



Ensino de Física usando situações-problema sobre uso de radiações ionizantes para o diagnóstico do câncer de mama

Physics teaching using problem situations on the use of ionizing radiation for the diagnosis of breast cancer

L. Campos*; G. S. B. Oliveira

¹Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil

*lpcbcampos@gmail.com

(Recebido em 29 de novembro de 2021; aceito em 02 de julho de 2022)

O presente trabalho propõe o uso das Situações-Problema (SP), elaboradas segundo as orientações de Philippe Meirieu, como metodologia facilitadora do ensino de tópicos de Física Moderna para alunos do Ensino Médio. Como resultado do estudo foi elaborado um produto educacional, constituído de uma sequência didática sobre radiações eletromagnéticas, com foco nos raios X usados na mamografia, que é um dos métodos de diagnóstico do câncer de mama, tema motivador do produto e presente na SP. A sequência didática foi aplicada em duas turmas da 3ª série do Ensino Médio de um colégio estadual de Sergipe. Durante a aplicação da sequência foram realizadas discussões sobre o tema câncer de mama e a mamografia como diagnóstico, apresentação de vídeos e gifs animados, resolução de questões e confecção do espectro eletromagnético em forma de quebra-cabeça. Estas atividades forneceram subsídios para a solução da SP apresentada, tornaram as aulas mais dinâmicas e promoveram melhor interação entre os alunos. Para coleta de dados foram utilizados como instrumentos: questionário investigativo, SP e resolução de questões de Física na temática escolhida. Os dados coletados mostraram indícios de que a utilização de SP como ferramenta didática para o ensino de física foi motivante e relevante para a aprendizagem dos conceitos propostos.

Palavras-chave: Ensino de Física, situações-problema, radiações ionizantes.

The present work proposes the use of Problem Situations (PS), developed according to Philippe Meirieu's guidelines, as a facilitating methodology for teaching Modern Physics topics to high school students. As a result of the study, an educational product was developed and consisting of a didactic sequence on electromagnetic radiation, focusing on X-rays used in mammography, which is one of the methods for diagnosing breast cancer, motivating theme of the product and present at PS. The didactic sequence was applied in two classes of the 3rd grade of high school in a state school in Sergipe. During the application of the sequence, Discussions on the topic of breast cancer and mammography as a diagnosis were held, presentation of videos and animated gifs, problem solving and making the electromagnetic spectrum in the form of a puzzle. These activities provided subsidies for the PS solution presented, made the classes more dynamic and promoted better interaction between the students. For data collection, the following instruments were used: investigative questionnaire, PS and resolution of Physics questions in the chosen theme. The collected data showed evidence that the use of PS as a didactic tool for teaching physics was motivating and relevant for the learning of the proposed concepts.

Keywords: Physics Teaching, problem situations, ionizing radiations.

1. INTRODUÇÃO

Muitos estudantes do Ensino Médio ainda apresentam dificuldades para aprender Física por não entenderem a verdadeira utilidade do que estudam e por não fazerem uma conexão entre o que aprendem e o mundo que os rodeiam. Portanto, é importante que os professores relacionem a física ensinada em sala de aula e a física presente no cotidiano [1]. Além disso, também é preciso desenvolver atividades voltadas para a parte conceitual dos fenômenos físicos, que não estejam restritas apenas às equações e formulações matemáticas [2].

Para este trabalho, foi abordada a temática sobre radiações eletromagnéticas, em especial as radiações ionizantes, por se tratar de um assunto que é possível trabalhar os conceitos associando-os ao cotidiano do aluno. É também um dos temas que consta na lista dos temas

estruturadores dos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN's [3], e permite trabalhar de forma interdisciplinar, principalmente com as áreas de Química e Biologia.

Falar sobre radiação ionizante ainda provoca muitas reações de medo e ansiedade na comunidade, isso devido à falta de informações concretas sobre sua utilização benéfica na área da saúde [4], principalmente quando se trata do diagnóstico e tratamento de doenças [5]. Com a abordagem desse tema, o aluno poderá discernir sobre riscos e benefícios decorrentes da utilização de diferentes tipos de radiações, como é o caso das radiações ionizantes presentes na mamografia, que corresponde a um dos métodos de diagnóstico do câncer de mama. Dentre as faixas de radiações eletromagnéticas foi escolhido o raio X que é usado na mamografia, e devido a sua grande aplicabilidade tecnológica moderna, principalmente na área da saúde, visando a educação científica por parte dos alunos, pois estes possuem informações pouco articuladas sobre o assunto [6, 7].

Para que o estudante compreenda um pouco mais a respeito do mundo tecnológico ao seu redor e possa questioná-lo de forma crítica e consciente, é preciso que ele desenvolva habilidades e competências que o façam relacionar os conteúdos aprendidos durante as aulas com a sua realidade fora da escola. Contudo, é necessário que os temas estudados estejam próximos ao seu cotidiano e sejam apresentados por meio de situações que os levem a associar o que já sabem com o que vão aprender. Nesse sentido, a resolução de Situações-Problema (SP) como metodologia de ensino tem se mostrado motivante para o processo de ensino e aprendizagem nas aulas de física, bem como as atividades que envolvem a solução da SP, pois representam uma forma de levar o aluno a pensar, refletir, discutir com os colegas e professor como solucionar o problema e não apenas encontrar uma resolução final [8, 9].

A utilização da SP promove uma aprendizagem diferenciada na construção de um conhecimento que é inédito para o discente [10], uma vez que os objetivos propostos para encontrar a solução do problema apresentado, podem ser alcançados quando os materiais fornecidos pelo docente e as instruções dadas requisitam a operação mental necessária [11].

O trabalho proposto adotou como referencial as ideias de Meirieu (1998, p. 192) [11], que entende a SP como “uma situação-didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa. E essa aprendizagem, que constitui o verdadeiro objetivo das Situações-Problema, é obtida ao vencer obstáculos na realização da tarefa”.

