

O uso de ilustrações no ensino e no setor de radiologia como uma proposta para construção dos conceitos de física radiológica e radioproteção

The use of illustrations in teaching and the department of radiology as a proposal for construction of the concepts of radiological physics and radiation protection

Leandro C. Luiz^{1,2}, Luís Fernando de Oliveira¹ e Rafaela T. Batista¹

¹Departamento de Física Aplicada e Termodinâmica – Instituto de Física Armando Dias Tavares da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

²Curso de Farmácia da Faculdade Bezerra de Araújo (FABA) – Campo Grande (RJ), Brasil.

Resumo

Recentemente o Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) fez um levantamento do número de clínicas e hospitais que utilizam fonte de radiação em exames diagnósticos ou em terapias. Milhares de instalações estão cadastradas e mais que a metade usa fonte de raios X para radiodiagnóstico. A população, e até mesmo alguns trabalhadores, não tem conhecimento dos efeitos que a radiação causa no organismo ao interagir com o mesmo. Assim, este trabalho tem como objetivo chamar a atenção quanto aos efeitos causados pela interação da radiação com o organismo e noções de proteção radiológica por meio de cartazes, cartilhas e histórias em quadrinhos.

Palavras-chave: raios X, ensino, proteção radiológica

Abstract

Recently the Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), in Brazil, carried out the number of clinics and hospitals that applies radiation sources either to radiology exams or therapy. A lot of installations are subscribed and more than half use X-ray sources to radio diagnostic. The population and up to some professionals do not have knowledge about the radiation effects over the body when the radiation interacts with it. Thus, this work has the goal of calling the students to pay attention about the effects of the interaction of radiation with the body and brings notions of radiological protection through placards, folders and comic strip.

Keywords: X-rays, teaching, radiation protection.

A física moderna tem sido introduzida na sociedade por meio de suas diversas aplicações: odontologia, eletrodosméticos, microcomputadores, medicina diagnóstica, etc. Contudo, os conceitos ainda não são bem compreendidos pela população que usufrui da tecnologia oferecida por ela. Isto se deve ao fato da inclusão dos conceitos desta parte da física ainda ser um tema pouco abordado no Ensino Médio, bem como a má formação superior de alguns docentes que lecionam as disciplinas nos cursos especializados em radiologia e também por não apresentar esses conceitos à sociedade por meios que sejam acessíveis ao público em geral.

A falta de informação sobre os riscos daquilo que se está utilizando (ou manuseando) não é apenas um fator preocupante para a exposição ocupacional, ou seja, a ocorrida no trabalho e, principalmente, como resultado do trabalho, mas também para a exposição médica e do público. O acesso a informações básicas de física nuclear no Ensino Médio, na radiologia e até mesmo para a população em geral, não somente pode evitar que muitas pessoas sejam expostas a doses de radiação desnecessárias, acordando com um dos princípios de radioproteção, o ALARA (As Low As Reasonably Achievable), que nos diz que, em relação a uma determinada fonte dentro

de uma prática, o valor das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de ocorrência de exposições devem ser mantidos tão baixos quanto razoavelmente exequíveis, considerando os fatores econômicos e sociais, como também pode prevenir que aconteçam grandes acidentes causados por contaminação de fonte radioativa, por exemplo o ocorrido com o césio-137 em Goiânia, no ano de 1987.

A escola, dentre suas principais funções, tem o papel da transmissão de conhecimentos produzidos pela humanidade. Moran¹ compreende que “o conhecimento se dá fundamentalmente no processo de interação, de comunicação”. Os conhecimentos científicos, na medida em que são elaborados, passam por processos de codificação, sendo que os processos didáticos devem considerar os códigos científicos. Contudo, tais códigos passam por uma decodificação ou transposição para serem aprendidos pelos alunos.

