



O ensino de conceitos de eletromagnetismo, óptica, ondas e física moderna e contemporânea através de situações que envolvem equipamentos tecnológicos de medicina

.....

Mara Fernanda Parisoto

Universidade Federal do Paraná,
Departamento de Engenharias e
Exatas, Palotina, PR, Brasil
E-mail: marafisica@hotmail.com

Marco Antonio Moreira

Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, Departamento de Física, Porto
Alegre, RS, Brasil
E-mail: moreira@if.ufrgs.br

Wesley Dias de Almeida

Universidade Federal do Paraná,
Departamento de Engenharias e
Exatas, Palotina, PR, Brasil
E-mail: wesleydias@ufpr.br

.....

Para que os alunos aprendam com significado há a necessidade de os professores ensinarem através de situações que forneçam sentido aos conceitos. Para tanto, a presente proposta utiliza situações de física que envolvem equipamentos tecnológicos da medicina, visando fornecer sentido aos conceitos, partindo sempre dos conhecimentos prévios dos alunos e dos encontrados na literatura. Para isso, elaboramos uma proposta, dividida em cinco encontros, nos quais usamos como estratégias de ensino, dentre outras, organizadores prévios, situações-problema, modelagem computacional, filmes, simulações computacionais, confecção de mapas conceituais e de painéis. Este artigo não está focado na implantação e na avaliação da proposta, mas na divulgação das atividades desenvolvidas.

Introdução

Em uma revisão da literatura desenvolvida em uma pesquisa de Mestrado em Ensino de Física em 40 periódicos nacionais e internacionais na área de Ensino de Ciências, Qualis/CAPES A1, A2 e B1, no período de 2000 a 2009 [1], foi identificado, de modo geral, que pesquisas sobre conhecimentos prévios dos estudantes, embora muito desenvolvidas em áreas como mecânica, termodinâmica, óptica e eletromagnetismo, são escassas em relação a sua utilização na física aplicada à medicina. Para balancear essa situação foram desenvolvidos cinco encontros, para auxiliar os professores de física no trabalhar desse tema.

Uma proposta para ensinar física a partir de situações na medicina

Fazem parte da proposta os seguintes conteúdos: tipos de ondas, estrutura atômica, radiação, espectro eletromagnético, radiação ionizante e não ionizante, produção de raios X (característico e Bremsstrahlung), radioatividade, três tipos principais de radiação ionizante de origem nuclear (alfa, beta e gama), interação da radiação com a matéria, efeito Compton, efeito fotoelétrico, aniquilação e produção de pares, relação entre matéria e energia, características das ondas, cristais piezoelétricos, efeito Doppler, isótopos e radioisótopos, unidades de medida das radiações, meia vida, corrente elétrica, resistência elétrica, carga elétrica, voltagem, potência elétrica, gerador, retificador, meios de contraste, sinal analógico e digital, transformador, ânodo, cátodo, filtro, blindagem, campo magnético, meia vida e radioatividade.

As seguintes aplicações integram a

proposta: ultrassonografia, exposição natural, acidentes nucleares, funcionamento do olho humano e alguns defeitos da visão (astigmatismo, miopia e hipermetropia), funcionamento da radiografia convencional e da mamografia, fluoroscopia, fluoroscopia digital, imagem radiográfica, teleterapia, braquiterapia, Tomografia Computadorizada (TC), Tomografia Computadorizada Helicoidal (TCH),

Ressonância Magnética Nuclear, detectores de radiação, Medicina Nuclear, Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET), Tomografia por Emissão de Fóton Único (SPECT).

Na sequência, detalhamos cada um dos cinco encontros constituintes da proposta. Cada um deles teve duração de 10 horas/aula.

Primeiro encontro

Assunto: tipos de ondas, estrutura atômica, radiação e espectro eletromagnético, radiação ionizante e não ionizante, radioatividade, três tipos principais de radiação ionizante, interação da radiação com a matéria, relação entre matéria e energia, características das ondas, cristais piezoelétricos, efeito Doppler, produção de raios X, isótopos e radioisótopos.

Aplicação: ultrassonografia (Fig. 1).