A utilização da SP estimula os alunos a relacionar aquilo que aprendem na escola com o seu cotidiano, assim como utilizar os seus conhecimentos prévios para elaborar novas ideias e superar as suas dificuldades de aprendizagem [12], pois ao buscar a solução para uma SP, o aluno pode experimentar um processo semelhante com o trabalho de um cientista que pensa, organiza, elabora as ideias e encontra respostas para as perguntas que vão surgindo durante o processo investigativo [13]. Abordar conceitos de física por meio de SP permite substituir o ensino tradicional, no qual o aluno é somente receptor de conhecimento de forma passiva, por um ensino no qual o conhecimento é compartilhado e o discente sendo protagonista trabalha na construção desse conhecimento sob a orientação do docente [9].

Nas SP, o esforço está em promover uma aprendizagem mais efetiva por meio da interação problema-resposta: “(...) isso impõe que se tenha a certeza da existência de um problema a ser resolvido e, ao mesmo tempo, da impossibilidade de resolver o problema sem aprender” [11].

Nesse contexto, o presente trabalho tem como proposta elaborar um produto educacional composto de uma sequência didática sobre radiações eletromagnéticas, para alunos da 3ª série do Ensino Médio. O intuito é que esse material sirva de apoio para o ensino da temática, podendo ser reproduzido e adaptado à realidade de cada professor em suas aulas de Física.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A aplicação do produto educacional foi feita em uma escola estadual de subúrbio na cidade de Aracaju-SE para alunos da 3ª série do Ensino Médio. A escola dispõe de internet, biblioteca, laboratórios e um quantitativo de 748 alunos matriculados, sendo 417 do Ensino Médio.

Participaram da aplicação do produto duas turmas totalizando 76 alunos, sendo uma turma pela manhã (com 40 alunos) e outra à tarde (com 36 alunos).

Para implementação do produto educacional foi elaborada uma Sequência Didática (SD) sobre radiações eletromagnéticas, dividida em 6 encontros, de forma que cada encontro corresponde a duas aulas de 50 minutos cada, conforme apresentada resumidamente na Tabela 1.

Tabela 1: Resumo da Sequência Didática.

Resumo da Sequência Didática			
Encontros	Conteúdos	Objetivos	Nº Aulas
Encontro 1	Introdução ao tema e conteúdo: câncer de mama e raios X.	Apresentar a SD; aplicar questionário investigativo; mostrar um vídeo sobre câncer de mama para problematizar a SD.	2
Encontro 2	Ondas eletromagnéticas e unidades de medidas.	Estabelecer relação entre ondas mecânicas e eletromagnéticas, abordar as propriedades das ondas eletromagnéticas; apresentar e relacionar as unidades de energia: elétron-volt e joule.	2
Encontro 3	Raios X e sua produção.	Mostrar um breve histórico da descoberta dos raios X e a experiência de Roentgen; caracterizar os raios X no espectro eletromagnético; explicar como os raios X são produzidos.	2
Encontro 4	Aplicações dos raios X, em especial na mamografia e apresentação da SP.	Discutir sobre as aplicações e o uso dos raios X de forma indiscriminada, após a descoberta; descrever algumas aplicações específicas dos raios X, em especial na mamografia; apresentar a SP aos alunos.	2
Encontro 5	Solução da SP e montagem do espectro eletromagnético.	Discutir as soluções da SP; montar o espectro eletromagnético por meio de um quebra-cabeça.	2
Encontro 6	Identificação dos conceitos adquiridos com a SD e resolução de questões.	Reaplicar o questionário investigativo; praticar questões sobre os conceitos de física apresentados na SD.	2

A SD é composta pelos seguintes elementos: questionário investigativo, situação-problema com questões para serem solucionadas pelos alunos e montagem de um quebra-cabeça do espectro eletromagnético. Como os questionários foram entregues aos alunos para serem respondidos, foi elaborado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, informando que se tratava de um produto educacional que seria aplicado no âmbito de uma dissertação de mestrado profissional, que estava sendo desenvolvida pela docente de Física.

2.1 Encontro 1 – Introdução ao tema

No início do primeiro encontro foram apresentadas aos estudantes as etapas da SD, os objetivos e a forma como eles seriam avaliados.

Nesse encontro, os alunos responderam um questionário investigativo contendo seis questões, que teve como objetivo identificar os conhecimentos prévios sobre radiações eletromagnéticas, especificamente na faixa denominada de raios X [14, 15]. Cada questão elaborada no questionário teve um objetivo pré-determinado e serviu de base para a elaboração da Situação-Problema.

Após a resolução do questionário foi apresentado a turma um vídeo de poucos minutos que introduziu o tema gerador da sequência, por meio de uma abordagem que relaciona Ciência, Tecnologia e Sociedade e o câncer de mama. Em seguida, foi feita uma breve discussão sobre o tema. É importante que o vídeo seja curto, em torno de 3 a 5 minutos, não precisa tratar diretamente de conceitos da Física, mas sobre o tema câncer de mama do ponto de vista conceitual, abordando o processo de formação do tumor, formas de diagnóstico (em especial a mamografia) e possíveis tratamentos.

Segue o questionário investigativo:

1. Você sabe o que são ondas eletromagnéticas? () sim () não. Se responder sim, justifique sua resposta com exemplos de situações do seu dia a dia em que elas são utilizadas.
2. As ondas eletromagnéticas formam o que chamamos de “espectro eletromagnético”. Que características das ondas são usadas para “separar” um tipo de onda de outra?
3. Dentre as ondas eletromagnéticas conhecidas temos uma faixa denominada de raios X, o que você sabe sobre os raios X?
4. As ondas eletromagnéticas (também definidas como radiação eletromagnética) estão divididas em dois grupos: ionizantes e não ionizantes. O que você acha que diferencia essas radiações?
5. Os raios X, depois de descobertos, passaram a ter várias aplicações em diversas áreas. Cite situações nas quais os raios X são utilizados.
6. Os raios X são um tipo de radiação ionizante. Para você, a exposição aos raios X pode ser prejudicial? Justifique sua resposta.