Um conteúdo do saber que foi designado como saber a ensinar sofre, a partir daí, um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto para ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O trabalho que transforma um objeto do saber a ensinar em um objeto de ensino é denominado de transposição didática^{2,3}.

Um grande desafio do professor é transformar um conhecimento científico em um conteúdo didático. De fato, teorias complexas, sem perder suas propriedades e características, precisam ser transformadas para serem assimiladas pelos alunos. Assim, a transposição didática pode ser concebida como um conjunto de ações transformadoras que tornam um saber sábio em saber ensinável. O saber a ensinar é entendido como um novo saber e sua estrutura de origem está localizada fora do contexto acadêmico. No ambiente escolar, o ensino do saber sábio se apresenta no formato do que se denomina conteúdo ou conhecimento científico escolar. Este conteúdo escolar não é o saber sábio original, não é ensinado no formato original publicado pelo cientista, como também não é uma mera simplificação deste. O conteúdo escolar é um “objeto didático”, produto de um conjunto de transformações. Após ser submetido ao processo transformador da transposição didática, o saber sábio, regido agora por outro estatuto, passa a constituir o saber a ensinar^{2,4}.

O processo do aprendizado e do conhecimento se desenvolve a medida que o indivíduo se interessa por aquilo que lhe está sendo apresentado. Este pensamento é fundamentado em uma proposta sociointeracionista, em que o aluno, por intermédio do professor e pela interação com seus colegas de classe, e com os recursos a ele disponíveis, pode construir seus próprios saberes por experiências próprias.

Na física clássica, os conceitos teóricos podem ser apresentados fazendo analogia com o que está ao nosso redor ou, então, vistos em prática nos laboratórios didáticos. Entretanto, a questão observada pelos docentes é que quando se trata da física moderna há uma dificuldade em assimilar o que está sendo estudado. Isto ocorre porque

esse ramo da física não pode ser visto explicitamente no cotidiano (como é o caso da mecânica newtoniana) e é pouco explorado pelos professores do Ensino Básico. As noções de física moderna estão inclusas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para a área de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias (PCNEM/PCN+) e, de acordo com eles, alguns aspectos da chamada física moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. Os PCN apontam também a necessidade de ir mais adiante, para que todos possam aprender a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos⁵.

Visto que a mídia, em seus meios diversos, tem alto poder de influência na sociedade⁶ e que a maioria dos alunos tem acesso a esses meios, foram desenvolvidos instrumentos de divulgação científica em física moderna (radiológica) e radioproteção a serem apresentadas por meio de quadrinhos, tirinhas e cartilha aos alunos, funcionários e pacientes do setor de radiologia.

Metodologia

Para descrever os fenômenos em tirinhas, quadrinhos e cartilha, criou-se um personagem, o Fóton-X, que pode ser visto na Figura 1. Ele representa um fóton de Raios-X e tanto desenvolve a história como personagem quanto a narra em algumas ocasiões. Diversos temas podem ser abordados com este projeto piloto, não ficando apenas limitado ao ensino de física moderna no ambiente escolar, mas também apresentando dicas de como se proteger de doses desnecessárias de radiação em radiologia diagnóstica e os riscos que a radiação pode causar.

Um esboço é feito após a escolha de um tema. Este tema deve ser desenvolvido de maneira que o conceito seja transmitido para o leitor com fácil visualização e compreensão. Em seguida, o esboço é digitalizado e colorido por meio de softwares destinados ao processamento de imagens⁷.



Figura 1. Esboço do personagem Fóton-X.

Resultados

Tirinhas

Os principais mecanismos pelos quais os raios X interagem com a matéria são: efeito fotoelétrico (ou absorção fotoelétrica), efeito Compton (ou espalhamento Compton) e produção de pares.