Conhecimentos prévios: segundo [3] as pessoas:

- não discriminam adequadamente onda sonora de percepção acústica;
- confundem o som com onda ou fenômeno físico e o som com audição;
- confundem onda e vibração e ruído e som;
- relacionam de forma equivocada a intensidade e a dor e a intensidade e a frequência para o ouvido humano.

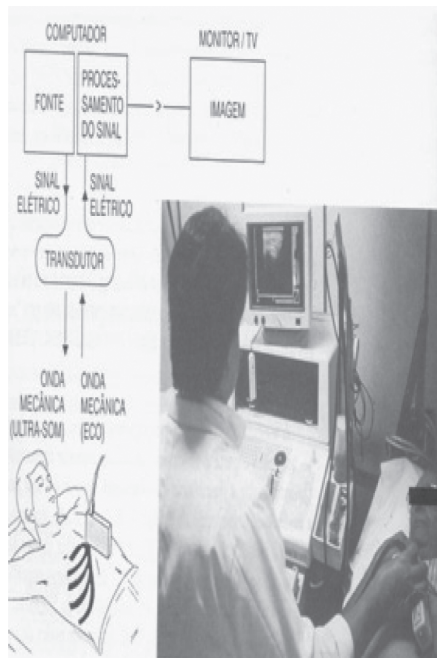


Figura 1: Esquema do equipamento de ultrassonografia [2].

Objetivos específicos: auxiliar os alunos a compreenderem significativamente a produção de raios X (característico e Bremsstrahlung), a ultrassonografia, o olho humano e alguns defeitos na visão (astigmatismo, miopia e hipermetropia) a partir dos assuntos propostos para a aula, através de materiais alternativos.

Estratégias de ensino: aula expositiva-dialogada, atividades experimentais, colagem de painel sobre radiação eletromagnética e aplicações, simulações computacionais, coleta de dados e exercícios.

Registros usados para buscar indícios de aprendizagem significativa: gravações em áudio da situação-problema no início e ao final da aula.

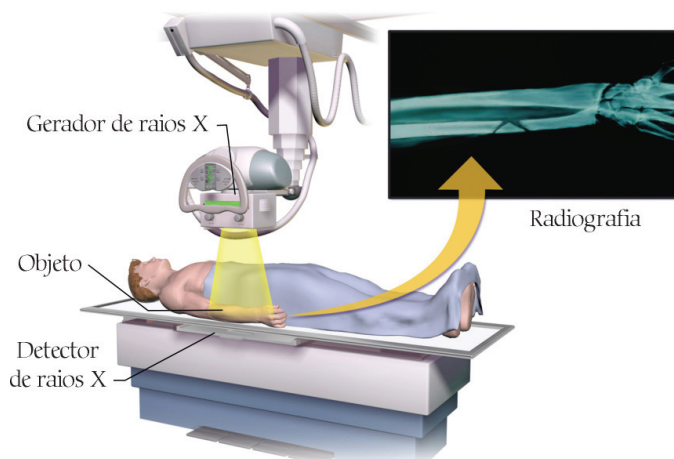


Figura 2: Modelo do funcionamento do aparelho de raios X Fonte: Ref. [5].

Organizador prévio: pegamos um pacote de pipoca, colocamos dentro de um micro-ondas e o ligamos em conjunto com os alunos. Depois tentamos fazer o mesmo colocando vários celulares ao redor das pipocas e, ligando simultaneamente para eles, mostramos aos alunos que não é possível eclodir as pipocas dessa forma. Os alunos, nessa interação, foram induzidos a perceber a relação entre a energia fornecida pelo microondas e a energia fornecida pela radiação do celular à pipoca, buscando perceber as diferenças e semelhanças entre as radiações. Foi discutido quando as radiações fazem bem ou mal à nossa saúde e quais fatores influenciam para isso. Foram discutidos também os diferentes tipos de radiações, o que as caracteriza e como são produzidas, e os alunos debateram brevemente sobre o tema.

Situação-problema: se você fosse técnico em radiologia e soubesse que:

- o chumbo possui um número atômico $Z = 82$;
- a absorção da radiação é proporcional a Z^3 .

Explique para um paciente, com base nas afirmações acima, por que se usa placa de chumbo para se proteger dos raios X.

