

SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NO ARCO DE MAGUEREZ A PARTIR DO DIAGNÓSTICO SOBRE O TEMA RADIOATIVIDADE

TEACHING SEQUENCE BASED ON THE MAGUEREZ ARC FROM RADIOACTIVITY DIAGNOSIS

Vanusa Pereira de Oliveira¹ - IFES
Fabielle Castelan Marques² - IFES
Tiago Destéffani Admiral³ - IFF

RESUMO

O ensino da radioatividade apresenta algumas barreiras na sua abordagem e na concepção do educando. Está relacionado com o fato de este conceito precisar de grande abstração, pois as transformações ocorrem a nível microscópico. O presente trabalho tem por objetivo sugerir uma proposta de sequência didática baseada nas etapas do arco de Magueréz a partir do diagnóstico obtido através de uma investigação realizada com professores das redes federal, estadual e privada. Utilizaremos como base o seriado Chernobyl para a problematização, levantando o questionamento: É possível medir a radioatividade? Para desenvolver as etapas sugerimos a construção de um contador *Geiger* a partir da plataforma Arduino. A proposta baseada na problematização permite proximidade com a realidade do estudante, desenvolvendo habilidades sociais, científicas e tecnológicas, tornando a aprendizagem significativa.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino da radioatividade; Metodologia da problematização; Arco de Magueréz; Arduino.

ABSTRACT

Radioactivity teaching presents some barriers in its approach and in the conception of the student. This may be related to the fact that this concept needs a great deal of abstraction, as the transformations occur at the microscopic level. The present work aims to suggest a didactic sequence proposal based on the steps of the Magueréz Arc from the diagnosis obtained through an investigation carried out with teachers from the Federal, State, and private schools. We will use as a base the series Chernobyl for problematization, raising the question: Is it possible to measure radioactivity? To develop the steps, we suggest building a Geiger counter from the Arduino platform. The proposal based on problematization is relevant to teaching since it allows a proximity to the student's reality, developing social, scientific, and technological skills, making learning meaningful.

KEYWORDS: Teaching Radioactivity; Methodology of problematization; Magueréz Arc; Arduino.

DOI: 10.21920/recei72020618711730

<http://dx.doi.org/10.21920/recei72020618711730>

¹Pós-graduada em Ensino de Ciências Naturais com Ênfase em Física e Química pelo IFES. E-mail: vanusapereira.oliveira@gmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6341-9165>.

²Doutor em Ciências Naturais pela UENF. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do ES e do programa de pós-graduação em Ensino de Ciências do IFES. E-mail: castelan@gmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5440-3417>.

³Doutor em Ciências Naturais pela UENF. Docente do IFRJ, Campus dos Goytacazes e do programa de pós-graduação em Ensino de Ciências do IFES. E-mail: tdesteffani@gmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5440-3417>.

INTRODUÇÃO

Atualmente vivemos em um mundo altamente tecnológico. Os alunos de hoje têm acesso a informações em tempo integral, às redes sociais, conseguem disseminar uma quantidade muito grande de informações que o envolve e o mantém conectado durante longas horas (DUTRA, 2019). Uma das consequências dessa realidade é que a sala de aula, antes reduto do saber, se tornou monótona e retrógrada; todavia tornou-se imprescindível alterar a dinâmica da aula, a forma de ensinar. A tecnologia é um meio de proporcionar essa mudança (MORAES; CARVALHO; NEVES, 2016).

O estudo da radioatividade envolve questões de grande relevância na sociedade, tais como energia, meio ambiente, acidentes nucleares, lixo atômico, medicina. Além disso, é fundamental para compreensão da estrutura do átomo (SILVA; CAMPOS; ALMEIDA, 2013). Apesar de a radioatividade estar presente em nosso cotidiano e constar na matriz curricular, trata-se de um assunto pouco abordado em sala de aula. Quando é exposta, muitas vezes, é de forma superficial ou equivocada (PINTO; MARQUES, 2010). Neste sentido, Silva e Moreira (2017) complementam que, por consequência de sua formação, o educador acaba por não receber o embasamento teórico necessário para a abordagem em sala de aula, em geral limitam seu conhecimento aos noticiários de televisão e internet. Além do mais, a literatura mostra que ainda são escassas as propostas de ensino para a sala de aula (SORPRESO; BABICHAK; ALMEIDA, 2010). Posto isto, Rocha e Farias (2020), relatam a necessidade de os docentes sondarem novos caminhos e novas metodologias de ensino que tenham por foco o protagonismo dos estudantes, favoreçam a motivação e promovam a autonomia dos educandos. A metodologia da problematização é uma modalidade ativa de ensino que tem como objetivo ensinar a partir da realidade, podendo a ser aplicada no ensino seguindo cinco momentos pedagógicos: observação da realidade e definição de um problema, pontos-chave, teorização, hipóteses de solução e aplicação à realidade (DUTRA, 2019; BERBEL, 2011).

Diante dessas perspectivas, o presente artigo tem por objetivo propor uma sequência didática tendo como tema gerador a radioatividade baseada nas etapas sugeridas pelo arco de Magueréz a partir do diagnóstico obtido através de uma pesquisa quantitativa realizada com professores de química das redes federal, estadual e privada de ensino.

