

.....
Jader da Silva Neto

Colégio Cenecista São Roque, Bento Gonçalves, RS, Brasil

Fernanda Ostermann,
Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil
E-mail: fernanda@if.ufrgs.br

Sandra Denise Prado
Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil
.....

Apresentamos neste trabalho uma página na Internet, como produto educacional resultante do projeto “A física Moderna no processo de formação de técnicos na área de radiologia médica”, desenvolvido como parte de uma dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A aplicação deste projeto ocorreu no curso Técnico em Radiologia Médica – Radiodiagnóstico, do Colégio Cenecista São Roque, em Bento Gonçalves – RS. Esta página foi utilizada, durante o segundo semestre letivo de 2007, como material de apoio para a disciplina de Proteção Radiológica, a qual contemplava uma carga horária de 40 horas-aula.

A formação em nível técnico tem se expandido muito nos últimos anos. A interpretação de dados estatísticos mostra aumentos expressivos no número de matrículas e estabelecimentos que ofertam educação profissional em nível técnico [1]. Em relação a estes números verifica-se a intensificação, nos últimos anos, dos investimentos por parte do governo federal cujos impactos, entre outros, têm sido a criação de vários CEFETs, agora IFETs (Institutos Federais de Educação Ciência e Tecnologia). Isto revela uma grande tendência e necessidade da política econômica atual, em termos da expansão de formação técnica.

Ao longo de décadas, ocorreram mudanças significativas na legislação referente à educação de um modo geral. As reformas no ensino médio e na educação profissional impostas pela LDB (Lei n. 9.394/96) e pelo Decreto Federal n. 2.208/97 tiveram como inovação, entre outros aspectos, a separação do ensino técnico-profissional do ensino médio em geral. Mais recentemente, a partir de

críticas e de debates envolvendo estudiosos da área educacional acerca desta última reforma, surgiu o Decreto n. 5.154/04, com a finalidade de complementar a LDB/96 em seus artigos 36 (§ 2º), 39, 40 e 41, além de revogar o Decreto n. 2.208/97, tornando facultativo às instituições de ensino a oferta da educação profissional técnica de nível médio em articulação com o ensino médio. O Decreto n. 5.154/04 definiu novas orientações para a organização da educação profissional, a qual passou a ser desenvolvida através de cursos e programas de formação inicial e continuada de trabalhadores; educação profissional técnica de nível médio; e educação profissional tecnológica, de graduação e de pós-graduação.

Diante desta grande reforma da educação brasileira, destacamos as orientações dadas quanto à necessidade de desenvolver competências, afastando-se assim do conceito de qualificação profissional. As mudanças no sistema educacional no Brasil, a partir dos anos 90, foram orientadas segundo a noção de competências, denotando as exigências de qualidade, produtividade e valorização dos trabalhadores [2]. Assim, o sistema de ensino passou a oferecer uma formação profissional visando o “saber-fazer”, de modo que o trabalhador possa expressar suas competências em situações reais de aprendizagem e de trabalho.

A adequação ao modelo das competências requer uma modificação tanto na organização curricular quanto nas metodologias adotadas em sala de aula. O professor deve atuar como um orientador, cabendo a ele a tarefa de monitorar e auxiliar os alunos durante o processo de aprendizagem, despertado por situações-problema centrais. Na pedagogia das competências, os conteúdos

A formação em nível técnico tem se expandido muito nos últimos anos. A interpretação de dados estatísticos mostra aumentos expressivos no número de matrículas e estabelecimentos que ofertam educação profissional em nível técnico

Este artigo relata o desenvolvimento de uma página na Internet acerca de tópicos de física moderna abordados no curso técnico de radiologia médica do Colégio Cenecista São Roque, Bento Gonçalves, RS. A proposta que apresentamos visa a abordagem conceitual de tópicos de física moderna tendo como conceito central a dualidade onda-partícula, a qual foi ilustrada a partir da simulação computacional com o interferômetro virtual de Mach-Zehnder. Tomando como referencial teórico o sócio-interacionismo de Vygotsky, esta proposta foi implementada a partir do trabalho mediado pelo professor através de debates de textos em aula e simulações computacionais.

abordados nas disciplinas, os quais passam a se chamar bases tecnológicas, assumem uma nova finalidade, uma vez que deixam de ser fins em si mesmos e assumem o papel de “semente” para despertar no aluno o desenvolvimento de competências [3].