Segundo encontro

Assunto: interação da radiação com a matéria, unidades de medida das radiações, meia-vida, exposição natural e acidentes nucleares.

Aplicação: funcionamento do equipamento de raios X convencional (Fig. 2) e da mamografia (Fig. 3).

Conhecimentos prévios: segundo Watts (apud Ref. [4]), para muitos alunos a energia é vista como combustível e associada a aplicações tecnológicas que visam proporcionar conforto ao homem.

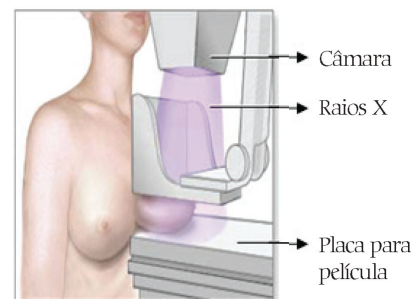


Figura 3: Mamógrafo e principais componentes de funcionamento. Fonte: Ref. [6].

A energia é compreendida também como algo que não está armazenado em um sistema, sendo que aparece na interação com ele. Alguns objetos possuem energia e são recarregáveis, enquanto outros gastam a que têm. A energia é entendida por muitos como um fluido que se transfere de um sistema a outro.

Objetivos específicos: auxiliar os alunos a aprenderem significativamente o funcionamento do aparelho de raios X convencional e da mamografia, e a interação da radiação com a matéria, a partir dos assuntos propostos para a aula, através de materiais alternativos.

Estratégias de ensino: aula expositiva-dialogada, estudo em grupo, resolução de problemas, situação-problema, apresentações, confecção de painel e debate.

Situação-problema: suponha que vocês precisam destruir células cancerígenas de um paciente e estão em um hospital equipado para tanto. a) Qual tipo de radiação se deve utilizar? Por quê? Justificar através de explicações físicas. b) Quais os procedimentos de segurança que deveriam ser adotados?

Organizador prévio: foi utilizado um filme de apenas um minuto, que traz imagens de um homem desde a infância até metade de sua vida [7]. Depois os alunos foram indagados sobre o significado da expressão meia-vida. Qual foi a meia-vida de vocês até o momento?

Após essa atividade eles buscaram no dicionário o significado de "meia-vida" e depois a professora passou a explicar o sentido de meia-vida para a física.

A interação cognitiva potencialmente ocorre quando o aluno percebe as diferenças e semelhanças entre meia-vida, no sentido usual da expressão e para a física, assinalando as semelhanças e diferenças.

Terceiro encontro

Assunto: corrente elétrica, resistência elétrica, carga elétrica, voltagem, potência elétrica, gerador, retificador, meios de

contraste, sinal analógico e digital.

Aplicação: fluoroscopia, fluoroscopia digital (Fig. 4), imagem radiográfica (Fig. 5), teleterapia (Fig. 6) e braquiterapia (Fig. 7).

Conhecimentos prévios: tal como na parte dois, foram considerados os conhecimentos prévios identificados por Watts [4]. Segundo eles, a energia pode ser vista como: 1° uma ideia muito geral de combustível associada às aplicações tecnológicas que visam proporcionar conforto para o homem; 2° alguns objetos possuem e são recarregáveis, enquanto outros gastam o que têm; 3° uma atividade óbvia, no sentido de que, havendo atividade, há energia; 4° a energia é um fluido que se transfere de um sistema a outro.

Objetivos específicos: auxiliar os alunos a aprenderem significativamente a produção de imagem radiográfica, processamento da imagem, fatores de exposição

radiográfica, fatores físicos na qualidade de imagens, radiografia digital, fluoroscopia, fluoroscopia digital, teleterapia, braquiterapia e detectores de radiação, a partir dos conceitos físicos propostos para a aula, através de materiais alternativos.

Estratégias de ensino: estudo em grupo, resolução de problemas, situação-problema, jogo (campo minado) e apresentações.



Figura 6: Equipamento usado para fazer teleterapia. Fonte: Ref. [10].

Registros usados para buscar indícios de aprendizagem significativa: gravações da situação-problema.