2.2 Encontro 2 – Ondas eletromagnéticas e unidades de medidas

Neste encontro os alunos tiveram a oportunidade de conhecer as características gerais da onda e do espectro eletromagnético.

Por meio de aula expositiva e dialógica com apresentação de vídeo, foram explicadas as características de uma onda, diferenciando uma onda mecânica da eletromagnética. Foi escolhido um vídeo que trazia uma breve revisão sobre a estrutura atômica, além da energia de ionização; características das radiações eletromagnéticas; relação entre frequência, energia e comprimento de onda; introdução aos raios X e suas características. Estas aulas são consideradas de grande importância para a sequência, pois além de promover uma revisão de conceitos já vistos na 1ª série do Ensino Médio, na disciplina de Química, novos conceitos foram apresentados para o entendimento dos raios X, tema principal da SD.

2.3 Encontro 3 – Raios X

O terceiro encontro foi iniciado com um vídeo que abordou a descoberta e produção dos raios X. A utilização do vídeo nestas aulas como nas anteriores serviram de apoio à fala da docente além de motivação para o estudante.

Neste encontro, foi realizada uma breve revisão sobre os modelos atômicos com foco no modelo de Bohr, para que os alunos pudessem entender o processo de produção dos raios X. Foi utilizada uma animação em forma de gif para mostrar como acontece a radiação de frenamento e a radiação característica para produzir os raios X. Esse tipo de animação pode ser encontrada facilmente na internet.

2.4 Encontro 4 – Aplicações dos raios X e a Situação-Problema

Neste encontro foram estudadas algumas aplicações dos raios X e como o uso dessas radiações promoveram uma evolução em algumas atividades da sociedade, dando ênfase para a mamografia, objeto principal do tema motivador. Em sala de aula foram mostradas imagens de radiografias de pulmão e de mamografias, exibidas na internet, contendo mamas saudáveis e mamas com câncer, para que os alunos pudessem identificar nesses exames os tons de cinza associados a interação dos raios X com os diferentes tecidos. Essa atividade teve como objetivo reforçar as características e a produção de raios X, além da forma como essas radiações são utilizadas no diagnóstico do câncer de mama.

Em seguida, foi apresentada aos estudantes a Situação-Problema, que teve como contexto uma reportagem sobre o número de casos de câncer de mama nas Américas, publicada pela Organização Mundial da Saúde em 2016 (Figura 1). A elaboração da SP teve como base as orientações de Meirieu [11] e contou com 6 questões, descritas logo abaixo da reportagem.

Câncer de mama é a 2ª principal causa de morte entre mulheres nas Américas; diagnóstico precoce e tratamento podem salvar vidas



24 de outubro de 2016 — Nas Américas, o câncer de mama é o mais comum entre as mulheres, sendo a segunda principal causa de morte entre esse público. Estima-se que, em 2012, 408 mil mulheres foram diagnosticadas com a doença e mais de 92 mil morreram devido ao câncer no continente. Caso essas tendências continuem, a expectativa é de que haja um aumento de 46% no número de novos casos nas Américas até 2030.

O câncer de mama pode ser detectado de forma precoce e tratado com eficácia. Programas de sensibilização sobre a saúde da mama podem aumentar a consciência das mulheres sobre os riscos da doença e sobre os sinais e sintomas que precisam de atenção

médica imediata. Em países de alta renda, programas organizados que incluem mamografias levam ao diagnóstico precoce, bem como ao tratamento eficaz, e têm reduzido a taxa de mortalidade por essa doença.

Há muitos desafios, no entanto, para a implementação de tais programas em países e territórios com recursos limitados. Por isso, outubro é marcado em todo o mundo como o mês de sensibilização e compreensão dos riscos do câncer de mama, sinais e sintomas precoces e conscientização geral da população - parte de uma importante abordagem de saúde pública.

Principais informações

- Diversos países na América Latina e no Caribe apresentam algumas das mais altas taxas de risco de morte por câncer de mama, destacando as desigualdades na saúde existentes na região.
- Na América Latina e Caribe, uma maior proporção de mortes por câncer de mama ocorre entre mulheres com menos de 65 anos de idade (57%).
- O diagnóstico precoce, juntamente com os avanços no tratamento, tem mostrado melhores resultados e uma maior sobrevivência para mulheres com câncer de mama. Mesmo assim, muitos países da América Latina e do Caribe continuam a ter acesso limitado a essas intervenções, capazes de salvar vidas.
- Programas abrangentes de prevenção e controle do câncer de mama são essenciais para reduzir a carga da doença. Esses devem incluir educação, rastreamento e detecção precoce, diagnóstico, tratamento e cuidados paliativos.
- Embora as causas do câncer de mama continuem sendo em grande parte desconhecidas, o histórico familiar da doença, a utilização de hormônios, a obesidade e o uso de álcool foram identificados como fatores que podem aumentar o risco de desenvolvimento da doença.

Figura 1: Reportagem da Organização Mundial da Saúde sobre câncer de mama. Fonte: [16].

Os estudantes receberam a reportagem da Figura 1, para que em seus grupos eles levantassem suas hipóteses e desenvolvessem suas respostas baseadas no texto da notícia, para as seguintes questões levantadas:

1. De que forma os programas de saúde dos governos dos países das Américas podem diminuir os riscos do câncer de mama?

2. A mamografia é uma das formas de diagnosticar o câncer de mama. Por que o mesmo tipo de radiação que pode desenvolver um câncer numa pessoa é também usado para diagnosticar e tratar o câncer de mama?
3. Os raios X correspondem a uma faixa do espectro eletromagnético de pequeno comprimento de onda e alta frequência. Como os raios X são produzidos?
4. Descreva as principais características dos raios X.
5. Comente sobre algumas aplicações dos raios X.
6. A mamografia é um exame que utiliza raios X que sensibilizam chapas fotográficas, produzindo nelas, imagens que aparecem em diferentes tons de preto ao cinza ou branco. O que causa a diferente escala de tons na chapa?