RADIOATIVIDADE NO ENSINO DE QUÍMICA

Denomina-se radioatividade a propriedade que certos elementos possuem de emitir radiações eletromagnéticas (como os raios *gamma*) e partículas (como a *alfa* e a *beta*) de seus núcleos instáveis, com o objetivo de adquirir estabilidade. As emissões dessas radiações produzem outros núcleos, ou partículas, e uma grande quantidade de energia, em função da variação de massa do átomo (FONSECA, 2001). De maneira mais específica:

A transformação do núcleo atômico de determinado elemento químico em um núcleo atômico de outro elemento, em virtude da emissão espontânea de partículas nucleares, é conhecida como decaimento radioativo ou transmutação nuclear, a medida do tempo necessário para que a atividade de metade dos átomos de uma amostra radioativa sofra decaimento é chamada de meia-vida (RESQUETTI, 2013, p. 202).

Todavia, parte dos elementos naturais é radioativo, ou seja, tem tendência a expelir espontaneamente partículas nucleares, principalmente isótopos com relação prótons/nêutrons que não obedecem ao cinturão de estabilidade (ARAÚJO, 2017).

O ensino da radioatividade apresenta, ainda hoje, algumas barreiras na sua abordagem e na concepção do educando. Isto pode estar relacionado como o fato deste conceito precisar de grande abstração, pois as transformações ocorrem a nível microscópico, especificamente no núcleo do átomo (SILVA; MOREIRA, 2017). Na interpretação de Resquetti (2013), essa dificuldade pode estar relacionada a ineficácia da formação inicial dos professores, uma vez que, em sua pesquisa, foi detectado que 60% dos docentes afirmaram que conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) foram abordados superficialmente durante a sua graduação. Para os autores, a má formação acadêmica pode resultar na insegurança do professor em ministrar este conteúdo (SILVA JUNIOR et al. 2017). Entende-se que as lacunas deixadas na formação do professor dificultam a abordagem do tema em sala de aula, uma vez que o docente não tem ideia sobre o porquê de ensinar, o que ensinar e o modo de fazê-lo (RESQUETTI, 2013). Outro fator, seria a carência de materiais envolvendo esse tópico, levando em consideração, que o livro didático é uma das ferramentas mais utilizadas pelos professores e pelos alunos (ASSIS; BELLO, 2012). Muitas vezes, o conteúdo de radioatividade nos últimos capítulos do livro de química, pode remeter a ideia do conteúdo ser menos importante (TEKIN; NAKIBOGLU, 2006). Em um trabalho de Oliveira (2019), em que o autor faz uma análise do tema radioatividade nos livros didáticos de Química do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), 2015-2018, relata que:

Em sua maioria, estes apresentam a história da Radioatividade com um perfil de evolução linear e direta, seguindo uma cronologia de eventos sequenciados, que dão a entender que um evento se deu em função de outro que o antecederia. Algumas inadequações foram encontradas a exemplo de como os cientistas são apresentados, alguns são endeusados, vemos como um ponto negativo também a falta de reflexão e problematização apresentando, apenas, uma recontagem discreta de eventos (OLIVEIRA, 2019, p. 61).

O autor relata que muitos autores esquecem-se de demonstrar o contexto histórico no qual o cientista estava inserido: se era uma época de guerra, de conflitos regionais ou mundiais, quais as condições de vida, dentre outros fatores. Essa desconexão presente nos livros didáticos, faz com que os alunos não consigam correlacionar o assunto com seu cotidiano, ocasionando que o discente tenha concepções errôneas sobre a evolução da Ciência (DOMIGUINI; CLEMES e ALLAIN; 2012).

Silva, Campos e Almeida (2013), em suas pesquisas a respeito dos aspectos do ensino da radioatividade, relatam que:

A presença de poucos trabalhos sobre ensino de radioatividade no ensino superior, em particular, nos periódicos nacionais analisados, é preocupante, na medida em que a falta de pesquisa em como ensinar esse conteúdo, envolvendo os futuros professores. Pois, entende-se que os futuros professores, antes mesmo de ensinarem esse conteúdo, devem entrar em contato com diferentes possibilidades de abordar esse tema em sua formação inicial (SILVA, CAMPOS e ALMEIDA, 2013, p. 54-55).

No entanto, é indiscutível que o professor precisa estar preparado para lidar com estas nuances e, com isso, é importante que a sua formação seja contínua, para que possa conseguir interpretar as informações apresentadas e poder orientar os alunos no caminho mais sensato (OLIVEIRA, 2019).