Organizador prévio: foi utilizada uma pequena parte do filme *Super-Homem* [11], onde ele fica próximo à criptonita e simultaneamente começa a enfraquecer. Depois os alunos foram indagados sobre o porquê de poderem ser utilizados meios de contraste que emitem radiação, por exemplo, o que ocorre nas Tomografias por Emissão de Pósitrons, e se realmente poderia existir um material radioativo que, em proximidade ao nosso corpo, reagisse de forma análoga ao que ocorre com o Super-Homem quando ele está próximo da criptonita.

A interação cognitiva ocorre, em princípio, quando o aluno percebe por que é possível utilizar meios de contraste no corpo humano e as semelhanças e diferenças dos efeitos da radiação nos seres humanos em relação aos efeitos que a criptonita tem sobre o Super-Homem.

Situação-problema: imagine que você seja um técnico em radiologia e que precisa distinguir dois tecidos internos que possuem densidades muito semelhantes. Como você faria? Pense a sua resposta em termos de contraste.

Quarto encontro

Assunto: transformador, potência, gerador, retificador, ânodo, cátodo, filtro, blindagem, ressonância e campo magnético.

Aplicação: tomografia computadorizada, tomografia computadorizada helicoidal (Fig. 8), ressonância magnética nuclear (Fig. 9) e detectores de radiação (Fig. 10).

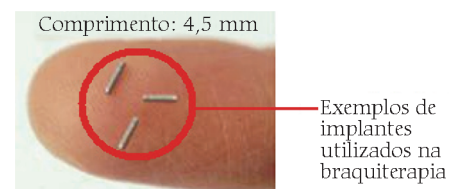


Figura 7: Exemplo de implantes utilizados na braquiterapia. Fonte: Ref. [10].

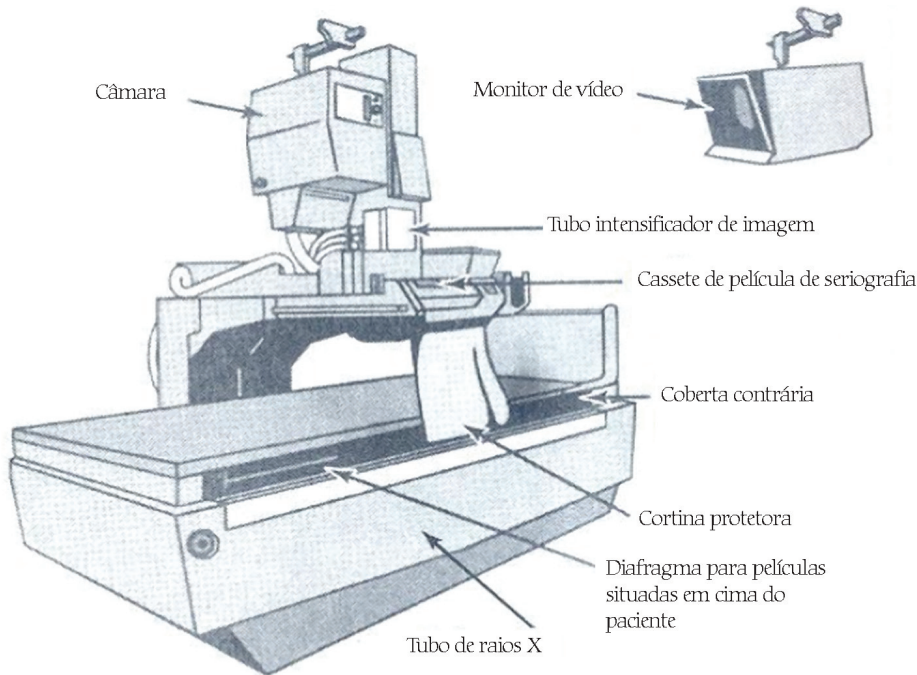


Figura 4: O fluoroscópio e suas partes associadas. Fonte: adaptado da Ref. [8].