Desenvolvimento da página

Apoiado na pedagogia das competências e conhecendo as várias teorias de aprendizagem, optamos pela teoria socio-interacionista de Vygotsky, por acreditar que esta é a que melhor se aproxima da nossa finalidade no meio educativo. Assim, visando desenvolver competências em sala de aula e formar sujeitos que constroem seu conhecimento a partir da interação, organizou-se o material didático a ser utilizado nas aulas.

A partir da análise das entrevistas realizadas com ex-alunos e outros professores do curso, o planejamento da disciplina de Proteção Radiológica teve início com uma reorganização da apresentação dos conteúdos. A dualidade onda-partícula foi tomada como conceito central de nossa proposta e não apenas como um apêndice, uma vez que é um tópico de grande relevância para os conteúdos subsequentes, cabendo ao professor retomá-lo ao longo da disciplina de forma a evidenciar em que situações ele será útil para um técnico em radiologia.

A partir de uma revisão na literatura, constatou-se que não havia nenhum material de apoio referente à proteção radiológica e uma nova análise das entrevistas mostrou um ensino pouco interativo e com escassos recursos. Quando se fala que não há material de apoio referente à proteção radiológica nos referimos ao fato de encontrarmos apenas textos de física sobre radiações ou manuais de proteção radiológica. A literatura em ensino de física carece de trabalhos não altamente técnicos que relacionem a física das radiações com a importância da radioproteção. O que resta aos professores é ter um bom conhecimento em física e a partir de sua interpretação relacionar este conhecimento com a teoria sobre proteção radiológica. Tendo em vista estes argumentos pode-se considerar plenamente justificada a necessidade de inovar o desenvolvimento da disciplina, desde a organização dos conteúdos até a forma de apresentação dos mesmos.

Para haver inovação é preciso mate-

riais que ofereçam esta possibilidade assim como o planejamento de atividades diferenciadas. Dentre estes materiais citamos o uso de simulações computacionais, elaboração de roteiros para as simulações, seleção de textos apropriados e a redação de textos pelo professor. Ainda com a intenção de inovar a forma de (re)ver a física por parte destes alunos, procurou-se estratégias de ensino com as quais estes não estavam acostumados, desde o debate de textos científicos até o uso da Internet como uma ferramenta de aprendizagem.

Para isso foi desenvolvida, em linguagem html, uma página na Internet, a qual está disponível em <http://lief.if.ufrgs.br/~jader>. Esta recebeu atualizações semanais com os textos utilizados, roteiros exploratórios elaborados e uma série de vínculos onde os alunos têm acesso a textos que tratam de assuntos abordados em aula e, muito deles, relacionados aos questionamentos gerados pelas discussões em sala.

Com a intenção de tornar o acesso à página prazeroso e não uma simples obrigação, sua concepção foge da grande tendência vista na Internet, que são páginas carregadas de imagens e movimentos que tiram a atenção de quem as está acessando e também tornam este acesso lento. A

Fig. 1 apresenta o *layout* da página em um visual leve e simples.

Ao acessar a página, os alunos da disciplina ou outros interessados são informados quanto aos objetivos da mesma e visualizam um índice onde estão vínculos para os roteiros e textos referentes ao assunto selecionado e também para outros sítios de interesse. Todos os textos foram disponibilizados em formato pdf e antes de acessar cada um é possível ler uma pequena explicação referente aos seus objetivos.

Textos

É evidente a necessidade que os alunos sentem de ter algo escrito e não ficar apenas no visual para que

possam compreender o conteúdo, principalmente em física. Dessa forma, foram preparados diversos textos de apoio para serem utilizados nas aulas, sempre buscando uma linguagem acessível aos alunos e proporcionando uma leitura de fácil compreensão.

Os alunos não aprendem por descoberta. O professor deve atuar como um orientador em sala de aula e ajudar os alunos a construir o conhecimento a partir da interação e da troca de significados com os colegas [4]. Assim, os

textos selecionados para a disciplina devem, além de introduzir o assunto a ser trabalhado, promover situações de debate em aula. Quando um aluno ouve seu colega, sente-se encorajado a emitir sua opinião e, a partir dessas trocas de ideias, o professor desenvolve suas aulas, guiando a classe em suas discussões e, ao mesmo tempo, promovendo a construção do conhecimento.