Diante do exposto, podemos inferir o quanto essa problemática interfere diretamente na aprendizagem significativa do aluno, pois muitas vezes acaba refletindo no ensino do conteúdo, colocando-o apenas como um tópico em modelos atômicos (SILVA; MOREIRA, 2017). Além disso, contribui para que o aluno não dê a importância necessária ao tema, resultando que tenha ideias distorcidas, ou somente as associando num contexto maléfico sobre o tema. De acordo com Gutiérrez et al., (2000), os alunos identificam a energia nuclear relacionando-a com perigo e contaminação, provavelmente influenciados pela grande quantidade de informação que se recebe dos meios de comunicação. Em uma pesquisa realizada por Medeiros e Lobato (2010), 82% dos estudantes associava a terminologia ‘radiações’ predominantemente a malefícios ao homem ou ao meio ambiente. Logo, “eles desconheciam ou desconsideravam as especificidades e as suas aplicações benéficas, como a datação de objetos e o uso na medicina nuclear” (SILVA; MOREIRA, 2017, p. 5524). No mesmo sentido, Silva Júnior et al., (2017), constataram em suas pesquisas, sobre as concepções da radioatividade, por alunos do ensino médio:

Que muitos desconhecem o assunto, ou seja, nunca tiveram nenhum tipo de acesso a esse conteúdo, enquanto que outros afirmaram ter ouvido falar desse fenômeno na televisão, na internet, na escola, porém, mesmo já conhecendo os termos “radioatividade”, “radiações”, “material radioativo” por diversas fontes, os alunos não possuíam arcabouço teórico e científico para discutirem os conceitos e definições desses termos (SILVA JUNIOR, et al., 2017, p. 3987).

Gutiérrez et al. (2000) confirmam que é alta a porcentagem de alunos que afirmam desconhecer o tema de fissão nuclear oriundo da reação que se produz em uma bomba atômica, o que sugere pouca ou a ausência de discussão desses assuntos no ambiente escolar. Com base nessa realidade, podemos constatar que pouco da química nuclear é abordada em sala de aula, em particular, no ensino médio (TEKIN; NAKIBOGLU, 2006). Contudo, Araújo e Dickman (2013) apontam em seus estudos que 24% dos professores entrevistados deram uma resposta negativa ao fato sobre a abordagem dos tópicos radioatividade e radiações, tendo como uma justificativa o não domínio do conteúdo, admitindo ter dificuldades com o tema. Os demais afirmaram fazer uso desse tópico em suas aulas, não mencionando a metodologia utilizada. No mesmo sentido, Dutra (2019), em um diagnóstico obtido de uma entrevista realizada com professores regentes de química, nos fala que ainda há uma condução positivista, no sentido de transmissão de informação em aulas expositivas como única metodologia existente. Ainda é muito comum a influência do método tradicional de ensino, centrado no docente e na ‘transmissão’ de conteúdo, em que os estudantes mantêm uma postura passiva, apenas recebendo e memorizando as informações numa atitude de reprodução (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017).

METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO

As Metodologias Ativas (MA) de ensino e aprendizagem são métodos nos quais os alunos são estimulados a participarem de forma ativa do processo ensino-aprendizagem, embasadas no princípio teórico da autonomia. Baseiam-se em formas de desenvolver o processo de aprender,

utilizando experiências reais ou simuladas, visando às condições de solucionar, com sucesso, desafios advindos das atividades essenciais da prática social, em diferentes contextos (VIEIRA; PINTO, 2015; BERBEL, 2011). Além disso, ter o aluno como o centro do processo de ensino e aprendizagem, proporciona um ambiente do qual ele possa reconhecer e refletir sobre suas próprias ideias, desencadeando seu papel como protagonista do processo de aprendizagem (DIESEL, BALDEZ e MARTINS, 2017).

Cabe mencionar que uma abordagem pautada em metodologias ativas é algo particular de cada docente, lembrando que o planejamento e a organização de situações de aprendizagem deverão ser focados nas atividades dos estudantes, posto que é a aprendizagem destes o objetivo principal da ação educativa (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017). Em concordância, José Morán (2015) complementa que:

As metodologias precisam acompanhar os objetivos pretendidos. Se queremos que os alunos sejam proativos, precisamos adotar metodologias em que os alunos se envolvam em atividades cada vez mais complexas, em que tenham que tomar decisões e avaliar os resultados, com apoio de materiais relevantes. Se queremos que sejam criativos, eles precisam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa (MORÁN, 2015, p. 17).

Contudo, são muitas as possibilidades de metodologias ativas com potencial de levar os alunos a aprendizagens para a autonomia. Alguns exemplos a serem inseridos seguindo essa perspectiva são: Aprendizagem Baseada em Projetos (*ProblemBased Learning - PBL*), estudo de casos, sala de aula invertida (*flippedclassroom*), instrução pelos pares ou colegas (*peerinstruction*), Aprendizagem Baseada na Problematização (*Project Based Learning - PBL*) e Metodologia da Problematização (MP) (BERBEL, 2011). A MP utiliza o esquema, conhecido como arco de Magueréz. O método é baseado na problematização elaborado por Charles Magueréz no ano de 1960. Desde então, sofreu algumas adaptações até como se apresenta hoje (figura 1). Sua estrutura inicia-se perante a realidade e percorre etapas que envolvem observação, identificação de problemas, reflexão, teorização, hipótese de solução e aplicação prática à realidade (MONTEIRO; MARCELINO, 2018).

Figura 1 - Etapas do método do arco de Magueréz



Fonte: MONTEIRO; MARCELINO, 2018 apud BERBEL, 2012.

