazer no quadro negro. Mas devemos ter o cuidado e observar que nem sempre existe um entendimento claro por parte do aluno do evento físico que está sendo simulado, cabendo ao professor o papel de verificar se realmente o aluno o entendeu, ou se apenas acha que entendeu.

O posicionamento aberto dos alunos sobre pontos fortes vistos frente ao uso do material em CD-ROM, nos mostram, que os pontos positivos destacados são: a questão da interatividade, o uso dos simuladores, as figuras, a praticidade de acesso aos conteúdos e a motivação despertada para as aulas de física.

Entre pontos negativos indicados pelos alunos em relação ao trabalho com o material disponibilizado são indicadas com maiores freqüências: a distração ocorrida, o cansaço físico, a falta de um material impresso, o pouco tempo destinado ao estudo de cada tópico, a falta de um local para resolver as atividades e alguns erros de português, como pontos fracos de nosso material e metodologia de ensino. Esses posicionamentos nos mostram quais cuidados precisamos ter na elaboração de futuros materiais, no uso de instrumentos de informática e principalmente no que precisamos evoluir em nossa proposta, servindo também para deixarmos algumas sugestões para os futuros pesquisadores nesta área e sugestões para a melhoria do nosso próprio material.

Quanto ao crescimento cognitivo dos alunos que usaram o material interativo, estamos limitados a fazer uma pequena análise dos resultados obtidos em duas provas aplicadas ao longo do desenvolvimento dos conteúdos de óptica. O resultado de desempenho da turma apresentou média de 48% de acertos das questões

nas duas provas de óptica, não demonstrando uma variação muita significativa de acertos frente à média de 45% das questões nas provas do bimestre anterior sobre eletricidade, que não contou com material hiperficcional. Ao avaliarmos o desempenho individual de cada aluno, notamos que 67% dos alunos melhoraram seu percentual médio de acertos, enquanto que o restante manteve ou diminuiu o mesmo percentual do bimestre anterior.

5. Considerações finais

Conseguimos, através do material desenvolvido, apresentar os conteúdos de óptica de uma forma mais atraente e ilustrativa do que os simples exercícios propostos ou as meras descrições de fenômenos efetuadas na maioria das aulas tradicionais, propiciando assim o maior envolvimento dos alunos nas aulas de física. O uso de animações e simulações permitiu a abordagem de um número maior de fenômenos num intervalo de tempo menor e proporcionar uma realimentação imediata ao aluno.

Ao analisarmos as opiniões de nossos alunos, percebemos que estes materiais vão ao encontro da realidade da grande maioria deles, proporcionando um ambiente de estímulo, motivação e envolvimento no processo de ensino/aprendizagem, fazendo com que os alunos participem ativamente da aquisição de informações e construção do conhecimento. E, um ponto muito positivo percebido com tais ferramentas, é que despertou um maior interesse pelas aulas de física na visão de 95% dos alunos.

Entretanto, tanto em nossas observações, como nos relatos dos alunos, verificamos que o computador apresenta algumas desvantagens ao ser usado como recurso didático, entre as quais a mais notável é a facilidade de distração. Além do forte apelo apresentado pelas imagens móveis, de certa maneira, desestimular a leitura dos textos explicativos, levando os alunos a ficarem apenas observando as imagens e as simulações no material, também existe a grande possibilidade de eles desviarem totalmente sua atenção do assunto da aula para utilizarem outros recursos disponibilizadas pelo computador e que podem ser mais atraentes do que a aula.

Por isso, acreditamos que a utilização de novas tecnologias de ensino em aulas de física no ensino médio deva ser feita como uma ferramenta auxiliar, um recurso a mais no processo de ensino/aprendizagem, nunca de forma única, devendo ser aliada aos demais recursos existentes; cabe ao professor a responsabilidade de dosar o tempo de uso de cada recurso, e o da criação de um ambiente em que o aluno possa perguntar, refletir, debater, pesquisar, onde ambos possam se sentir responsáveis pelo processo ensino/aprendizagem.

É importante ressaltar que não encaramos o material aqui apresentado como um produto acabado. Ao longo do seu desenvolvimento e implantação percebemos, entre outros aspectos, que os textos teóricos têm

muito a serem melhorados, que as atividades podem ser diversificadas e que seria muito apropriado incluir um sistema de auto-teste no final de cada capítulo; também deixamos para um trabalho futuro o estudo e o desenvolvimento de uma proposta de avaliação da eficácia do material no processo ensino-aprendizagem.

Referências

- [1] C. Fiolhais e J. Trindade, Rev. Bras. Ens. Fís. **25**, 259 (2003)
- [2] F.C.A. Campos, A.R.C. Rocha e G.H.B. Campos, *Design Instrucional e Construtivismo: Em Busca de Modelos para o Desenvolvimento de Software*. Disponível em http://lsm.dei.uc.pt/ribie_old/cong.1998/trabalhos/250m.pdf. Acesso em 2/2/2006.
- [3] M.A. Beherens, in *Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica*, editado por J.M. Moran (Papyrus, Campinas, 2000).
- [4] S. Petitto, *Projetos de Trabalho em Informática: Desenvolvendo Competências* (Papyrus, Campinas, 2003).
- [5] I.S. Araujo e E.A. Veit, Rev. Bras. de Pesquisa em Educação em Ciências **4**(3), 5 (2004).
- [6] A. Meleiro e M. Giordan, Química na Escola **10**, 17 (1999).
- [7] F. Rezende e S. Barros, Física na Escola **6**(1), 63 (2005).
- [8] J. Pereira, Millenium **25** (2002). Disponível em <http://www.ipv.pt/millenium/Millenium25/default.htm>. Acesso em 11/2006.
- [9] V. Heckler, *Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de ótica*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
- [10] V. Heckler, M.F.O. Saraiva e K.S. Oliveira Filho, *Ótica no Ensino Médio. Hiperficcional de Apoio ao Professor de Física n. 7* (IF da UFRGS, Porto Alegre, 2005).
- [11] K.A. Strike e G.J. Posner (1992), em Alberto Villani e Jesuina Lopes de Almeida Pacca, Rev. Fac. Educ. [online] **23**(1) (1997)
- [12] A. Medeiros e C.F. Medeiros, Rev. Bras. Ens. Fís. **24**, 77 (2002).
- [13] Fun-Kwun Hwang, NTNU JAVA - Virtual Physics Laboratory. Disponível em <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava>. Acesso em 15/6/2003.
- [14] W. Fendt, Applets Java de Física. Disponível em <http://www.walter-fendt.de/ph11br>. Acesso em 15/6/2003.
- [15] S. Kiselev e T.Y. Kiselev, Interactive Physics and Math with Java. Disponível em http://www.physics.uoguelph.ca/applets/Intro_physics/kisalev/. Acesso em 15/6/2003.
- [16] G. Santos, M.R. Otero e M.A. Fanaro, Cad. Catariense Ens. Fis. **17**, 50 (2000).
- [17] M.A. Moreira, *Teorias de Aprendizagem* (Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo, 1999).