A Figura 2 apresenta uma tirinha que aborda um dos mecanismos pelos quais os raios X interagem com a matéria, o espalhamento Compton, que é de grande importância para física radiológica. Ele consiste na interação entre um fóton de raios X e um elétron livre (fracamente ligado ao átomo, tais como os elétrons da camada de valência). O fóton de raios X atinge o elétron livre ejetando-o de sua órbita. O fóton incidente é defletido pelo elétron, desviando de sua trajetória inicial. É importante ressaltar que o modelo atômico apresentado na Figura 2 se refere ao modelo atômico com orbitais elípticas, sendo apenas

uma mera ilustração para ajudar na visualização e compreensão do fenômeno.

Para ocorrer a produção de pares é necessário que o fóton incidente tenha energia superior a 1022 keV, para geração de um par elétron-pósitron. Ao interagir com o campo elétrico do núcleo de um átomo, o fóton “desaparece”, dando origem a um par elétron-pósitron. Claramente o limiar para este processo é $2m_e c^2$, portanto 1022 keV. Embora a probabilidade deste efeito ocorrer na faixa de energia dos procedimentos radiológicos seja quase nula, é de grande importância à compreensão do fenômeno, pois se trata de um dos principais mecanismos de interação da radiação com a matéria. A tirinha da Figura 3 representa, de maneira lúdica, o fenômeno em questão. Nela, Fóton-X passa próximo do núcleo com três energias incidentes distintas. Ao passar com a energia acima de 1022 keV ele começa a “desaparecer”, dando origem ao par elétron-pósitron, cada um com energia mínima

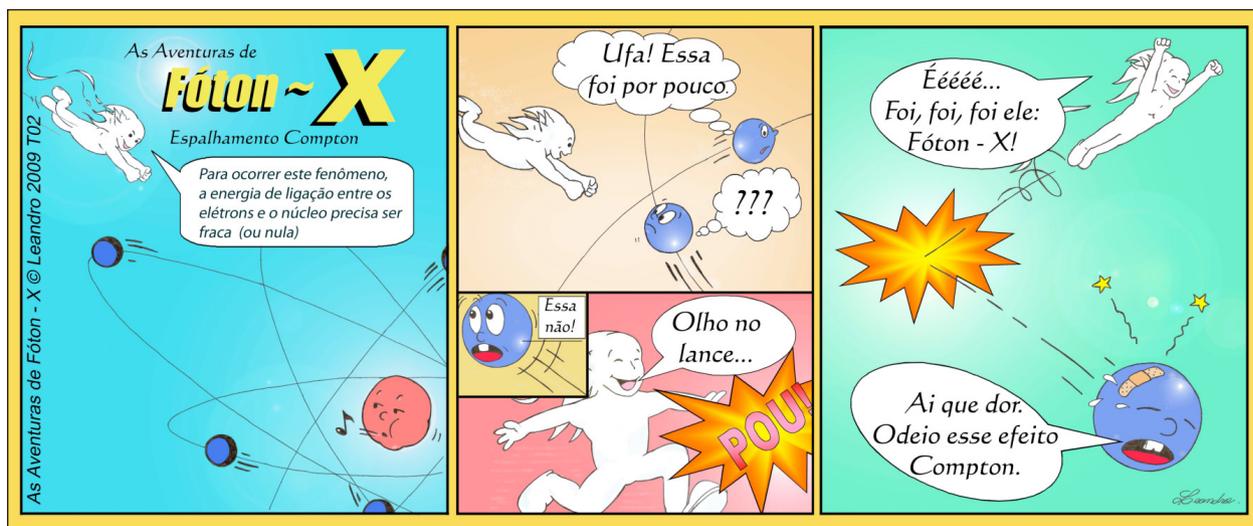


Figura 2. Tirinha referente ao espalhamento Compton.



Figura 3. Tirinha referente à produção de pares.

de 511 keV. Caso o pósitron colida com um elétron, as duas partículas são aniquiladas, produzindo dois fótons gama emitidos em sentidos opostos para conservar o momento linear. Contudo, optou-se por não representar este último na tirinha, uma vez que o fenômeno em questão é a produção de pares e não a aniquilação.

