

Aplicações Industriais da Física das Radiações: um enfoque CTS



Suelen Pestana Cardoso^{1,2}, Deise Miranda Vianna², Simone Coutinho Cardoso²

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rodovia Mario Covas, lote J2, Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil.

²Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Avenida Athos da Silveira Ramos -149, Rio de Janeiro, Brasil.

E-mail: suelenpestana@yahoo.com.br

(Received 28 May 2016, accepted 2 October 2016)

Resumen

En este trabajo se presenta una propuesta para la inclusión de la Física de la Radiaciones, sobre la base de las Directrices Curriculares Nacionales para la Educación Secundaria, se centró en el curso técnico en Mecánica Industrial de una institución federal ubicada en la Baixada Fluminense (RJ). En la región cerca de la escuela, radiación es utilizada en los procesos de producción de las industrias ubicadas allí. Es común entre diferentes tipos de radiación, el uso de radiación gamma por gammagrafía, un tipo de ensayo no destructivo que consiste de rayos X para la inspección de piezas de su integridad estructural, especialmente para fines de control de calidad. Para la propuesta educativa, destacamos el uso de lo enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) y las actividades de investigación para la enseñanza de conceptos relacionados con la radiactividad y su aplicación industrial se justifica por su uso en situaciones reales, donde se discuten los impactos del desarrollo la ciencia y la tecnología en la sociedad. Aunque tiene diferentes aplicabilidades en el mercado de trabajo en el que se introduce al alumno, es tema poco explorado. Se espera que esta iniciativa puede contribuir no sólo a una mejor práctica profesional, sino también a la formación de ciudadanos más críticos en el uso de la tecnología nuclear.

Palabras clave: Enseñanza de la Física, Radioactividad, Gammagrafía.

Abstract

This paper presents a proposal for the inclusion of the Physics of Radiation, based on the National Curriculum Guidelines for Secondary Education is presented, focused on the technical course in Industrial Mechanics of a federal institution located in Baixada Fluminense (RJ). In the region near the school, radiation is used in the production processes of the industries located there. It is common among different types of radiation, the use of gamma gammagraphy; a type of non-destructive test is X-ray inspection of parts of its structural integrity, especially for quality control purposes. For the educational proposal, we highlight the use of STS (Science, Technology and Society) focus and research activities for teaching concepts related to radioactivity and its industrial application is justified by its use in real situations, where they discussed the development impacts of science and technology in society. Although it has different applicabilities in the labor market in which the student is inserted, it is a subject little explored. It is expected that this initiative can contribute not only to better professional practice, but also to the formation of critical citizens in the use of nuclear technology.

Keywords: Physics Education, Radioactivity, Gammagraphy.

PACS: 01.40.-d, 07.85.-M, 81.40.-Wx

ISSN 1870-9095

I. INTRODUÇÃO

O mundo microscópico exerce uma fascinação ímpar sobre aqueles que procuram compreender o seu funcionamento de tamanha complexidade. Os mistérios e questionamentos associados, por exemplo, ao núcleo atômico permeiam a Ciência há muitos séculos e já serviram também de inspiração para filósofos e poetas que se dedicaram a versar sobre os segredos de um universo tão pequeno e tão potente. É instigante pensar como é possível a partir de uma estrutura tão minúscula se obter quantidades gigantescas de

energia como as envolvidas nos processos de fissão e fusão nucleares. As transformações trazidas pelas descobertas de Roentgen e do casal Curie mudaram o curso da evolução humana com as suas aplicações quase imediatas e que não ficaram restritas ao cenário europeu. A relação entre a sociedade e a Física das Radiações passou do amor ao ódio após o lançamento das bombas atômicas sobre o território japonês ao final da II Guerra Mundial (1939-1945), sob o comando dos norte-americanos. A partir deste momento, o mundo conheceu a face maligna da tecnologia nuclear.

Suelen Pestana

É nesta alternância de papéis, entre heroína e vilã, que a Radioatividade é vista pela sociedade, chegando a provocar sentimentos de diferentes naturezas. O medo e o temor demonstrado diante do símbolo radioativo por alguém que desconhece os fenômenos que envolvem radiação se mostra tão evidente quanto a gratidão de alguém que fora salvo pela radioterapia.