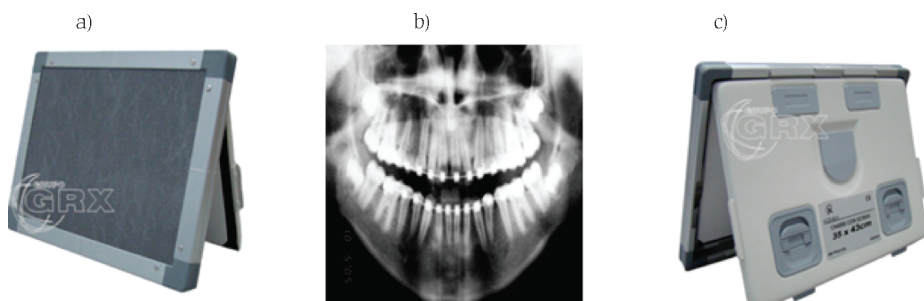


Figura 5: Partes formadoras da imagem radiográfica: a) écran; b) filme radiográfico e c) chassi. Fonte: Ref. [9].

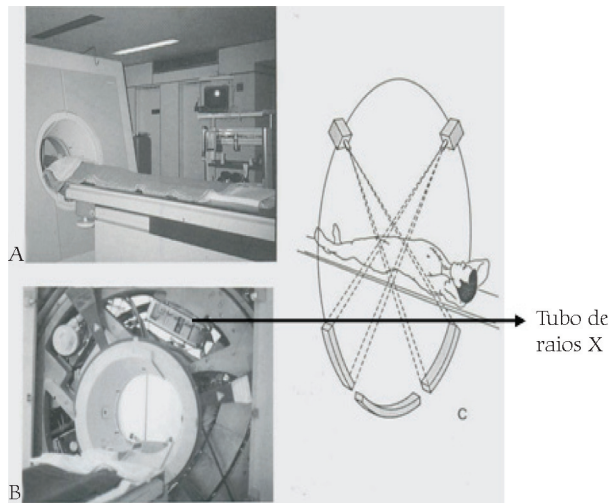


Figura 8: a) Aparelho da tomografia computadorizada; b) Aparelho de tomografia computadorizada aberto, mostrando o tubo de raios X; c) Esquema do movimento do tubo de raios X na tomografia computadorizada. Fonte: Ref. [2].



Figura 9: Equipamento de ressonância magnética nuclear. Fonte: Ref. [12].

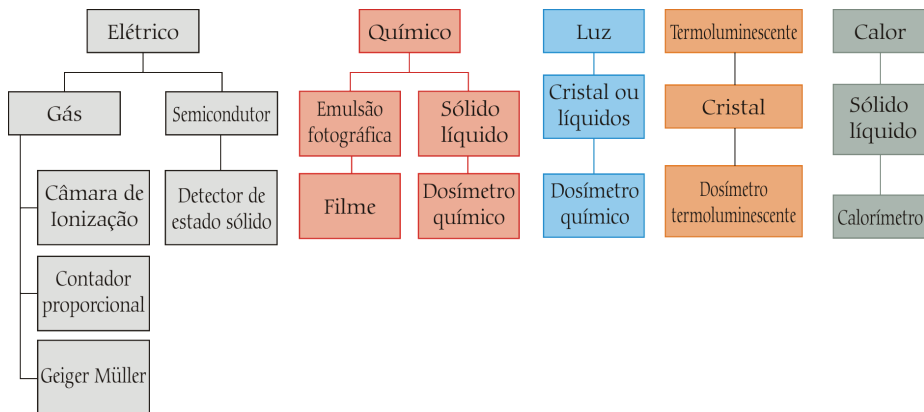


Figura 10: Principais efeitos físicos e químicos da radiação ionizante utilizados para a detecção de radiação. Fonte: Ref. [13].

Conhecimentos prévios: para [4] existem as seguintes concepções alternativas relacionadas à energia:

- é associada somente a objetos animados;
- é um agente causal armazenado em certos objetos;
- é um fluido, ingrediente ou produto;
- está vinculado a força e a movimen-

to;

- é um combustível.

A conservação de energia não é vista como necessária pelos estudantes.

Objetivos específicos: auxiliar os alunos a aprenderem significativamente sobre tomografia computadorizada, tomografia computadorizada helicoidal, detectores de radiação e ressonância mag-

nética nuclear, a partir dos assuntos propostos para a aula, através de materiais alternativos.