Todavia, essa metodologia também possibilita a utilização de diversos recursos como: tecnologia, *games*, aplicativos, regras e estratégias, entre outros, podendo proporcionar a maior quantidade de competências e habilidades desenvolvidas (DUTRA, 2019). Uma problemática que envolve a abordagem baseada em MA é a adequação do problema de acordo com o currículo que está sendo trabalhado e com o nível de conhecimento dos alunos (VALENTE, 2014). Posto isso, Valente (2014) defende que essas dificuldades têm sido superadas à medida que as tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) estão sendo utilizadas na educação e passam a fazer parte das atividades de sala de aula. Essa integração da tecnologia em sala de aula é conhecida como ensino híbrido (*Blendedlearning*), que é um modelo de educação formal que mescla o ensino *on-line* com o presencial, promovendo inovações que podem ser disruptivas, por promover maior acessibilidade a produtos e serviços, ou sustentadas, por incrementar os processos já existentes de ensino (CORTEZ; OLIVEIRA, 2019).

A utilização de metodologias ativas com enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) é um fator de grande contribuição para o ensino aprendizagem em ciências, desde que uma abordagem CTS esteja ligada a necessidade da sociedade contemporânea de que o cidadão nela inserido seja científica e tecnologicamente alfabetizado (SILVA, 2009). Esta abordagem permite ao professor trabalhar um conteúdo por diferentes perspectivas, fazendo com que alunos com diferentes habilidades possam contribuir de modo significativo na construção de saberes (CORTEZ, 2014). Neste sentido, a Educação 4.0 surgiu a fim de inserir tecnologia nas escolas com intuito de suprir a demanda exigida pela indústria 4.0 (FÜHR, 2019). As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) foi a grande proporcionadora dessa ampla integração mundial com a utilização de inteligência artificial, robótica, telecomunicações, dentre outros pilares que se tornaram presentes em diversas áreas, especialmente na educação (JESUS, 2019). Moro *et al.*, (2019) afirmam que esses sistemas tecnológicos servem de apoio ao ensino, podendo ser utilizados para colaborar com as MA, proporcionando aulas mais dinâmicas e atrativas. Complementam ainda que essa parceria é bastante significativa e proporciona a formação de um aluno crítico, reflexivo perante as tomadas de decisões na sociedade.

Nesse contexto, acreditamos na funcionalidade da tecnologia como recurso didático aliado a metodologias ativas, ocasionando diversos benefícios ao ensino tornando as aulas mais dinâmicas e atrativas, facilitando o processo de aprendizagem. Importa mencionar que o uso da tecnologia não substitui o papel do professor, mas é fundamental que os mesmos saibam conduzir a utilização dessas novas mídias e *softwares* para atender as necessidades da geração de 'nativos tecnológicos'.

METODOLOGIA

A pesquisa de cunho quantitativo foi realizada com professores regentes da área de química das redes federal, estadual e privada, através de um formulário elaborado na plataforma *Google Forms* e aplicado via *WhatsApp* e *e-mail*. O questionário é composto por 16 (dezesesseis) perguntas fechadas e 1 (uma) pergunta aberta (questão 8). Para sua construção nos baseamos nas obras de Melo (2011), Resquetti (2013), Araújo e Dickman (2013) e Oliveira (2016), que abordam o tema radioatividade no ensino de química para o ensino médio, assim como suas problemáticas e possibilidades de aplicação. As questões foram elaboradas a fim de extrair dados consistentes na perspectiva do professor em relação a importância remetida ao tema, dificuldades de abordagem e metodologias para inserção, como também o impacto da formação inicial do

professor sobre a abordagem dessa temática. As perguntas foram: Você concorda que é importante introduzir conteúdos de radioatividade na disciplina de química no ensino médio? Você já abordou o tema em sala de aula? Você já participou de algum curso presencial de formação continuada que abordasse tópicos de energia nuclear e radioatividade?

Com os dados do diagnóstico, foi apresentada uma proposta interdisciplinar de sequência didática a partir da metodologia da problematização baseado nas etapas do método do arco de Magueréz. O material proposto poderá ser destinado a turmas de química do 1º ano do ensino médio. A realização das atividades poderá ser desenvolvida em um período de 8 (oito) aulas de 50 (cinquenta) minutos das quais sugerimos o uso dos seguintes recursos: *Internet*, reportagens, celular, mapas conceituais, episódios do seriado *Chernobyl*⁴ e o *Google classroom* (sala de aula do *Google*) para compartilhamento de atividade e dos registros obtidos durante a pesquisa. Além desses recursos, será sugerida a construção de um kit didático experimental contendo um contador *Geiger-Müller* a partir da plataforma Arduino que pode ser considerado uma multiplataforma *open source*, baseada em uma placa com simples entrada e saída, que podem ser controladas por meio de uma linguagem de programação C/C++ (MOURÃO, 2018). O projeto de construção do protótipo será sugerido baseando-se em Pereira (2014). A avaliação ocorrerá de forma contínua durante toda a proposta, analisando o envolvimento por parte dos alunos através da observação constante pelo professor e através de um diário de bordo e mapas conceituais.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Levantamento de demandas com os professores

O questionário foi respondido por 70 (setenta) professores de química do ensino médio no período de 02 de abril a 24 de junho de 2020. Teve participação de 32 (trinta e dois) (45,7%) professores da rede estadual de ensino, seguida de 23 (vinte e três) (32,9%) professores da rede federal, 2 (dois) (2,9%) atuantes somente em escola privada e 13 (treze) participantes que lecionam em rede estadual e privada. Constatamos a participação majoritária de professores que atuam a mais de 10 anos no ensino com, 54,3% das respostas, seguindo de 24,3% que lecionam entre 0 e 5 anos e 21,4% entre 5 e 10 anos.