Este trabalho apresenta uma proposta de inserção da Física das Radiações, com base na proposta curricular inserida nos Parâmetros Curriculares Nacionais [1] e Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais [2] para a disciplina de Física, para alunos do curso técnico integrado em Mecânica Industrial de uma escola técnica federal localizada em um município da Baixada Fluminense. Sua justificativa está pautada no fato de que os alunos egressos deste curso irão atuar em indústrias que utilizam radiação em seus processos produtivos. Outro ponto de destaque do tema escolhido é a integração de conhecimentos da formação profissional (Mecânica Industrial) e da formação geral (Física) do currículo do Ensino Técnico Integrado ao Ensino Médio, o que de acordo com [3] se enquadraria na segunda modalidade de integração do currículo que promove a integração de conceitos das disciplinas, mantendo a lógica dos saberes disciplinares de referências.

II. PROPOSTA METODOLÓGICA

A proposta metodológica a ser utilizada está associada ao enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), onde se discute os impactos do desenvolvimento da ciência e da tecnologia na sociedade. Embora existam várias aplicações no mercado de trabalho no qual este aluno será inserido, trata-se de tema pouco explorado pelos professores em suas aulas e abordado de forma superficial na maioria dos livros didáticos mais utilizados. A proposta será apresentar uma metodologia para desenvolvimento de uma sequência de atividades investigativas.

No contexto de um professor comprometido com a construção da cidadania e com o preparo para a atuação consciente do cidadão frente aos novos problemas, o ensino de Ciências não deve se restringir à transmissão de conhecimentos, mas deve mostrar aos alunos a natureza da ciência e a prática científica. [4]

A alfabetização científica é apontada por [5] como um elemento que deve desenvolver no aluno a capacidade de organizar os pensamentos de maneira lógica e auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que o cerca.

Para que os alunos sejam alfabetizados cientificamente, uma opção é a incorporação de atividades investigativas ao ensino de Ciências. Assim, os alunos por meio da observação e da ação, poderão perceber que o conhecimento científico se dá por meio de uma construção. Para que esta percepção ocorra, é preciso que o aluno saia de sua postura passiva tradicional.

As sequências de ensino investigativa (SEIs) são descritas por [6] como sequências de atividades abrangendo um tópico do programa escolar que, na maioria das vezes, são iniciadas por um *problema* contextualizado que introduz os alunos no tópico desejado. Por promover a contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos, permite que eles possam sentir a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social.

O ensino por investigação, conforme destaca [7] passou por modificações em função das mudanças e necessidades da sociedade. Atualmente, a ideia não mais é formar cientistas, e sim, promover o desenvolvimento de habilidades cognitivas e da capacidade de argumentação do aluno. Há maneiras distintas de se desenvolverem as atividades investigativas, porém em todos os casos concorda-se que são baseadas em problemas que os alunos devem resolver.

A escolha por quais atividades utilizar em sala deve ser feita pelo professor, tendo em vista o tema a ser abordado e o público discente envolvido, sempre visando dar oportunidade aos alunos de levantarem e testarem suas hipóteses, passarem da ação manipulativa à intelectual estruturando seu pensamento e apresentando as argumentações discutidas em sala de aula. O importante é que estas atividades sejam aplicações interessantes do conteúdo que está sendo desenvolvido [8].

Numa atividade de investigação realizada em uma sala de aula, o estudante deve ser inserido numa situação na qual ele tenha que ir além de lembrar fórmulas ou soluções utilizadas em situações parecidas [9].

O uso do referencial CTS e das atividades investigativas para o ensino dos conceitos fundamentais associados à radioatividade e suas aplicações industriais se justifica pela aplicação de situações reais que tornam a Física e a realidade do aluno mais próximas. Permitindo ao estudante, uma aprendizagem mais efetiva por conseguir dar um sentido maior ao que está sendo estudado.