Estratégias de ensino: jogo (tabuleiro), modelagem computacional (Modellus), reportagem (como funciona ressonância magnética nuclear), aula expositiva-dialogada, simulação, situação-problema, colagem, estudo em grupo, debates e questões.

Registros usados para buscar indícios de aprendizagem significativa: entrega de um mapa conceitual.

Organizador prévio: foi utilizado um filme curto (Comportamento das sombras ao longo do ano em Porto Alegre), onde através da imagem de um poste, ao longo do dia, pode-se perceber as sombras que ele e que os outros objetos em torno dele produzem, mostrando que as características das sombras variam ao longo do dia.

A tomografia computadorizada funciona de forma análoga ao Sol e a produção de sombras, uma vez que a fonte de raios X está no lado oposto do detector, ou seja, a imagem é produzida em oposição à fonte, de forma análoga aos raios do Sol. Quando os raios incidem exatamente sobre o objeto não é produzida sombra. Na tomografia computadorizada isso não ocorre, pois quando a fonte de raios X e o detector estão um sobre o outro são produzidas imagens.

A interação cognitiva potencialmente ocorre quando o aluno percebe as diferenças e semelhanças entre a relação Sol e sombra e entre fonte e detector de raios X.

Situação-problema: suponha que você se encontra com seu filho à espera de realizar um exame de tomografia computadorizada. Ele ouviu o médico falar que o equipamento fará uma volta de 360° em torno do seu pai, mas o menino ficou intrigado e perguntou: “pai, o aparelho de tomografia computadorizada não possui vários cabos? Como ele gira a 360°? Se não possui vários cabos, como o equipamento recebe e envia informações para a mesa de controle?” Explique a ele.

Sequência de atividades: inicialmente foi realizado um jogo, com o intuito de revisar conteúdos de eletromagnetismo e física moderna e contemporânea, contendo questões conceituais e formais, aplicações, história e mímica [14]. Posteriormente, foi ensinado, brevemente, como se faz modelagem no programa Modellus e foram feitas algumas modelagens com esse programa sobre ressonância, campo magnético, campo eletromagnético, transformador, voltagem, corrente elétrica e resistência elétrica [1].

Na sequência, foi realizada uma aula expositiva-dialogada utilizando o projetor

Detectores de raios Gama

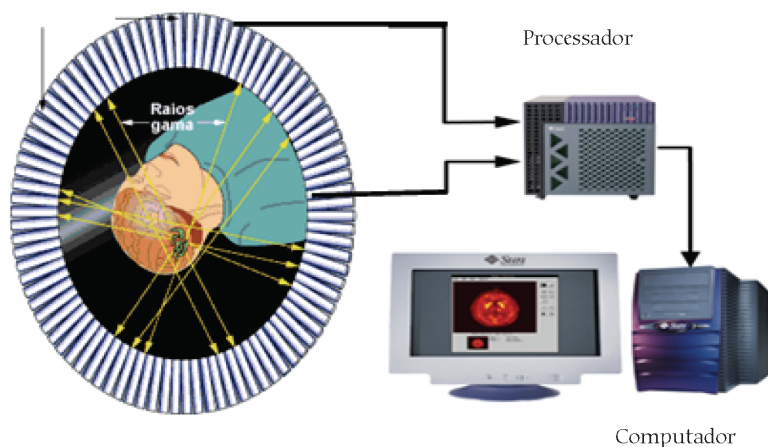


Fig. 11: Esquema da varredura PET. Fonte: Ref. [16].

multimídia, simulações computacionais, situações-problema e um documentário [15] sobre ressonância magnética nuclear.

Posteriormente, foi feito um painel. Em grupos, os alunos montaram a imagem dos seguintes aparelhos e suas partes constituintes: tomografia computadorizada, detector de radiação (cintilação), detector de radiação (gás) e ressonância magnética nuclear, identificando as partes principais e explicando o funcionamento de cada uma delas.

Por último, os alunos realizaram estudos em grupos, discutindo os textos e resolvendo questões.

Quinto encontro

Assunto: meia-vida, radioatividade, radioisótopos, tipo de emissão gama e beta.