No caso de nossa intervenção em sala de aula, estes debates foram frequentes e um dos ingredientes fundamentais para o desenvolvimento da proposta. Ao se abordar as radiações eletromagnéticas, a turma se mostrou surpresa com o fato de estarmos cercados de radiação. Surgiu então o questionamento a respeito dos efeitos das radiações produzidas nos aparelhos de celular e nas doses de radiação recebida em uma viagem de avião. Como forma de estimular a leitura por parte dos alunos e o uso da Internet como ferramenta, foram colocados na página da disciplina vínculos para textos que deveriam

A literatura em ensino de física carece de trabalhos não altamente técnicos que relacionem a física das radiações com a importância da radioproteção. Assim, pode-se considerar plenamente justificada a necessidade de inovar o desenvolvimento da disciplina, desde a organização dos conteúdos até a forma de apresentação dos mesmos

Ao se abordar as radiações eletromagnéticas, os alunos mostraram-se surpresos com o fato de estarmos cercados de radiação. Surgiu então o questionamento a respeito dos efeitos das radiações produzidas nos aparelhos de celular e nas doses de radiação recebida em uma viagem de avião



Figura 1 – Página da disciplina de Proteção Radiológica.

ser lidos e debatidos na semana seguinte. Este procedimento foi adotado com muita frequência no decorrer da disciplina.

Utilizando um referencial construtivista e levando aos alunos assuntos que são de seu interesse despertamos a curiosidade para outras informações. Assim, o professor é levado, cada vez mais, a buscar materiais que lhe auxiliem em aula, enriquecendo sua prática pedagógica.

Em se tratando de textos, também preparamos roteiros exploratórios para guiar os alunos nas atividades de simulação computacional. Tais roteiros não são uma forma de forçar o aluno a chegar no resultado que desejamos, mas uma ferramenta que irá guiá-los na atividade que estão realizando a fim de evitar que estes se distraiam ou que simplesmente trabalhem de forma descoordenada sem agregar nenhum aprendizado.

Simulações

Tendo em mente que o uso de simulações unicamente não pode solucionar todas as dificuldades relacionadas ao aprendizado, estas foram utilizadas como uma estratégia cuja finalidade foi facilitar a compreensão dos conceitos abstratos e não-intuitivos que envolvem os princípios fundamentais da física quântica. Muitos fenômenos da escala microscópica são de difícil compreensão para serem explorados a partir de figuras estáticas ou sugerindo-se aos alunos um “imaginem que...”. Entre estes fenômenos citamos o efeito fotoelétrico, o espalhamento Compton e a dualidade onda-partícula, os quais estão intimamente ligados à interação das radia-



Figura 3 - Formação de franjas de interferência idênticas às obtidas com *laser*.

ções com a matéria sendo sua abordagem de extrema importância para o entendimento da física que rege o radiodiagnóstico.

A dualidade onda-partícula foi estudada a partir de um roteiro exploratório preparado para o uso de um *software* tipo bancada virtual, o qual simula o interferômetro de Mach-Zehnder (IMZ) [5]. Para se ter uma noção básica de como as radiações interagem com a matéria é preciso primeiramente saber o que são exatamente tais radiações e, para isso, faz-se necessário uma abordagem pelo menos conceitual do fenômeno da dualidade onda-

partícula na FMC. A dualidade onda-partícula é um dos temas centrais na FMC e se constitui um marco da ruptura entre a física clássica newtoniana e a FMC. Tal ruptura, no entanto, poderá ser introduzida aos estudantes de forma mais suavizada se a dualidade onda-partícula for tratada após algumas noções básicas de óptica ondulatória. Na Fig. 2, a simulação com o IMZ utilizando um feixe *laser* nos remete ao experimento com a dupla-fenda, retomando-se conceitos de óptica ondulatória clássica.

Enquanto opera com o interferômetro em regime quântico, o aluno observa que as franjas de interferência obtidas com a emissão de vários fótons únicos são idênticas àquelas formadas com *laser* e a partir de então é levado a utilizar tais conceitos para interpretar e explicar a formação das franjas de interferência, como representado na Fig. 3.

Nesta simulação, explora-se também a impossibilidade de inferir o caminho seguido pelo fóton e ao mesmo tempo observar as franjas de interferência. A partir disso introduz-se o modelo da dualidade onda-partícula para explicar o comportamento dos fótons, tomando como ponto de partida a interpretação ondulatória da física quântica, proposta por Schrödinger em 1925. A opção por esta interpretação da física quântica se deve à sua analogia com a óptica ondulatória clássica. Uma vez que o aluno percebe que precisa de um modelo que leve em consideração o caráter dualístico das radiações pode-se proceder à simulação dos fenômenos de interação, conforme ilustrado na Fig. 4.