III. A FÍSICA DAS RADIAÇÕES NA INDÚSTRIA

Entre os diferentes tipos de radiação, a radiação gama se destaca com a gamagrafia como um dos ensaios não destrutivos mais utilizados pelas indústrias brasileiras. Consiste em radiografar peças usando fontes radioativas com o objetivo de inspecionar a sua integridade estrutural. O radionuclídeo mais utilizado é o Iridio-192, mas também existem outras fontes como o Selênio-75 e Cobalto-60. Trata-se de uma técnica muito empregada para controle de qualidade de materiais e componentes. Usa-se também a gamagrafia para inspecionar a qualidade das soldas, partes de navios e componentes de aviões. As empresas de aviação fazem inspeções frequentes nos aviões, para verificar se há fadiga nas partes metálicas e soldas essenciais sujeitas a maior esforço usando esta técnica. Num processo de inspeção radiográfica utilizando a gamagrafia, raios-gama atravessam a peça. Uma parte da radiação é absorvida, e a restante vai impressionar um filme fotográfico, onde se

pode visualizar a estrutura interna da peça [10]. Outra aplicação industrial destas fontes radioativas está associada ao seu uso como medidores nucleares que permitem às indústrias o alcance dos rígidos parâmetros de qualidade exigidos pelo mercado mundial globalizado, atendendo aos padrões da ISO 9001[11], norma internacional relacionada à Gestão da Qualidade. Medidas de nível, densidade, umidade, peso, espessura e gramatura são amplamente realizadas utilizando fontes radioativas.

O uso de radiação nos processos industriais tornou-se algo concreto e cotidiano na indústria brasileira nos seus mais diferentes ramos. Segundo dados da CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), obtidos pela autora em entrevistas a servidores da referida instituição, já no ano de 2015, o estado do Rio de Janeiro, contava com 98 organizações industriais que utilizam radiação em seus processos produtivos com diferentes especialidades com destaque especial para radiografia industrial e medidores nucleares fixos. O uso de material radioativo não se restringe ao campo industrial, alcançando também o setor terciário da economia, com o aumento da oferta de serviços que se propõem, por exemplo, a inspecionar bagagens e contêineres em portos e aeroportos. Aplicações desta natureza estão sendo cada vez mais utilizadas para o controle da entrada e saída de armas e drogas no país, passando assumir um papel fundamental em questões relacionadas a atuação do Brasil no contexto de combate ao narcotráfico internacional.

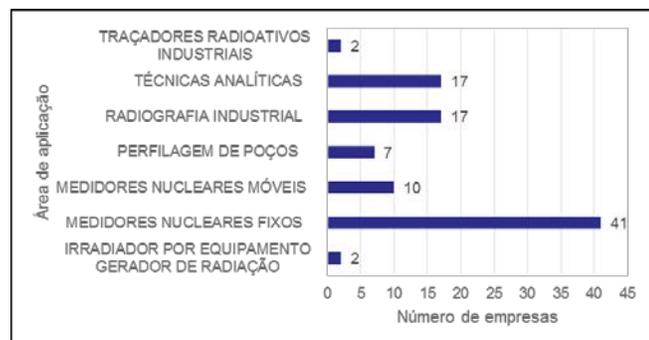


FIGURA 1. Distribuição, por área de aplicação, das empresas do estado do Rio de Janeiro que utilizam radiação. (Dados de 2015 fornecidos pela CNEN em entrevista e congregados pela autora).

Diante do atual panorama brasileiro de utilização de radiação, observa-se que a fronteira das aplicações medicinais já fora superada e que é preciso que a sociedade compreenda os efeitos da radioatividade sobre o organismo humano. A grande questão é como este tipo de informação deverá ser levado até aos cidadãos, principalmente, aqueles que não possuem formação científica, mas que por questões trabalhistas irão ter contato com algum tipo de fenômeno radioativo. Uma possível saída para a problemática

Aplicações Industriais da Física das Radiações: um enfoque CTS apresentada está no ensino de elementos básicos associados à radioproteção aos alunos de cursos técnicos da área industrial. A ideia é que este futuro técnico aprenda sobre os efeitos das radiações ionizantes e que posteriormente possa transmitir estes conceitos para os trabalhadores operacionais que atuam no chamado chão de fábrica. Trata-se de uma medida importante, pois irá auxiliar o técnico de segurança do trabalho que, apesar da legislação específica, atuam em baixo número em muitas indústrias. Para evitar acidentes radiológicos, é fundamental que este aluno tenha noção dos riscos envolvidos nas atividades que utilizam radiação e das principais normas da CNEN aplicáveis à Radiologia Industrial (NN -3.01 e NN- 6.04) [12,13,14]. Dentro deste contexto, o ensino de Física possibilitará um engajamento reflexivo dos alunos acerca de proteção radiológica, um assunto de seu interesse e preocupação.