De acordo com os dados, podemos observar que a maioria dos professores pesquisados procurou a qualificação após a graduação. 40% dos professores possuem titulação de pós-graduação *lato sensu* e leciona em rede estadual ou privada de ensino. A quantidade de professores com doutorado e mestrado se igualaram com 21,4%, sendo que sua maioria leciona em rede federal e um pequeno número com titulação de mestrado lecionam em escola estadual ou privada. Já o tipo de graduação, predominou a licenciatura com 81,4%, seguindo de 10% bacharelado e 1,4% tecnólogo. Quanto a formação inicial do professor, teve um destaque de 85,7% do curso de química, 7,1% de biologia e 1,4% de física, além de professores com formação em engenharia metalúrgica, agronomia, biomedicina e farmácia. Com esses dados chama-se a atenção para a questão da distorção entre o curso inicial do professor *versus* disciplina lecionada, em que, na pesquisa realizada, 7% não possuem a sua graduação em química e somente um professor nessa situação efetuou uma complementação pedagógica, o que nos mostra a

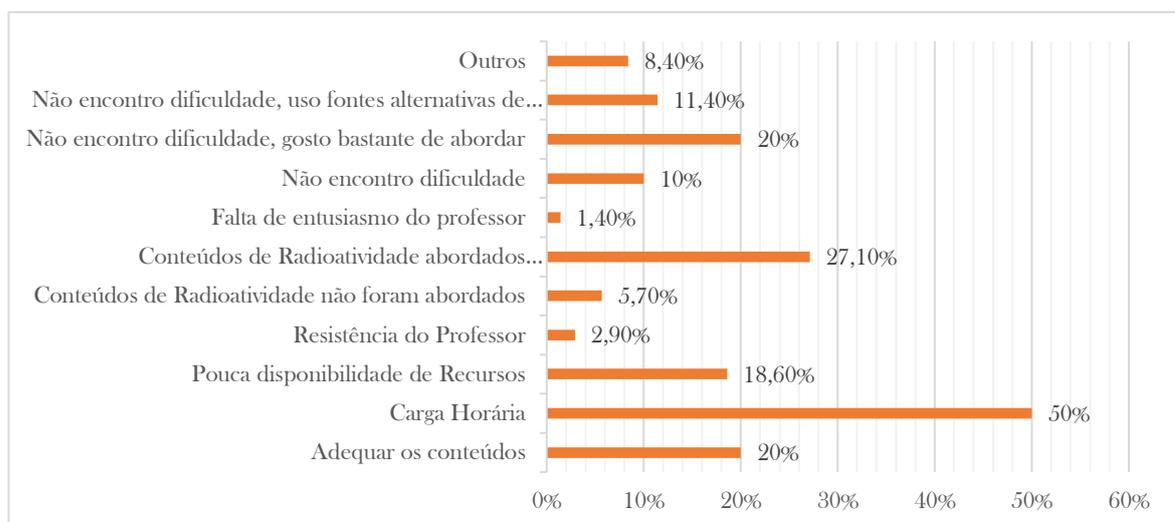
⁴ Seriado produzido pela HBO. Disponível na plataforma de Streaming Netflix.

necessidade do professor se especializar frente as metodologias e teorias da educação para alcançar um melhor resultado na educação.

De acordo com a pesquisa, 91,4% dos professores respondentes não participaram de nenhum curso presencial de formação continuada em que abordasse tópicos de energia nuclear e radioatividade, o que corrobora com os resultados de Oliveira (2019), quando relata a importância de a formação do professor ser contínua para lidar com as mudanças repentinas que estão ocorrendo na educação. Ainda mais, que a temática radioatividade é vista como um tema de difícil abstração, o que se faz necessário uma melhor preparação para ensiná-la.

Sobre os obstáculos que cercam essa temática, como mostrado na figura 2, a maioria dos professores admitiu dificuldade em abordar o tema energia nuclear e radioatividade.