Visto que a exposição à radiação pode causar danos biológicos nos seres vivos se utilizada de forma descontrolada, houve a necessidade de estabelecer meios de proteção aos que trabalham com radiação e a população em geral. Sendo assim, a Figura 4 apresenta uma tirinha elaborada visando à importância da proteção do ser humano mediante a exposição desnecessária à radiação, pois quando uma pessoa é exposta à radiação de maneira descontrolada, alguns efeitos referentes a essa exposição podem surgir, tais como: anemia, redução no número de plaquetas, queda de cabelo, dermatite (inflamação da pele) e esterilidade. Esses sintomas fazem parte da Síndrome de Irradiação Aguda.

As tirinhas têm como objetivo despertar curiosidade no aluno para, então, o professor introduzir ou se aprofundar no assunto. Elas também servem para chamar a atenção do estudante para o papel do professor em sala de aula como facilitador, aquele que o ajudará no esclarecimento de dúvidas.

Cartilha (folder)

A cartilha foi elaborada de forma lúdica, sem prescindir do conteúdo científico e educacional. O intuito é alcançar o público em geral (técnicos, médicos, pacientes, etc) do setor de radiologia a fim de contribuir na formação de uma consciência crítica que resulte na construção de hábitos que deverão inibir a exposição desnecessária. O material traz esclarecimentos quanto aos procedimentos radiológicos de radioproteção durante o exame e visa apresentar visão geral da física que envolve a radiologia, explicando o que são os raios X, onde eles são utilizados, como são produzidos,

os cuidados que devem ser tomados, entre outros temas. Tal preocupação ocorre pelo fato de que, mesmo diante dos meios de proteção estabelecidos por órgãos nacionais e internacionais, para aqueles que trabalham com radiação e também para a população em geral, a exposição à radiação no radiodiagnóstico é a que mais contribui para a exposição do homem, cerca de 86%, de acordo com a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)^{8,9}. A Figura 5 mostra a cartilha a ser utilizada no setor de radiologia.

Quadrinho

A Figura 6 traz uma breve abordagem sobre a natureza ondulatória dos raios X, suas aplicações e blindagem. Nela, o Fóton-X é ora narrador, ora personagem. O texto é de fácil leitura e compreensão. Sendo assim, as tirinhas, o quadrinho e o folder visam proporcionar aos alunos elementos para a construção do conhecimento, de forma a provocar a consciência necessária para a compreensão dos conceitos de física radiológica e uma disciplina em radioproteção que resultará em atitudes concretas na transferência deste aprendizado para outras pessoas.

Apresentação dos formatos

A utilização dos quadrinhos, cartilhas ou tirinhas em sala de aula ou no setor de radiologia serve de auxílio na compreensão dos conceitos de física radiológica e de radioproteção aprendidos na teoria, uma vez que são de difícil visualização no cotidiano. Como estratégia de ensino-aprendizagem sugere-se que, após ter sido compreendido o conceito teórico, o quadrinho ou tirinha referente seja apresentado de modo a ajudar na visualização e memorização daquele conceito. Entretanto, se eles forem apresentados antes, servirão para despertar o interesse e curiosidade do leitor. Então, o professor pode iniciar o assunto mais aprofundado utilizando a motivação do leitor (ou aluno) tendo como único material didático o quadro-negro, no qual desenvolve a teoria e os quadrinhos ou tirinhas.



Figura 4. Tirinha alertando sobre o perigo do número excessivo de radiografias.

Gestantes podem fazer o exame?

A mulher quando grávida ou com suspeita de gravidez deve evitar a realização do exame de radiografia.



Se uma radiografia foi solicitada a uma mulher, ela tendo conhecimento de sua gravidez deve entrar em contato imediatamente com o médico. O exame só poderá ser realizado com autorização por escrito e assinada pelo médico. A **exposição** à radiação pode causar **danos sérios** ao feto e até mesmo um aborto espontâneo.