IV. A ATIVIDADE DESENVOLVIDA

Buscando compreender a conexão que o aluno estabelece entre um assunto abordado nas aulas de Física e o conhecimento já adquirido por ele em suas experiências de vida e escolar, foi elaborado um projeto de extensão voltado para alunos do 2º ano do Curso Técnico de Mecânica Industrial Integrado ao Ensino Médio. O objetivo principal do projeto é compreender como este aluno relaciona os conceitos associados à radioatividade com o seu cotidiano.

O projeto foi desenvolvido em dois blocos, sendo que o primeiro contemplou a análise de aspectos da radioatividade relacionados às disciplinas do núcleo comum do Ensino Médio, já o outro envolveu elementos deste tema relacionados às disciplinas técnicas do curso de técnico de Mecânica Industrial.

Na primeira parte do projeto, a contextualização social do conhecimento foi organizada a partir do documentário “O pesadelo é azul”, um curta-metragem de 2008, dirigido por Ângelo Lima, que retrata o acidente de radiológico ocorrido em Goiânia (GO) em 1987. Após a exibição do documentário, foi organizada uma mesa redonda, com a participação de professores de outras disciplinas, na qual foram discutidos os aspectos sociais, ambientais, políticos e econômicos relativos ao acidente. Ao fim desta atividade, os alunos, divididos em grupos, tiveram a oportunidade de expor e discutir suas ideias com os seus colegas e com o seu professor e cada grupo elaborou uma pergunta sobre o acidente de Goiânia que foi encaminhada a um profissional da área de Física que visitou a região na época do acidente. Ao final do projeto, os alunos terão acesso às respostas aos seus questionamentos.

Ainda nesta parte inicial do projeto, foram desenvolvidas diferentes atividades com o objetivo de trabalhar conceitos relacionados à Radioatividade, como decaimento, meia-vida, vida útil e atividade de uma amostra radioativa, entre outros.



FIGURA 2. Alunas participando de uma atividade investigativa com uso de um medidor de radiação. (Fonte: Arquivo pessoal).

Na segunda parte do projeto, os alunos participaram de atividades que buscavam esclarecer o conceito de qualidade como algo associado à conformidade, cujo papel é fundamental para a indústria que, inserida em seu cenário de competitividade, busca assegurar e conquistar novos mercados. Também foi exibido um vídeo sobre o uso da técnica denominada gamagrafia para controle de qualidade em processos industriais. Os alunos tiveram a oportunidade de manusear peças e observar seu material radiográfico, obtido por meio de um ensaio não-destrutivo por gamagrafia. Esta atividade destacou a importância de ter acesso a uma visão microscópica da estrutura de peças utilizadas no campo industrial.

Por fim, puderam conhecer melhor sobre o uso desta técnica por meio de uma visita à NUCLEP (Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A), empresa brasileira de economia mista localizada próxima a região da escola, que utiliza a gamagrafia em seus processos produtivos para fins de controle de qualidade. A atividade de visita técnica proporciona aos alunos uma formação mais ampla, permitindo observar o ambiente real de uma empresa em pleno funcionamento, além de ser possível verificar sua dinâmica, organização e todos os fatores teóricos implícitos nela, como por exemplo, elementos relacionados à proteção e segurança dos trabalhadores.



FIGURA 3. Prédio da NUCLEP (Fonte: Divulgação institucional).



FIGURA 4. Bunker para realização de radiografias com sinalização de uso de radiação ionizante (Fonte: Arquivo pessoal).

Foram realizadas duas atividades avaliativas: a primeira na qual os alunos tiveram que responder questões sobre o tema radioatividade, retiradas de provas de acesso (vestibular) às diferentes universidades brasileiras e do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). O que apontou que, apesar do ensino diferenciado, os alunos foram capazes de responder a uma prova tradicional. A outra avaliação foi feita por meio da apresentação pelos alunos, de seminários, cujos temas estavam relacionados a Física das Radiações. Ao final das apresentações, os alunos relataram que as discussões e análises promovidas permitiram um maior engajamento e participação da turma durante a aula, despertando claramente o interesse do grupo pelo tema abordado.

QUESTÃO 84

A falta de conhecimento em relação ao que vem a ser um material radioativo e quais os efeitos, consequências e usos da irradiação pode gerar o medo e a tomada de decisões equivocadas, como a apresentada no exemplo a seguir.

“Uma companhia aérea negou-se a transportar material médico por este portar um certificado de esterilização por irradiação.”

Fisica na Escola, v. 8, n. 2, 2007 (adaptado).