Aplicação: medicina nuclear: PET (Fig. 11) e SPECT.

Conhecimentos prévios: tal como no quarto encontro, foram considerados os resultados obtidos por Driver (apud Ref. [4]) relativos a concepções alternativas sobre energia.

Objetivos específicos: auxiliar os alunos a aprender significativamente sobre a medicina nuclear (PET e SPECT), a partir dos assuntos propostos para a aula, através de materiais alternativos.

Estratégias de ensino: filme [17], questões, debates, aula expositiva-dialogada, simulações computacionais, confecção de linha do tempo, apresentações de painéis e mapas conceituais.

Registros usados para buscar indícios de aprendizagem significativa: entrega de

um mapa conceitual.

Organizador prévio: foi utilizado um filme curto [18], no qual há várias demonstrações de jogadas possíveis.

Os alunos foram indagados quanto às semelhanças e diferenças entre as colisões existentes em uma mesa de sinuca e as existentes em um ciclotron. Debateu-se na sala de aula sobre isso.

Potencialmente a interação cognitiva ocorre quando o aluno percebe as diferenças e semelhanças entre as colisões existentes em uma mesa de sinuca e as existentes no interior do ciclotron.

Situação-problema: durante muito tempo, imaginou-se que os olhos emitiam radiação, que incidia sobre os objetos, que a refletiam. Essa radiação, segundo tal teoria, seria vista pelo observador. Hoje, na PET, ocorre algo semelhante. O elétron e o pósitron (antipartícula do elétron) ao se encontrarem, aniquilam-se. A massa de ambos é transformada em energia. Como você explicaria as diferenças e semelhanças entre os dois fatos narrados para alunos do Ensino Médio? Como você provaria que a teoria de emissão de radiação pelos olhos está incorreta?

A análise da implementação da proposta mostra que ela trouxe resultados positivos relacionados à aprendizagem significativa pelos alunos, que foram ensinados a partir da presente sequência de ensino

Sequência de atividades: inicialmente foi assistido o filme [17]. Posteriormente, foi discutido o filme através de algumas questões norteadoras. Na sequência, foi realizada uma apresentação expositiva-dialogada através de projetor multimídia. A seguir, foram feitas algumas questões relativas ao ensinado na aula expositiva, que foram debatidos em "mesa-redonda". Por fim, em grupos, os alunos apresentaram os painéis de todos os equipamentos, fazendo simultanea-

mente uma linha histórica, explicando as partes principais dos equipamentos, os conceitos físicos envolvidos, os pontos positivos e negativos de sua utilização, tanto para as pessoas quanto para o meio ambiente. Apresentou-se também o histórico dos equipamentos, de modo a fazer a reconciliação integradora, proposta por Ausubel [19].

Considerações finais

Apresentamos noções básicas da organização de um currículo de física utilizando, para sua contextualização, a medicina. Iniciamos apresentando uma sequência que encontramos indícios de ser mais potencialmente facilitadora da aprendizagem significativa [11], e posteriormente fornecemos descrições de como implementar a proposta. Desafiamos que os professores façam adaptações e novas propostas de trabalho sobre o que foi apresentado no artigo.

A análise da implementação da proposta [11] mostra que ela trouxe resultados positivos relacionados à aprendizagem significativa pelos alunos, que foram ensinados a partir da presente sequência de ensino. Portanto, a proposta aqui apresentada mostrou-se uma alternativa viável para ensinar conceitos de física contextualmente e com sentido para os alunos. Pode ser usada como uma alternativa para responder àquelas questões feitas pelo aluno tão ouvidas pelos professores: "para que serve isso?", "vou usar isso para quê?", ao mesmo tempo que favorece um ensino inter, multi e transdisciplinar [20].

Tal proposta também se mostrou adequada para ser utilizada em vários níveis de ensino, na formação de futuros professores de física, na formação continuada de professores e também no Ensino Médio, sendo uma alternativa nesta área que possui poucas pesquisas e publicações até o momento.