2.5 Encontro 5 – Solução da SP e montagem do espectro eletromagnético

Os alunos se reuniram em grupos para discutir a solução da SP. Depois cada grupo socializou suas respostas. Neste encontro, os discentes também montaram um quebra-cabeça do espectro eletromagnético, desenvolvido por eles usando papel e corda, onde cada grupo ao colar a peça correspondente a uma faixa do espectro, explicou sobre as características e aplicações das ondas eletromagnéticas da faixa confeccionada.

2.6 Encontro 6 – Identificação do conhecimento adquirido e finalização da SD

Nos primeiros 50 minutos desse encontro foi reaplicado individualmente o questionário investigativo. Depois foram entregues algumas questões que continham conceitos físicos trabalhados durante a sequência. A turma ficou à vontade para responder as questões em grupo ou de forma individual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da SD foi feita baseada nos dados obtidos por meio do questionário investigativo, da resolução da SP, da explicação das partes confeccionadas no quebra-cabeça do espectro eletromagnético e da reaplicação do questionário.

3.1 Análise do questionário investigativo

O questionário investigativo foi analisado usando a tipologia descrita a seguir [17], de forma que as respostas foram agrupadas em quatro categorias: resposta satisfatória (RS), resposta pouco satisfatória (RPS), resposta insatisfatória (RI) e não respondeu (NR).

A Tabela 2 apresenta os critérios para cada uma das questões elaboradas.

Tabela 2: Critérios para análise do questionário investigativo.

Questão	Classificação
Questão 1: busca associar o conceito de onda eletromagnética ao cotidiano dos alunos.	A resposta será considerada satisfatória (RS) se responder sim e citar exemplos de como as ondas eletromagnéticas são utilizadas. Se responder sim e não citar exemplos ou citou exemplos que não tem relação com as ondas eletromagnéticas, a resposta é considerada pouco satisfatória (RPS) e será considerada insatisfatória se a resposta for não (RI).
Questão 2: tem como objetivo descobrir se o aluno sabe a respeito de frequência, comprimento de onda e energia.	Na 3ª série do Ensino Médio, o aluno já tem conhecimento dos conceitos de frequência, comprimento de onda e energia. Se abordou estes conceitos na resposta ela é considerada satisfatória (RS). Se considerou outras características da onda, a resposta é pouco satisfatória (RPS) e se estiver fora destas classificações a resposta é insatisfatória (RI).
Questão 3: visa levantar as concepções dos alunos sobre os raios X, do ponto de vista físico, além de aplicações tecnológicas.	Se responder que os raios X é um tipo de radiação utilizada na obtenção de imagens de ossos e órgãos, a resposta é satisfatória (RS). Se responder que é um tipo de radiação, mas não citar a aplicação, a resposta é pouco satisfatória (RPS). Se a resposta estiver fora das classificações anteriores é insatisfatória (RI).
Questão 4: saber do aluno sobre a ionização de átomos e moléculas, associada à energia que a onda transporta.	A resposta é considerada satisfatória (RS) se abordar a relação entre a frequência, a energia e a capacidade de ionizar átomos e moléculas. Pouco satisfatória (RPS) se abordar somente a relação entre frequência e energia. E insatisfatória (RI) se não relacionar as características citadas anteriormente.
Questão 5: buscar descobrir se o aluno tem conhecimento sobre aplicações dos raios X.	Resposta satisfatória (RS) se citar ao menos a utilização dos raios X na medicina, odontologia, segurança, indústria. Pouco satisfatória (RPS) se citar uma ou duas das aplicações anteriores e insatisfatória (RI) se citar aplicações que não utilizam raios X, como por exemplo, a ultrassonografia.
Questão 6: discute sobre os danos causados pela exposição não controlada aos raios X.	Se responder sim e justificar de forma coerente a resposta é considerada satisfatória (RS). Se responder sim sem a devida justificativa é pouco satisfatória (RPS). Se responder que a exposição aos raios X não causa dano é insatisfatória (RI).

Na Tabela 3, seguem os percentuais de respostas para a 3ª série manhã (3A) e tarde (3B).

Tabela 3: Percentual de respostas para a 3ª série da manhã (3A) e da tarde (3B).

	Questão / Percentual de Respostas							
	RS-3A (%)	RS-3B (%)	RPS-3A (%)	RPS-3B (%)	RI-3A (%)	RI-3B (%)	NR-3A (%)	NR-3B (%)
Q1	23,3	21,9	16,7	15,6	50,0	50,0	10,0	12,5
Q2	0,0	6,2	0,0	0,0	23,0	3,1	77,0	90,7
Q3	40,0	37,5	26,6	28,1	3,4	3,2	30,0	31,2
Q4	0,0	0,0	0,0	15,6	3,4	0,0	96,6	84,4
Q5	26,7	21,9	26,7	46,8	16,6	9,4	30,0	21,9
Q6	43,3	34,4	26,7	40,6	0,0	6,2	30,0	18,8

Na questão 1, para ambas as turmas, não foram dadas muitas respostas satisfatórias, mesmo assim as respostas demonstraram um certo conhecimento sobre as ondas eletromagnéticas e algumas aplicações no dia a dia. Esse assunto é muito atual e presente no cotidiano dos alunos, como mostra o trabalho de Erthal e Linhares (2008) [4], que baseado na teoria de Vygotsky, que aborda aspectos sociais, históricos e culturais, propõem um material pedagógico com atividades para o ensino das radiações eletromagnéticas e defendem que um dos fatores que impede a abordagem das radiações no currículo de física do Ensino Médio é a falta de uma proposta que possa viabilizar uma transposição didática para esse nível de ensino.