Figura 2 - Dificuldades apontadas pelos professores na abordagem do tema radioatividade



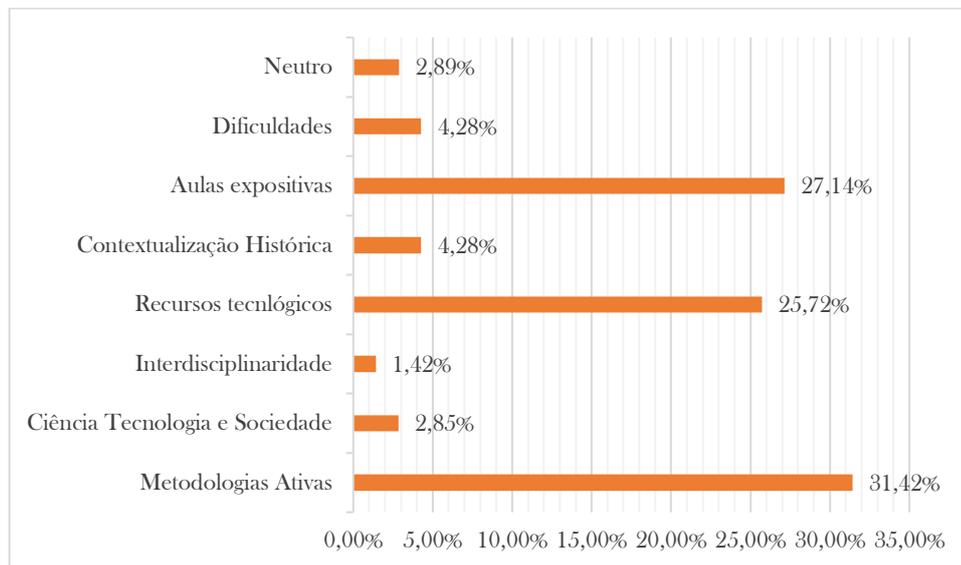
Fonte: Elaborada pelos autores

Como justificativa, 50% dos professores apontaram a insuficiência da carga horária para abordagem do tema. Outro fator citado foi que conteúdos de energia nuclear e radiatividade foram abordados de forma superficial durante a graduação, o que colabora para um sentimento de insegurança por parte do professor em ministrar conteúdos de radioatividade em sala de aula, em concordância com Silva Júnior *et al.* (2017). Alguns professores também relataram a dificuldade de adequar os conteúdos de radioatividade para o ensino médio e a pouca disponibilidade de recursos. Porém, os professores participantes concordam que é importante introduzir esses tópicos de energia nuclear e radioatividade no ensino de química.

Ao perguntar ao professor: Você já abordou o tema radioatividade em sala de aula? 78,6% dos professores, mesmo admitindo dificuldades, disseram que sim. 34,3% disseram que já abordaram ocasionalmente alguns conceitos. 30% disseram que sempre abordam alguns conceitos e aplicações e 14,3% disseram, simplesmente, “eu ensino o tema”. Vale ressaltar que a forma como é feita a abordagem é de extrema importância na aprendizagem do aluno, para que ele não construa ideias distorcidas a respeito do tema. Em contrapartida, 21,4% dos professores que não abordaram o tema, assinalaram como justificativas a presença de obstáculos para a abordagem do assunto ou que não consideram radioatividade importante. A figura 3 mostra os

resultados quando considerado a possibilidade de aplicação do tema radioatividade, destacando a sua concepção de qual forma de abordagem deveria prevalecer, qual metodologia utilizar.

Figura 3 - Sugestões de abordagem e metodologia do tema radioatividade de acordo com os professores respondentes



Fonte: Elaborada pelos autores

Foi constatado que 31,42% dos professores participantes da pesquisa sugeriram metodologias ativas para abordagem do tema, em que se destacam a problematização, ensino investigativo, aula expositiva dialogada, valorizando o conhecimento prévio do aluno, debates e ensino híbrido aliado a recursos tecnológicos e aspectos históricos, como apresentado no quadro 1.

Quadro 1: Respostas dos professores participantes da pesquisa

P46: “Com relação ao conteúdo de radioatividade, os alunos podem primeiramente serem inseridos em uma situação problema...”

P44: “Seria interessante, através de uma expositiva dialogada... Propondo uma pesquisa e posterior debate com o professor sendo mediador”.

P60: “Aulas expositivo-dialogadas e seminário, focando em aspectos históricos”.

Alguns professores também sugeriram aulas com recursos tecnológicos (25,72%), como vídeos e documentários, porém não especificam qual metodologia iriam usar. Podemos considerar que, muitas vezes, o professor faz usos dessas tecnologias, mas não há um

planejamento prévio. No entanto, 27,14% dos professores sugeriram como alternativa metodologias com um caráter ainda tradicional na perspectiva expositiva, não valorizando o protagonismo do aluno, como está explicitado abaixo no quadro 2.

Quadro 2: Respostas dos professores participantes da pesquisa

P51: “Quadro negro e *PowerPoint*”.

P11: “Utilizaria *PowerPoint*”.

P28: “Sim. O livro que a escola adota traz o tema. Mas dou uma pincelada e falo o essencial”.

Nesta etapa do questionário alguns professores relataram questões sobre como abordar o tema, evidenciadas a seguir no quadro 3.

Quadro 3: Respostas dos professores participantes da pesquisa

P28: “Ressalto que infelizmente a carga horária é inferior que a quantidade de conteúdo a ser abordado. Às vezes não dá para chegar ao tema”.