Para simular o efeito fotoelétrico e o

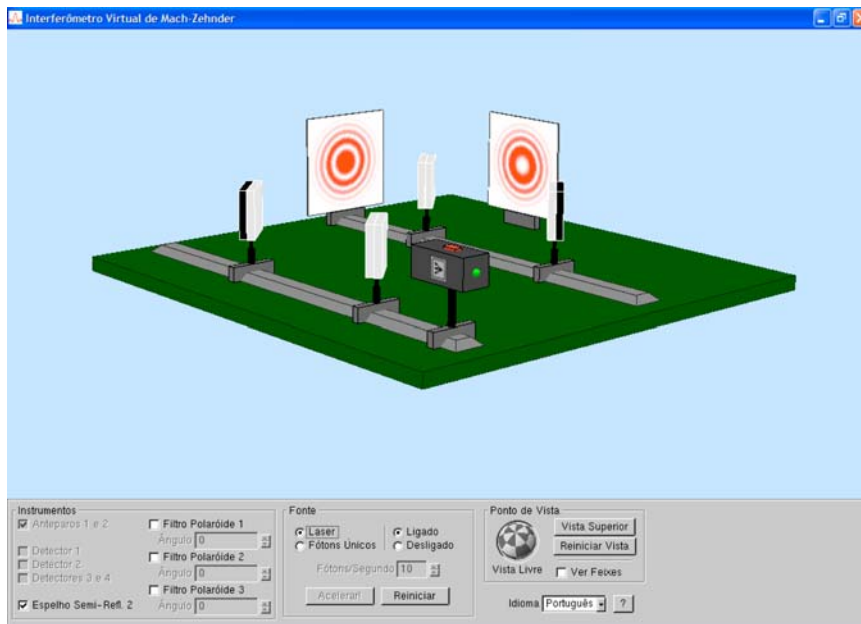


Figura 2 - Formação das franjas de interferência com *laser*, de modo análogo ao experimento de Young.

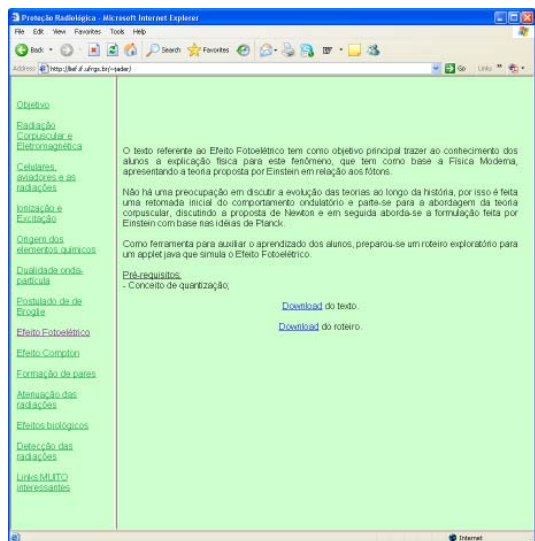


Figura 4 - Link para texto de apoio e roteiro exploratório.

espalhamento Compton foram utilizados, via Internet, aplicativos Java *Applets*, de autoria de Angel Franco Garcia [6-7]. Para cada simulação também foram desenvolvidos roteiros exploratórios. É interessante deixar que os alunos identifiquem o comportamento das radiações tanto na simulação do efeito fotoelétrico quanto no espalhamento Compton, permitindo que estes relacionem o comportamento das radiações nestes efeitos com a simulação que realizaram no IMZ.

Em relação ao efeito fotoelétrico, os alunos podem explorar os fatores que interferem na sua ocorrência e a partir de então, o professor poderá relatar as primeiras observações do efeito fotoelétrico, as explicações dadas em função de um modelo ondulatório para a luz e, por final, mostrar para os alunos como somente o modelo corpuscular explica, de forma adequada, este fenômeno.