Cabe aqui ressaltar a importância de utilizarmos os referenciais de aprendizagem propostos, para estimular os alunos à aprendizagem significativa [19], a relacionar os conceitos e a contextualizá-los [21], e a favorecer a criticidade dos alunos [22]. Também foi importante mostrar aos alunos como a ciência evolui, especialmente na passagem da física clássica para a física moderna e contemporânea. Enfatizamos que os conceitos podem ser melhor articulados de modo a resolver os novos problemas e dessa forma permanecem, ou não conseguem resolver os novos problemas e são abandonados, utilizando, para tanto, a epistemologia da Ref. [23] como referente.

Referências

- [1] M.F. Parisoto, *O Ensino de Conceitos do Eletromagnetismo, Óptica, Ondas e Física Moderna e Contemporânea Através de Situações na Medicina*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- [2] H.A. Koch, E.C. Ribeiro e E. Tonomura, *Radiologia na Formação do Técnico Geral* (Revinter, Rio de Janeiro, 1997), v. 1. p. 20.
- [3] B. Aiziczon, e L. Cudmani, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **24**, 3 (2007).
- [4] J. De P. A. Filho, e V. Jacques, in: *Anais eletrônicos do Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Curitiba, 2008, p. 12.
- [5] <http://novastecnologiassaude.blogspot.com>
- [6] www.bordadodemurmurios.blogspot.com.
- [7] <http://www.youtube.com/waTomografiaComputadorizadah?v=isXe78uZbVQ>
- [8] S.C. Bushong, *Manual de Radiologia para Técnicos* (Elsevier Mosby, Houston, 2007), v. 9. p. 685.
- [9] www.fsc.ufsc.br.
- [10] http://radio_teleterapia.vilabol.uol.com.br/radioterapia.htm.
- [11] <http://www.youtube.com/watch?v=OkSaAhbceBk>
- [12] http://angadiagnostica.com.br/manual_exame/ressonancia-magnetica/
- [13] <http://www.higieneocupacional.com.br/download/detectores-daros.pdf>
- [14] M.F. Parisoto e K.A. Gallassin, *Utilização de Jogos no Ensino da Física*. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização, Celer, 2008.
- [15] <http://www.youtube.com/watch?v=YeVHTjMwVTo>
- [16] <http://saude.hsw.uol.com.br/Medicina-nuclear2.htm>
- [17] *O Discreto Charme das Partículas Elementares* (Filme-vídeo). Filme, 22 min. Som e imagem. Disponível em http://www.youtube.com/waTomografiaComputadorizadah?v=FAISMNKR_WM, acesso em 10/4/2012.
- [18] *Mestre da Sinuca*. [Filme-vídeo]. Filme, 3,44 min. Som e imagem. Disponível em http://www.youtube.com/waTomografiaComputadorizadah?v=bTzr6Ullw_e0, acesso em 10/4/2012.
- [19] D.P. Ausubel, *Retenção e Aquisição de Conhecimento: Uma Perspectiva Cognitiva* (Plátano, Lisboa, 2002), v. 1. p. 625.
- [20] Rio Grande do Sul, Secretaria da Educação e Desporto, *Lições do Rio Grande* (Secretaria da Educação e Desporto, Porto Alegre, 2009), p. 124.
- [21] G. Vergnaud, *Récherches en Didactique des Mathématiques* **10**, 2 (1990).
- [22] M.A. Moreira, *Aprendizagem Significativa Crítica* (Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre, 2005), v. 1. p. 47.
- [23] S. Toulmin, *La Comprensión Humana: El Uso Colectivo y Evolución de los Conceptos* (Alianza Editorial, Madrid, 1977), v. 1. p. 366.



IV ESCOLA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA

25 a 29 Setembro 2017

Daniel Girardi
Irene Arriassecq
Jenner Barreto
Maurício Pietrocola
Marco A. Moreira
Nelson Studart
Zolacir T. de O. Júnior

INSCRIÇÕES: <http://nbcgib.uesc.br/mnpef/iv-ebef>
CONTATO: ivebef@sbfisica.org.br
LOCAL: Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, Bahia

 Universidade Estadual de Santa Cruz
UESC | Campus Soane Nazaré de Andrade
Rodovia Jorge Amado, Km 16, Salobrinho, Ilhéus/BA | www.uesc.br

 CAPES

 SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

 Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física