Pesquisas mostram que cerca de 86% da exposição à radiação no homem é causada pelas fontes de radiação utilizadas em Radiologia Diagnóstica (fonte: CNEN).

Artes e Textos:
Leandro da Conceição Luiz
Revisão:
Luis Fernando de Oliveira



Instituto de Física
Departamento de Física Aplicada e Termodinâmica



Departamento de Física
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

O que você sabe sobre



OS RAIOS X ?

As Aventuras de Filom - X © Leandro 2009

Atualmente, os raios X têm sido utilizados constantemente para visualização interna de amostras e do corpo humano.

Diversas partes do corpo podem ser visualizadas com a Radiografia, entretanto, alguns cuidados devem ser tomados durante o exame, pois os raios X podem ser perigosos se não forem utilizados de maneira controlada e por profissionais qualificados.

O que são os raios X?

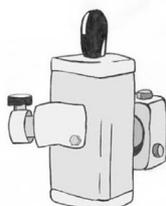
São ondas tais como, a luz visível, microondas, rádio, TV (ondas eletromagnéticas) que possuem altas energias. Eles não têm massa e nem carga e penetram de forma diferente em materiais de espessuras e densidades diferentes como ocorre no corpo humano.

Onde eles são utilizados?

Na medicina são utilizados na Radiologia Diagnóstica (nas radiografias convencionais, na mamografia e TC), para que o médico possa visualizar o interior do corpo humano e assim fazer o diagnóstico. Eles também auxiliam em diversas cirurgias e na Radioterapia. As aplicações dos raios X não se limitam apenas à medicina, eles também são utilizados nas indústrias e em pesquisas científicas.

Como eles são produzidos?

Os raios X são produzidos em fontes artificiais de radiação, chamadas: tubos de raios X. No interior destes, elétrons são produzidos e acelerados em direção a um alvo geralmente de tungstênio, ao colidir com este ocorre a produção de raios X.



Mas eu não os vejo e nem os sinto. Então, como a imagem é formada?

Os raios X são ondas eletromagnéticas como a luz, embora não os vejamos ou sintamos eles existem. Numa Radiografia Convencional, os feixes de raios X saem do tubo e incidem no paciente, ao atravessá-lo interagem com os diversos órgãos do corpo sendo mais ou menos absorvidos.

Em seguida, ele sensibiliza um filme (semelhante a um filme fotográfico) que registra as diferentes intensidades do feixe emergente. Por fim, o filme é submetido a um "banho químico" e a imagem é revelada.



CUIDADOS IMPORTANTES

Ainda que a maioria dos exames não cause nenhuma dor, somente um leve desconforto em algumas posições anatômicas ou então quando se administra agente de contraste (substância utilizada para realçar a imagem), alguns cuidados devem ser tomados.

Em que condições o exame deve ser feito?

Pelo fato do paciente estar exposto à radiação, o exame deve ser realizado em último caso, somente quando o diagnóstico não pode ser feito de forma clínica.

O exame pode ser realizado por qualquer um?

Não! A radiografia deve ser feita por um profissional da área, um médico radiologista, um técnico ou um técnico em radiologia. Eles devem orientar o paciente, posicioná-lo, "disparar" o feixe e com exceção do médico, nunca comentar sobre o diagnóstico do exame.

Como se proteger dos raios X?

Embora os raios X penetrem em muitos materiais eles podem ser **blindados** por chumbo. As salas de exames devem ser blindadas, de modo que a radiação não atinja o lado de fora. O técnico deve sempre utilizar equipamentos: de monitoramento (dosímetros) e de proteção (aventais, óculos, luvas, etc) e também disponibilizá-los para os pacientes e acompanhantes para serem colocados nas regiões que não forem radiografadas.



Figura 5. Cartilha.