O estudo do efeito fotoelétrico possibilita uma abordagem interdisciplinar com física do radiodiagnóstico no momento em que esta disciplina trata da utilização das telas intensificadoras (écrans). Estas possuem uma camada constituída por cristais de fósforo suspensos em plástico flexível. A camada de fósforo tem a propriedade de emitir luz quando este material é irradiado por um feixe de raios-X, de modo que esta luz é que vai impressionar o filme radiográfico. Devido ao alto número atômico do fósforo (para as energias usadas em radiologia), quase toda a absorção dos raios-X se dá pelo efeito fotoelétrico. O filme radiográfico é muito mais sensível à luz

A partir do estudo do espalhamento Compton pode-se refletir com os alunos acerca dos dispositivos de proteção radiológica, como por exemplo, os equipamentos de proteção individual

Considerações finais

A abordagem de tópicos de física moderna no Ensino Médio é uma tendência atual, de modo que a introdução de tais

de que aos raios-X, consequentemente o uso da tela possibilita uma considerável redução do tempo de exposição o que acarreta uma diminuição da dose a que o paciente é exposto.

Esta abordagem interdisciplinar permite também a relação do efeito fotoelétrico com a redução dos efeitos biológicos no paciente devido à possibilidade de se operar com exposições menores e formar mesmo assim imagens com boa qualidade.

Seguindo o estudo dos fenômenos de interação, a abordagem do espalhamento Compton visa reforçar o modelo corpuscular para as radiações. A partir do estudo do espalhamento Compton pode-se refletir com os alunos acerca dos dispositivos de proteção radiológica, como por exemplo, os equipamentos de proteção individual e também sobre os efeitos da radiação espalhada na qualidade da imagem radiográfica. Ao interagir com a matéria, as radiações sofrem um processo de absorção e espalhamento (radiação dispersa). A parte irradiada do corpo do paciente constitui a principal fonte de radiação dispersa. Quanto maior o volume irradiado, mais radiação é espalhada, desprezando-se outros fatores. Como estratégia para reduzir este efeito de espalhamento, pode-se trabalhar com os alunos a limitação do feixe através do uso de grades, cones, diafragmas, entre outros dispositivos.

Certamente a abordagem destes dispositivos e técnicas que visam reduzir a exposição do paciente, assim como sua proteção e do técnico em radiologia e a melhora na qualidade da imagem, é feita em algum momento em um bom curso de Técnico em Radiologia. No entanto, este enfoque interdisciplinar, distante daquela disposição engessada dos conteúdos, possibilita maior aprendizado aos alunos bem como sua conscientização a partir de argumentos baseados em conhecimentos que até então não passavam de uma física sem grandes aplicações.

O estudo do efeito fotoelétrico possibilita uma abordagem interdisciplinar com física do radiodiagnóstico no momento em que esta disciplina trata da utilização das telas intensificadoras

tópicos já é vista em diversos livros de física. No entanto, esta abordagem, quando feita pelo professor e, até mesmo em função dos livros adotados, é muito informativa e não desperta interesse por parte dos alunos.

Trabalhando em um curso no qual seria de grande relevância abordar a dualidade onda-partícula, partimos na busca de recursos que possibilitassem a abordagem deste tópico de difícil compreensão para os alunos.

Podemos aqui observar que o uso adequado da Internet como ferramenta de ensino e a abordagem da física moderna a partir de simulações computacionais foram instrumentos que atuaram de forma positiva em nossa intervenção em sala de aula. Estes possibilitaram uma representação visual com grande fidelidade dos fenômenos abordados, proporcionando uma abordagem mais conceitual e qualitativa da física quântica.

Mesmo passível de futuras melhorias, podemos considerar que, de modo geral essa abordagem mais conceitual da física moderna ancorada a recursos computacionais e programas educativos especialmente desenvolvidos para a abordagem da dualidade onda-partícula surtiu efeitos, a partir do momento que foi possível mudar, expandir e aperfeiçoar a visão que os alunos tinham das radiações, além de tornar o assunto mais interessante e mais estimulante aos estudantes.

No nosso caso, em particular, parte importante da inovação a que nos propuemos se deu através do uso da simulação virtual do interferômetro de Mach-Zehnder com resultados surpreendentes se considerarmos que trabalhamos com uma turma bastante heterogênea e com um histórico médio de alunos afastados há alguns anos dos bancos escolares.

Referências

- [1] MEC/INEP/DEEB - Censo Escolar 2003 a 2005.
- [2] M.N. Ramos, *A Pedagogia das Competências: Autonomia ou Adaptação?* (Cortez, São Paulo, 2001).
- [3] M.N. Ramos, *Educação & Sociedade* **23**(80), 400 (2002).
- [4] L.S. Vygotsky, *Psicologia Pedagógica* (Martins Fontes, São Paulo, 2004).
- [5] F. Ostermann e S.D. Prado, *Física na Escola* **7**(1), 22 (2006).
- [6] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm>.
- [7] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/compton/Compton.htm>.