P49: “Em geral, não abordo o tema pois nunca consigo chegar até ele. O currículo é muito extenso. Acredito que várias abordagens são possíveis desde o ensino tradicional até o enfoque CTS”.

P32: “Sinceramente não saberia explicar pelo fato de ter pouco conhecimento sobre. Primeiro teria que estudar a fundo o tópico para poder fazer o que se pede”.

P6: “Infelizmente tenho pouco recurso, dessa maneira apresento o tema em *slides* e com exercícios”.

Os resultados da nossa pesquisa mostram que a maioria não realizou e não realiza nenhum curso de formação continuada que aborde o tema, sendo ainda escassas as propostas metodológicas para a radioatividade (SORPRESO; BABICHAK; ALMEIDA, 2010). Contudo, vale ressaltar duas questões respondidas das quais classificamos como neutro: as sugestões da aula ocorreriam a partir da experimentação e no laboratório de química como apresentadas a seguir no quadro 4.

Quadro 4: Respostas dos professores participantes da pesquisa

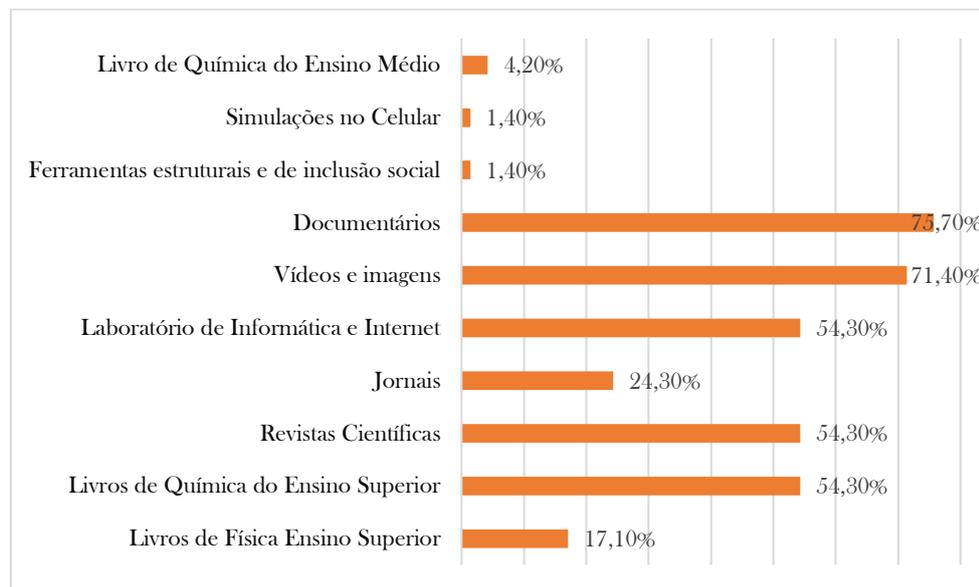
P16: “Exemplos e experimentos”.

P62: “Aulas contextualizadas, se possível, realizadas no laboratório de Química”.

Não ficou claro quais propostas que os professores quiseram sugerir com experimentação envolvendo o tema. Podemos avaliar também que os professores podem ter respondido a essa questão de forma generalizada e equivocada, considerando que a Química é uma ciência experimental. Quanto ao perfil desses dois professores do quadro 4, ambos marcaram as opções admitindo possuir dificuldades em abordar o tema, como adequar ao ensino médio, a falta de recursos e que o tema foi abordado superficialmente durante sua graduação. Quanto a sua formação, um apresenta mestrado, nunca abordou o tema e leciona no contexto privado. Já o outro possui especialização e atua na rede privada e estadual.

A figura 4 apresenta as sugestões de recursos que os professores respondentes destacaram como essenciais para a preparação do professor frente a esse tema.

Figura 4 - Recursos sugeridos para preparação do professor sobre o tema radioatividade



Fonte: Elaborado pelos autores

A radioatividade possui potencial de inserção em todas as séries do ensino médio. Portanto, como já esperado, os professores apresentaram possíveis abordagens em diversas séries do ensino médio e também no 9º ano e outros do ensino fundamental. Quanto a quantidade de aula, houve variações, sendo que o número de aulas é organizado de acordo com o planejamento do professor. Quanto as percepções dos professores em relação a abordagens que envolvam as perspectivas História e Filosofia da Ciência (HFC) e Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), 77,1% consideram importante o ensino com enfoque segundo essas ideias. No entanto, 10% diz que alguns alunos possuem apatia a disciplina, sendo a abordagem de tais ideias insuficientes para motivá-los. 5,7% acreditam que não necessariamente. Outros 4,3% consideram importante,

mas devido a carga horária e domínio de classe faz com que eles sigam direto ao assunto. 2,9% dos professores relatam o desconhecimento de uma abordagem baseada em HFC e CTS. Mas 97,1% dos professores estão sujeitos e passíveis a novas metodologias, admitindo que tais elementos contribuem positivamente para a aprendizagem. Somente 2,8% dos professores alegaram que não gostariam de novas metodologias, pois não consideram o tema importante ou só simplesmente não gostariam.