A decisão tomada pela companhia é equivocada, pois

- A o material é incapaz de acumular radiação, não se tornando radioativo por ter sido irradiado.
- B a utilização de uma embalagem é suficiente para bloquear a radiação emitida pelo material.
- C a contaminação radioativa do material não se prolifera da mesma forma que as infecções por microrganismos.
- D o material irradiado emite radiação de intensidade abaixo daquela que ofereceria risco à saúde.
- E o intervalo de tempo após a esterilização é suficiente para que o material não emita mais radiação.

FIGURA 5. Questão da prova do Enem 2012 envolvendo conceitos de Física das Radiações (Fonte: INEP).

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de ensino tradicional, com a sua centralização no professor e transmissão de conhecimentos já finalizados, mostra-se ineficiente quanto à formação de um aluno ativo e produtivo no processo de ensino-aprendizagem.

O ensino por investigação se propõe a promover uma alfabetização científica dos alunos, buscando permitir a formação de cidadãos que tenham uma participação ativa na sociedade e que sejam capazes de fazer escolhas construídas a partir dos conteúdos e atividades trabalhados nas aulas de Ciências.

Melhorias na qualidade do ensino de Física estão diretamente associadas à formação de alunos que sejam capazes de ir além da resolução dos tradicionais problemas de Física apresentados na sala de aula.

O crescente uso da radiação em processos industriais em conjunto com o baixo nível de conhecimento dos alunos acerca desta temática aponta para a necessidade de uma abordagem diferenciada nas aulas de Física de temas que envolvem a radioatividade, objetivando auxiliar na formação de cidadãos mais críticos e informados. Seguindo os ensinamentos de Marie Curie (1867-1934), também se acredita que é preciso conhecer sobre a radiação para não mais temê-la.

Espera-se que ao final deste projeto, os alunos possam ter adquirido conhecimentos que sejam úteis não apenas para sua futura prática profissional, mas que também sejam capazes de utilizá-los como argumento para se posicionar criticamente sobre o uso da tecnologia nuclear.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CEFET/RJ e a NUCLEP pela oportunidade de desenvolvimento deste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Brasil. Secretaria de Educação Fundamental, *Parâmetros curriculares nacionais: Ciências naturais*, (MEC/SEF, Brasília, 1997).
- [2] Brasil, Secretária de Educação Média e Tecnológica, *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais*

Aplicações Industriais da Física das Radiações: um enfoque CTS complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias, (Mec, Semetec, Brasília, 2002).

[3] Lopes, A. C., *Possibilidades de Currículo integrado*, <http://www.curriculo-uerj.pro.br/imagens/artigos/Texto_dida_3.pdf>, acesso 10 março, 2016.

[4] Santos, W. L. P. dos, *Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças*. Amazônia: *Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 9, p. 49-62, 2012

[5] Sasseron, L. H.; Carvalho, A. M. P., *Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. Investigações em Ensino de Ciências* (2011), <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID254/v16_n1_a2011.pdf>, acesso em 6 abril de 2016.

[6] Carvalho, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*, (Cengage Learning, São Paulo, 2013).

[7] Zômpero, A. F.; Laburú, C. E., *Atividades investigativas no ensino de ciências: Aspectos históricos e diferentes abordagen.*, *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, 67-80 (2011).

[8] Carvalho, A. M. P. (Org). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*, (Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2004).

[9] Borges, A. T. *Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **19**, 291-313 (2002).

[10] Andreucci, Ricardo. *Radiologia Industrial*. São Paulo: Abendi, (2014), <<http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/Radiologia-Jul-2014.pdf>>, acesso em 13 abril. 2016.

[11] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR ISO 9000:2005: Sistema de Gestão da Qualidade: fundamentos e vocabulário*, (Rio de Janeiro, 2005).

[12] Xavier, A. M., Moro, J. P., Heibron, P.F., *Princípios Básicos de Segurança e Proteção Radiológica.*, Edição 2006. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, <<http://www.ufrgs.br/spr-cadastro/SegurancaProtRad.pdf>>, acesso em 05 de maio de 2016.

[13] Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN, *Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica*, (CNEN-NN-3.01, Rio de Janeiro, Brasil, 2013).

[14] Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN, *Funcionamento dos Serviços de Radiografia Industrial*, (CNEN-NN-6.04, Rio de Janeiro, Brasil, 2013).