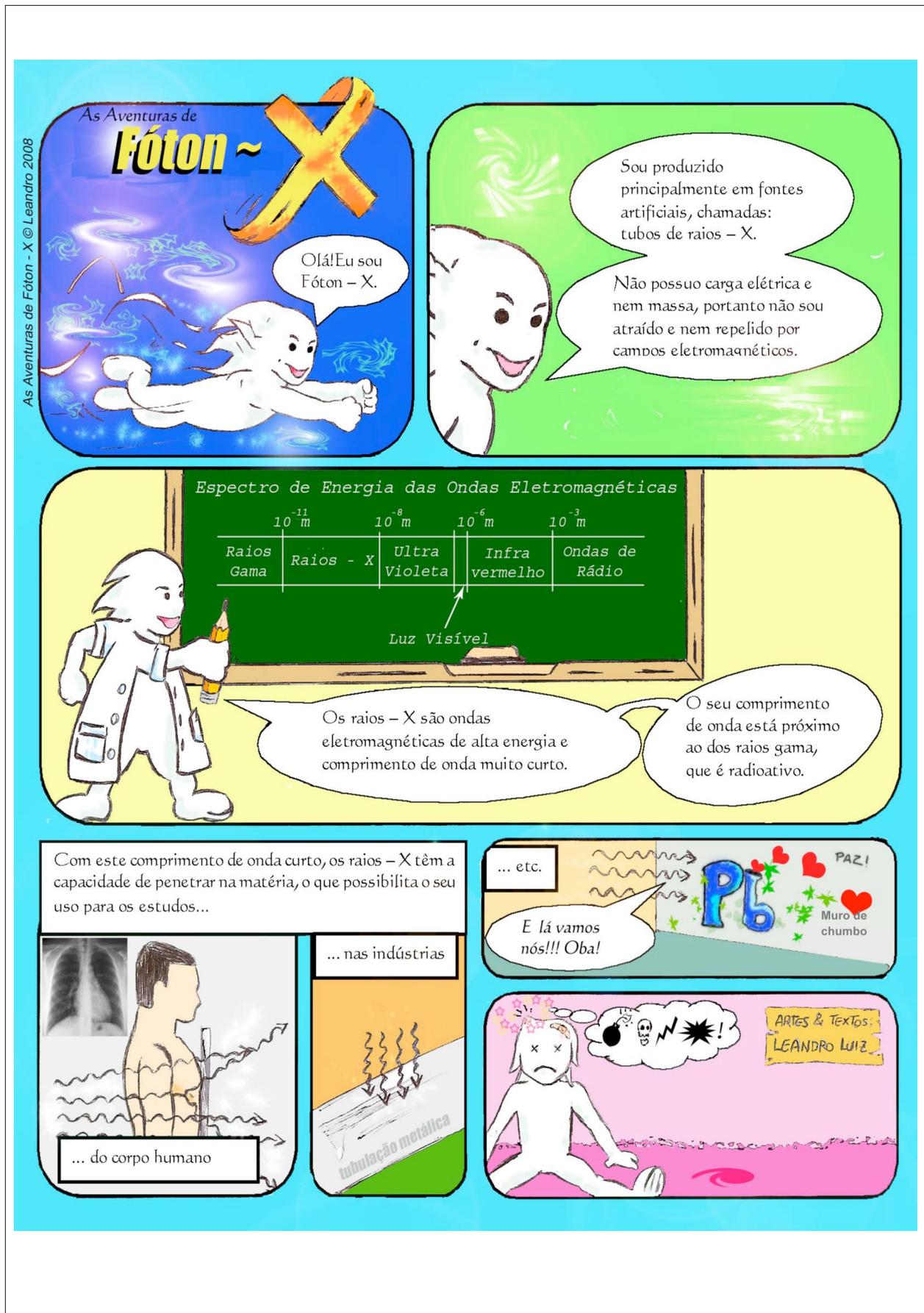


Figura 6. Quadrinho de física radiológica.