Na questão 2, por ter um grau de dificuldade maior, requer uma resposta mais elaborada do que a questão 1, resultando em um alto índice de respostas em branco e poucas respostas satisfatórias. Ressalta-se aqui que em alguns momentos da SD, foi necessária uma breve aula expositiva e dialógica para ensinar e exercitar algumas grandezas que caracterizam as ondas eletromagnéticas, como fez também Gomes et al. (2017) [18], quando mostrou propriedades das ondas eletromagnéticas por meio de um enfoque que envolve Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para estudantes da 3ª série do Ensino Médio, usando questões problema para serem resolvidas em pequenos grupos e estudar conceitos de física sobre essa temática.

Para a questão 3, foram observadas algumas respostas satisfatórias nas duas turmas, isso deve-se ao fato de que a maioria dos alunos já ouviu falar sobre os raios X, seja em casa, nas mídias ou mesmo em filmes ou desenhos animados. Outros ainda já se submeteram a exames de radiografias ou acompanharam algum parente ou conhecido durante a realização de exames que utilizam os raios X. Os alunos mostraram motivação em aprender mais sobre a temática, uma vez que entenderam que a emissão de raios X permite visualizar partes do corpo e diagnosticar diversas doenças, corroborando com a pesquisa de Costa e Costa (2002) [7], que realizou um estudo refletindo sobre o uso benéfico das radiações ionizantes na saúde, envolvendo a formação de profissionais de enfermagem com enfoque na prevenção e na tecnologia.

Na questão 4, devido ao desconhecimento dos termos ionizante e não ionizante, a maioria dos alunos não responderam ou deram respostas insatisfatórias [19], sugerindo que os discentes ainda não entendem as formas de interação das radiações com a matéria. Nesse sentido, é interessante conceituar bem a respeito dos tipos existentes de radiação, deixando um pouco de lado o formalismo matemático, como destacaram Soares et al. (2015) [2] em seu trabalho sobre ensino de radiação por meio de simuladores interativos, ou seja, usando metodologias com atividades voltadas para a aprendizagem conceitual dos fenômenos físicos no Ensino Médio.

A questão 5 remete a uma abordagem do nosso cotidiano, de forma que os alunos demonstraram um maior conhecimento e as respostas satisfatórias alcançaram bom percentual, corroborando com o estudo de Gomes et al. (2017) [18], que evidenciaram a importância de relacionar os conceitos da física com aplicações tecnológicas conhecidas pelos estudantes.

As respostas da questão 6 foram satisfatórias, pois os alunos associaram radiação ionizante aos riscos que ela causa devido à uma exposição descontrolada. É de suma importância explicar as formas de exposição à radiação ionizante, deixando claro para os alunos que o uso adequado dessas radiações pode proporcionar mais benefícios que malefícios, assim como relata o estudo de Costa e Costa (2002) [7], que abordou os diversos benefícios que as aplicações dos raios X trouxeram para a área da saúde, mostrando formas de exposição às radiações, possíveis efeitos biológicos e como se proteger ao usar as radiações ionizantes.

3.2 Análise da Situação-Problema

Para a aplicação da SP, cada turma foi dividida em grupos de acordo com o número de faixas do espectro eletromagnético, de forma que a turma 3A teve 8 grupos e a turma 3B 6 grupos. Os alunos montaram um quebra-cabeça (Figura 2) do espectro eletromagnético, confeccionado por eles, de forma que cada grupo ao colar a peça correspondente a uma faixa do espectro explicou sobre as características e aplicações daquela faixa.



Figura 2: Espectro eletromagnético confeccionado pelos alunos usando papel e corda.

De forma geral, as duas turmas se empenharam em responder as questões apresentadas, buscando superar os obstáculos e assim mostrando indícios de que houve uma aprendizagem efetiva. Assim, concordando com Perrenoud [10, 12], quando coloca que é necessário elaborar práticas pedagógicas que não sejam unilaterais, mas que envolvam de maneira direta os alunos no processo, e que isso acontece com o uso de Situações-Problemas como ferramenta de ensino.

Da turma 3A, dois grupos apresentaram respostas satisfatórias e alcançaram os objetivos esperados, conseguindo expressar muito bem suas ideias, pois conseguiram interagir bem durante as discussões. As respostas dadas foram bastante completas, com sugestões de como os Governos poderiam criar e implantar programas de conscientização para a prevenção e diagnóstico do câncer de mama. Os grupos associaram de forma coerente os conceitos apresentados durante a sequência com os questionamentos da SP, apresentando evidências de aprendizagem.

A utilização de SP mostrou-se bastante eficiente, pois durante a aplicação observou-se que o aluno conseguiu discernir durante o processo de conceituação dos fenômenos físicos estudados, dando sentido e significado ao que aprendeu. Meirieu (1998) [11] afirma que “a utilização de SP não é a única forma de o aluno aprender, mas que se a mesma for utilizada de forma correta como estratégia de ensino, a aprendizagem pode acontecer de forma significativa”. Além disso, como a SD apresentou questões do mundo real, estas, segundo os PCNs [3] tendem a possibilitar, com alguma frequência, soluções mais criativas e mais significativas que questões artificiais.

3.3 Análise da reaplicação do questionário investigativo

Para analisar a reaplicação do questionário investigativo, os gráficos a seguir (Figuras 3 a 8) mostram o percentual de respostas das duas turmas (3A e 3B), antes e depois da aplicação da SD.

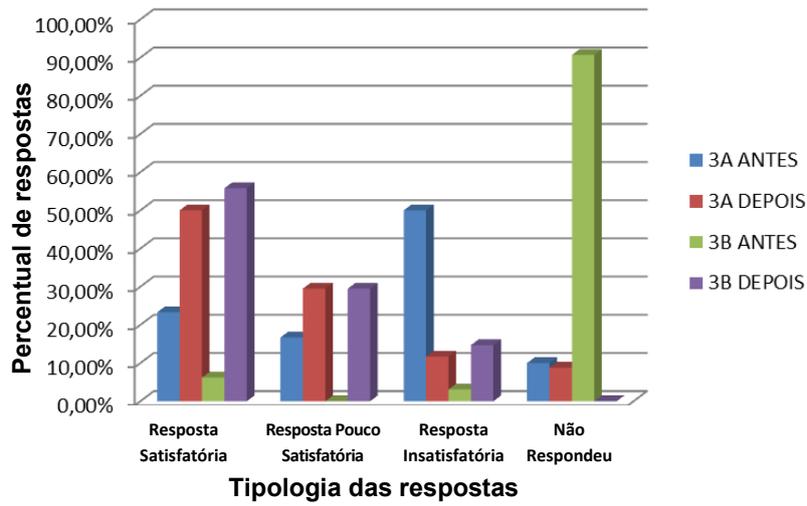


Figura 3: Gráfico comparativo das respostas à questão 1 do questionário investigativo.

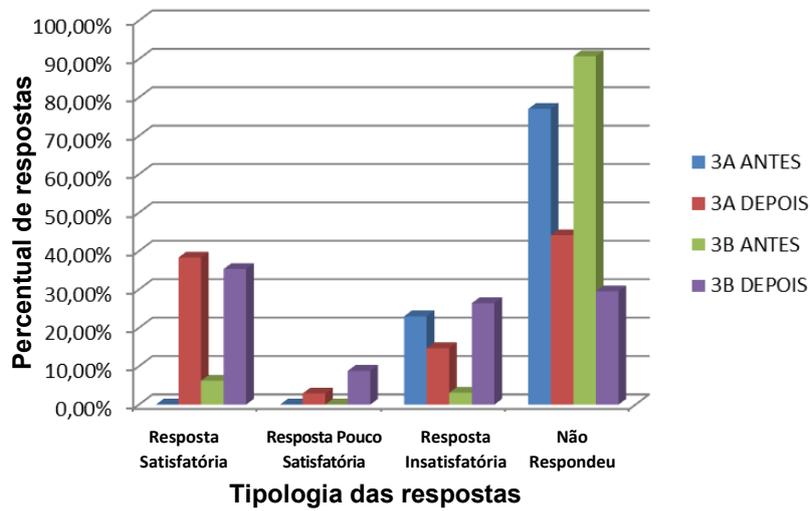


Figura 4: Gráfico comparativo das respostas à questão 2 do questionário investigativo.

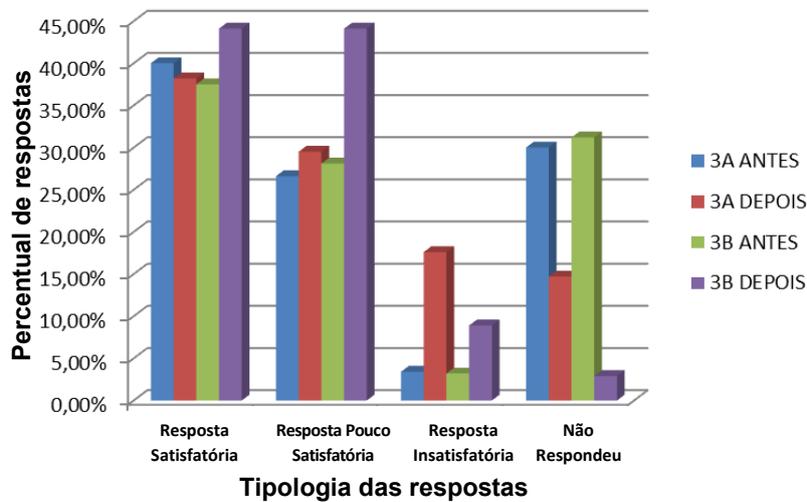


Figura 5: Gráfico comparativo das respostas à questão 3 do questionário investigativo.

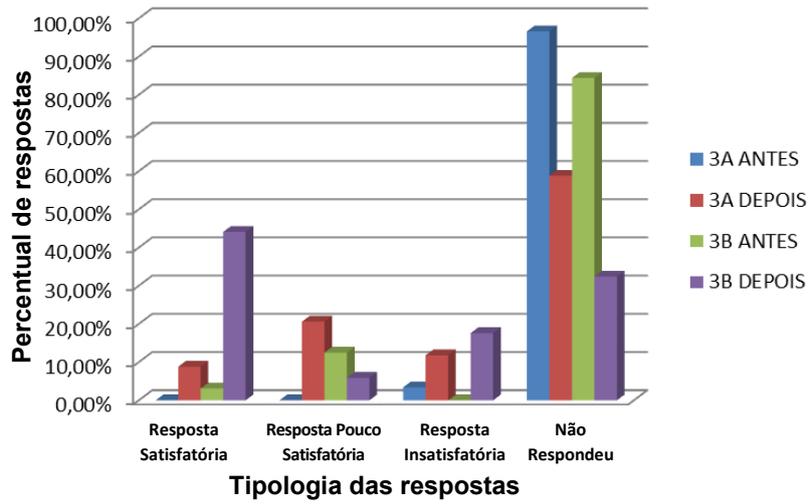


Figura 6: Gráfico comparativo das respostas à questão 4 do questionário investigativo.