A fim de se ter uma noção de com tal conceito foi compreendido pelo aluno por meio do recurso lúdico, elaborou-se um questionário contendo dez perguntas objetivas de diversos assuntos referentes à física moderna e radioproteção abordados nos quadrinhos, cartilha e tirinhas, entre eles: proteção radiológica, natureza das ondas eletromagnéticas, física dos raios X, interação da radiação com a matéria e eletromagnetismo. As tirinhas, a cartilha e o quadrinho utilizados neste estudo correspondem às figuras apresentadas neste trabalho (Figuras 2 a 6).

A observação por meio do questionário foi realizada em três grupos com dez alunos cada, em vários níveis escolares de formação: ensino superior da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (alunos dos cursos de Matemática, Química, Física e Engenharia), curso técnico em radiologia médica e Ensino Médio de diversas escolas estaduais do Rio de Janeiro. Cada grupo foi dividido em duas partes: formandos e iniciantes. Fora deste conjunto inicial de estudo, técnicos e funcionários de um centro médico municipal do Rio de Janeiro também responderam ao questionário, porém sem a divisão em grupos de iniciantes e formandos. Anterior à entrega do questionário foi perguntado a cada indivíduo de cada grupo se este tinha noção dos tópicos que seriam trabalhados nas perguntas. Todos os alunos formandos da graduação e do curso técnico declararam já ter tido aulas ou ouvido falar sobre o tema física moderna e radioproteção. Os demais nunca tiveram aula sobre o assunto, com exceção de poucos. Os formandos responderam as perguntas sem conhecimento do método de aprendizagem aqui sugerido, enquanto os iniciantes tiveram o acesso antes de realizarem o exame.

No centro médico foi apresentada somente a cartilha. Os técnicos responderam todas as questões, enquanto os funcionários e pacientes responderam somente as referentes à radioproteção. Também foi observado se a instalação radiológica era provida de blindagens e equipamentos de proteção radiológica individual tanto para o técnico quanto para o paciente e acompanhante.

A observação feita pelo questionário mostrou resultados distintos nos diferentes níveis de formação: os alunos do curso técnico em radiologia obtiveram o maior número de acertos, enquanto o menor deu-se aos alunos do Ensino Médio. No nível superior, o rendimento foi bem menor quando comparado ao dos alunos do técnico. Ao avaliar cada grupo, observou-se que os alunos iniciantes obtiveram melhores resultados em relação aos formandos.

A intenção do questionário foi observar como os conceitos de física moderna são compreendidos pelos alunos, assim como verificar se eles teriam noção de como se proteger da radiação.

Conclusões

Embora o presente trabalho tenha utilizado um número pequeno de dados, estes apontam que o maior número de acertos obtidos no questionário foi dos alunos da

radiologia, o que era previsto pelo fato dos mesmos terem contato constante com os conceitos de física radiológica e radioproteção. Na avaliação por grupo, os alunos iniciantes (aqueles que verificaram as tirinhas e cartilha) apresentaram melhor desempenho quando comparados com os formandos do mesmo curso. Isto se deve ao fato deles terem contato recente com o método de aprendizado aqui apresentado. Para um acompanhamento efetivo, seria de grande efeito realizar uma avaliação semelhante ao Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE) no início e no final do curso.

A questão que revelou total aproveitamento para todos os cursos foi sobre a proteção radiológica. Ela abordava o material mais utilizado como blindagem para raios X, por exemplo, o chumbo. Isto sugere que a população como um todo tem o conhecimento deste material de blindagem. Entretanto, talvez a falta de informação sobre os riscos que a interação da radiação com o tecido biológico pode causar faz com que os mesmos não utilizem ou não solicitem equipamentos de proteção individual (EPI), como avental plumbífero, protetor de tireóide e protetor de órgãos genitais, disponíveis nas unidades que utilizam os raios X como fonte e são sugeridos pela Portaria/MS/SVS nº 453 da ANVISA¹⁰.

Ao aplicar a avaliação no centro médico, viu-se a necessidade de se informar de maneira lúdica os riscos citados acima. A unidade apresentava apenas o símbolo internacional de radiação com a seguinte inscrição: “raios X, entrada restrita”, não havendo a informação estabelecida pela Portaria/MS/SVS nº 453 da ANVISA, que diz: “Mulheres grávidas ou com suspeita de gravidez: favor informar ao médico ou ao técnico antes do exame”. Seria de bom senso se os técnicos e estagiários perguntassem a respeito da suspeita de gravidez ou se a paciente é gestante, no entanto não se foi perguntado. Mesmo se a informação estivesse às vistas dos pacientes, seria por escrito, de acordo com a Portaria já citada. Visto que a população da região na qual a unidade se encontra ainda conta com um número elevado de analfabetos, poderia ser colocada na porta da sala de exames a figura da gestante que se encontra na contra capa da cartilha, pois por meio dela um analfabeto saberia, ou pelo menos perceberia, que há restrições para a realização deste exame em gestantes.

Ainda no centro médico, observando os dosímetros apresentados no quadro, percebeu-se que nenhum profissional o estava utilizando no período em que foi realizado este trabalho. Isto mostra a falta de conhecimento em respeito à radioproteção e suas normas. Nenhum paciente entrevistado tinha conhecimento que as regiões do corpo fora do campo de radiação deveriam ser blindadas com os EPI que lá se encontravam, porém, os técnicos, além de não utilizarem, não passavam esta informação ao paciente, ignorando a exposição da radiação secundária que sofriam.

Na parte interna da cartilha sugerida por este trabalho há um item mostrando e alertando, em uma figura, que o técnico, além de utilizar os EPI, deve disponibilizar aos

pacientes. Esta estratégia de ensino aprendizagem, que pode ser considerada como um projeto piloto, apresentou bons resultados, pois o quadrinho e as tirinhas geraram motivação para o início da aula. Assim, o trabalho pode ser usado por professores, educadores e responsáveis por setores (tais como o de radiologia) como instrumento didático em tema transversal, complementando a ação de áreas governamentais que visam à melhoria da qualidade de vida.

Referências

1. Moran JM. Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias audiovisuais e telemáticas. In: Moran JM, Masetto M, Behrens M. Novas tecnologias e mediação pedagógica. Campinas: Papirus; 2002.
2. Alves JP. Regras da transposição didática aplicada ao laboratório didático. Caderno Catarinense de Ensino de Física. 2000;17(2): 174-88.
3. Chevallard Y. La transposición didáctica. Buenos Aires: Aique; 1998.
4. Valigura EN, Giordani EM. Aprendizagem de conteúdos por meio da transposição didática. Santa Maria: UFSM.
5. Ministério da Educação do Brasil (MEC). Parâmetros curriculares nacionais para o Ensino Médio (PCNEM/PCN+). Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais - Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília; 2010.
6. Ianni O. Enigmas da modernidade-mundo. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira; 2000.
7. Luiz LC. Métodos alternativos de transmissão e divulgação de conceitos de física das radiações ionizantes. [Monografia de Mestrado]. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2009.
8. Mota HC. Curso básico de proteção radiológica em radiodiagnóstico, IRD, CNEN. Rio de Janeiro; 2000.
9. Tauhata L, Salati IPA, Prinzi RD, Prinzi ARD. Radioproteção e dosimetria: fundamentos. Rio de Janeiro: IRD/CNEN; 2001.
10. Agência Nacional de Vigilância Sanitária [homepage on the Internet]. Brasil: Portaria/MS/SVS nº 453, de 01 de junho de 1998 D.O.U. 02/06/98 [cited 2011 Jun 9]. Available from: http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/453_98.htm