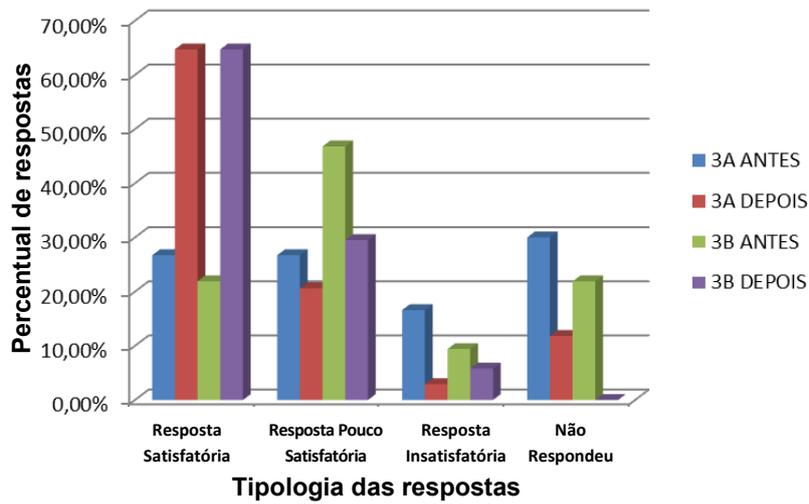


Figura 7: Gráfico comparativo das respostas à questão 5 do questionário investigativo.

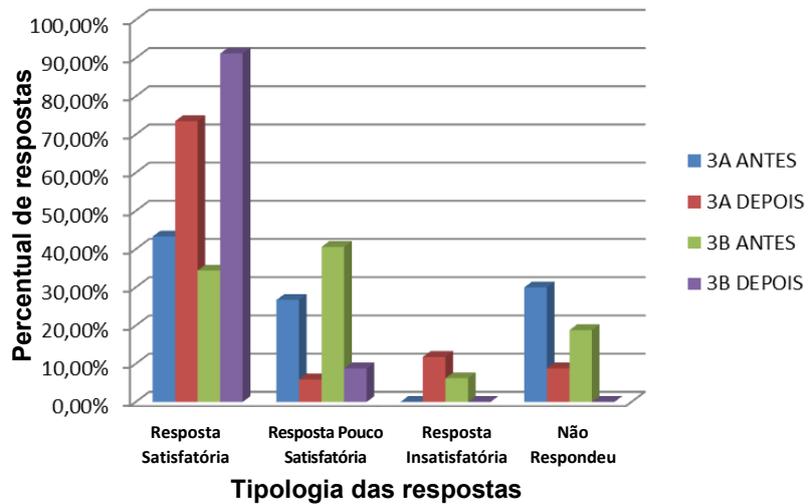


Figura 8: Gráfico comparativo das respostas à questão 6 do questionário investigativo.

A análise da reaplicação do questionário investigativo mostrou que ocorreu um aumento considerável no número de respostas satisfatórias nas duas turmas analisadas. E somente na questão 3, a turma 3A teve um percentual ligeiramente menor de respostas satisfatórias depois da aplicação da SD.

Para a questão 1, é possível observar que a turma 3B teve um percentual maior de respostas satisfatórias (55,8%) após a aplicação da SD que a turma 3A. Entretanto, a turma 3A teve um percentual reduzido para as respostas insatisfatórias após a sequência, demonstrando uma melhoria nas respostas.

Na questão 2, ambas as turmas tiveram um percentual maior de respostas satisfatórias após a SD. A turma 3A não tinha apresentado resposta satisfatória antes da aplicação da SD para essa questão, sugerindo uma melhor compreensão dos conceitos abordados após a SD.

Foi observado na questão 3, que a turma 3B teve um percentual maior de respostas satisfatórias (44,1%) após a aplicação da SD, enquanto a turma 3A não apresentou mudança no percentual em relação ao antes e depois.

Para a questão 4, a turma 3B teve um percentual maior de respostas satisfatórias (44,1%) após a aplicação da SD que a turma 3A.

Conforme o gráfico relacionado à questão 5 (Figura 7), ambas as turmas tiveram um percentual maior de respostas satisfatórias após a aplicação da SD, com 64,7 % cada turma. Isso indica uma melhor compreensão dos conceitos abordados após a sequência.

Na questão 6, as duas turmas tiveram um alto percentual de respostas satisfatórias após a aplicação da sequência, com 73,5% para a turma 3A e 91,2% para a turma 3B, também sugerindo indícios de aprendizagem e melhor entendimento dos conceitos abordados após a SD.

O desempenho dos alunos ao responderem as questões depende também de outros fatores, tais como: atenção às aulas, interesse, motivação e até mesmo estado físico e emocional dos mesmos na data de aplicação dos questionários. Os PCNs [3] argumentam que, quando um conteúdo a ser ensinado é contextualizado e discorre sobre temas sociais relevantes do dia a dia do estudante, aliado a uma proposta didática que proporciona interação com os discentes sobre suas vivências e concepções reais, dinamiza os processos de construção do conhecimento com grande possibilidade de aprendizagem.

De forma bastante positiva, a SD promoveu informação aos estudantes sobre as ações do governo quanto aos programas de prevenção e diagnóstico do câncer de mama. Também abordou sobre a produção e as aplicações dos raios X nas diferentes áreas, como na medicina, na agricultura, na segurança etc.; e como estas radiações interagem com os tecidos, formando as imagens, seja em uma radiografia comum, seja em uma mamografia. É importante que os alunos possam compreender e saber analisar o quanto a tecnologia tem avançado e influenciado o comportamento humano e a importância dos diagnósticos com radiação que podem salvar vidas, sendo possível após o advento da descoberta dos raios X [20, 21].

4. CONCLUSÃO

O produto educacional proposto, constituído de Sequência Didática e Situação-Problema, mostrou-se ter um caráter inovador enquanto era aplicado em sala de aula e durante análise dos resultados obtidos, uma vez que confrontou algumas adversidades observadas quando se deseja ensinar Física, como a falta de conexão de fenômenos e conceitos físicos com o cotidiano dos alunos.

A utilização da SP como metodologia de ensino mostrou-se dinâmica e eficiente no ensino de vários conceitos sobre ondas eletromagnéticas e aplicações tecnológicas dos raios X, no sentido de que o aluno atuou como protagonista do conhecimento adquirido durante a aplicação da sequência. Além disso, a metodologia usada influenciou fortemente a relação aluno-aluno e aluno-professora, pois algumas atividades foram realizadas em grupos e os estudantes fizeram parte de um processo de ensino e aprendizagem diferenciado, no qual eles participaram mais efetivamente.

As respostas dadas pelos discentes para a SP proposta, apresentaram indícios de que eles buscaram utilizar as informações durante as atividades desenvolvidas e por meio dos materiais

disponibilizados pela docente. Cada grupo expôs de forma particular suas conclusões, apesar de todos terem acesso aos mesmos recursos.

Dessa forma, a estratégia adotada por meio da SP proporcionou diferentes possibilidades e elementos para mediar a aprendizagem de maneira construtiva e dialógica. Após os encontros finalizados, os alunos foram questionados se gostaram de participar da SD, utilizando a estratégia proposta, bem como a temática sobre o uso de radiações ionizantes no diagnóstico do câncer de mama. Pelas respostas observadas, percebeu-se que a metodologia foi bem aceita pelos estudantes, assim como o tema escolhido, por ser inovador e por estar presente no cotidiano deles.

Finalmente, o docente que desejar utilizar o produto educacional elaborado, pode realizar as adaptações necessárias de acordo com a realidade social e cultural de sua escola, além de poder escolher vídeos, simuladores, textos e recursos, tanto para desenvolver sua própria SP, quanto para a aplicação da SP sugerida. Dessa forma, a metodologia Situação-Problema é bem recomendada como proposta didático-pedagógica para a transposição de diversas temáticas associadas ao ensino de Física.

5. AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo auxílio financeiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Prestes M, Cappelletto E. Aprendizagem significativa no ensino de física das radiações: contribuições da educação ambiental. *Rev Eletrônica Mestr Educ Ambient (Online)*. 2008;20:180-94.
2. Soares AA, Moraes LE, Oliveira FG. Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos. *Cad Bras Ens Fis*. 2015;32(3):915-33. doi: 10.5007/2175-7941.2015v32n3p915
3. Brasil. Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais (PCN+): Ciências da natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília (DF): MEC; 2006.
4. Erthal JPC, Linhares MP. Proposta de ensino de tópicos sobre radiações eletromagnéticas para o Ensino Médio. *Cad Bras Ens Fis*. 2008;25(2):247-65. doi: 10.5007/2175-7941.2008v25n2p247
5. Sá JR, Anjos RMD, Cardoso RP, Muniz MC, Cid AS, Lacerda TC. Interação da física das radiações com o cotidiano: uma prática multidisciplinar para o ensino de física. *Rev Bras Ens Fis*. 2017;39(1):e1503. doi: 10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0119
6. Brugliato ET, Almeida MJPM. Leitura e mediação em aulas de física do ensino médio: um estudo sobre o experimento de Rutherford. *Experiências em Ensino de Ciências*. 2017;12(5):223-41.
7. Costa LG, Costa APA. O ensino de física das radiações na formação de auxiliares de enfermagem e atendentes de consultórios odontológicos: sondagem de concepções sobre os raios-x com enfoque na prevenção e tecnologia. *Ciênc Educ (Bauru)*. 2002;8(2):161-5. doi: 10.1590/S1516-73132002000200002
8. Simões JNE, Campos AF, Marcelino CJDAC. Abordando a isomeria em compostos orgânicos e inorgânicos: uma atividade fundamentada no uso de situações-problema na formação inicial de professores de química. *Investigações em Ensino de Ciências*. 2016;18(2):327-46.
9. Almouloud SA. Modelo de ensino/aprendizagem baseado em situações-problema: aspectos teóricos e metodológicos. *Rev Eletrônica de Educação Matemática*. 2016;11(2):109-41. doi: 10.5007/1981-1322.2016v11n2p109
10. Perrenoud P. Dez novas competências para ensinar. Porto Alegre (RS): Artmed Editora; 2000.
11. Meirieu P. Aprender ...sim, mas como? 7. ed. Porto Alegre (RS): Artmed Editora; 1998.
12. Perrenoud, P. Construir as competências desde a escola. Porto Alegre (RS): Artmed Editora; 1999.
13. Mendes JDS, Fonseca LMB, Ribeiro VB. O papel da world wide web na formação do físico médico: rumos e desafios do ensino de física médica por meio de uma etnografia de seu público discente no espaço eletrônico. *Sci Plena*. 2013;9(12):129901.
14. Okuno E. Radiação: efeitos, riscos e benefícios. São Paulo (SP): Oficina de Textos; 2018.
15. Okuno E, Yoshimura EM. Física das radiações. São Paulo (SP): Oficina de Textos; 2010.
16. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Câncer de mama é a 2ª principal causa de morte entre mulheres nas Américas; diagnóstico precoce e tratamento podem salvar vidas. Brasília (DF): OPAS/OMS Brasil [Internet]; c2022 [acesso em 15 mai 2022]. Disponível em:

https://www3.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5273:cancer-de-mama-e-a-2a-principal-caoa-de-morte-entre-mulheres-nas-americas-diagnostico-precoce-e-tratamento-podem-salvar-vidas&Itemid=839.

17. Lacerda CDC, Campos AF, Marcelino JR CA. Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema. *Química Nova na Escola*. 2012;4(2):75-82.
18. Gomes EC, Batista MC, Fusinato PA. O estudo das ondas eletromagnéticas a partir do enfoque CTS: uma possibilidade para o ensino de física no ensino médio. *REnCiMa*. 2017;8(1):109-25.
19. de Lucena EA, dos Reis RG, de Pinho AS, da Silva JWS, Alves AS, do Rio MAP, et al. Radiação ionizante, energia nuclear e proteção radiológica para a escola. *Braz J Rad Sci*. 2017;5(1):1-17. doi: 0.15392/bjrs.v5i1.215
20. Martins RA. Investigando o invisível: as pesquisas sobre raios X logo após a sua descoberta por Röntgen. *RBHC*. 1997;17:81-102.
21. Martins RA. A descoberta dos raios X: o primeiro comunicado de Röntgen. *Rev Bras Ens Fis*. 1998;20(4):373-91.