Os dados obtidos através do questionário foram fundamentais para compreender o contexto do qual o professor está inserido e suas concepções frente ao tema radioatividade, considerando a relevância de aplicação do tema no ensino médio e também os obstáculos para sua inserção, o que contribui para a elaboração da proposta de uma sequência didática para o tema, considerando as necessidades observadas no diagnóstico.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A escolha da radioatividade como tema gerador ocorreu devido a sua importância para os avanços científicos e tecnológicos ao longo da história da sociedade e por se fazer presente no cotidiano dos estudantes. De acordo com Brasil (2018), o tema radioatividade deve ser abordado com intuito de tornar o aluno capaz de:

Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica, avaliando os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis (BRASIL, 2018, p. 541).

A fim de alcançar as habilidades trazidas pela BNCC, elaborou-se uma proposta de ensino baseado nas etapas do arco de Magueréz.

1ª ETAPA - Observação da realidade concreta (1 aula)

A proposta dessa etapa se dá por uma análise da realidade sobre a radioatividade a partir do seriado *Chernobyl*, inserindo a seguinte questão: É possível medir a radioatividade? Para realização dessa dinâmica propomos a exibição do episódio número 1 no intervalo de (8min 05seg à 21min 50seg). Será disponibilizado o link da cena no *Classroom* para que os alunos assistam anteriormente a aula presencial, aplicando assim a metodologia ativa de sala de aula invertida, a fim de otimizar o tempo em sala de aula para discussões.

O episódio escolhido mostra o momento da explosão de um dos reatores da usina nuclear de *Chernobyl* em 1986 (Figura 5), um dos maiores desastres já ocorridos na história da produção de energia nuclear. A utilização do seriado como ferramenta didática proporcionará aos estudantes o desenvolvimento de um olhar crítico diante das situações propostas. Neste momento, os alunos se organizarão em pequenos grupos no exterior da sala de aula, ao ar livre, e através da observação realizada do seriado irão problematizar dificuldades, falhas, contradições, discrepâncias e conflitos registrando-os sistematicamente num diário de bordo. O professor,

nesta etapa, tem o papel de estimular os alunos perante a discussão, auxiliando na formulação dos problemas que subsidiarão as etapas seguintes.

Figura 5 - Imagem da cena da série *Chernobyl* no momento da explosão do reator nuclear



Fonte: HBO (2019)

Diante da utilização de vídeos, Silva (2011) e Viana e Batista (2015) defendem que recursos áudio visuais no ensino proporcionam aulas mais dinâmicas e atrativas que despertam o interesse do aluno, aproximando a sala de aula do cotidiano do estudante, contribuindo para uma aprendizagem significativa.

2ª ETAPA - Determinação de pontos-chaves (1 aula)

Nesta etapa, os estudantes deverão refletir sobre a origem do problema, identificando a suas múltiplas gêneses e sua complexidade, questionando sua aplicação social e os possíveis determinantes que afetam o contexto no qual o problema ocorre e que não são evidenciados. Numa análise mais criteriosa do problema buscam alternativas para sua solução. O professor deve orientar os estudantes na produção de uma nova síntese e seleção dos pontos mais relevantes (pontos-chave) que serão estudados na próxima etapa por meio de conhecimentos teóricos para compreender o problema com maior profundidade.

Na sala de aula, será proposto aos estudantes que se organizem em pequenos grupos composto por 4 alunos e reflitam sobre o problema registrado na etapa anterior e efetuem uma pesquisa exploratória de 20 minutos através de seus *smartphones*, buscando por reportagens ou curiosidades de fatores relacionados ao problema identificado para reforçar suas ideias. Possíveis tópicos para a pesquisa: radiação natural x radiação artificial, aplicabilidade da radioatividade, níveis de radiação, efeitos biológicos e ao meio ambiente. Após a pesquisa será proposto um grande círculo para discussão dos pontos importantes (pontos-chave) identificados pelos alunos.

3ª ETAPA - Teorização (3 aulas)

Os estudantes se organizam para buscar conhecimentos e informações sobre o problema em variadas fontes (pesquisa bibliográfica, leitura, entrevistas, consultas a especialistas). As informações são tratadas, organizadas e analisadas. Discute-se sua validade e pertinência para a resolução do problema, verificando se as hipóteses foram confirmadas. O registro dessa etapa e das conclusões dela extraídas é necessário para o desenvolvimento da etapa seguinte.

Diante da proposta de teorização do arco de Maguerz utilizaremos o 2º episódio de *Chernobyl* (entre os tempos de 14min e 34seg a 31min e 30seg). O contexto abordado na série proporcionará espaços para trabalhar em parceria com o professor de história, possibilitando abordagens sobre a guerra fria, a queda do muro de Berlim e o fim da União Soviética (URSS). Neste momento, o aluno será levado a ter um olhar crítico sobre o seriado, pois as informações ali apresentadas podem estar, em algum momento, em desacordo com a realidade da ciência.

Sugere-se um tempo de 30 minutos para orientar os estudantes na produção de um mapa conceitual. Sua confecção poderá colaborar de forma positiva para a construção das concepções dos estudantes, auxiliando-os no planejamento dos estudos e resoluções de problemas, utilizando as palavras-chave identificadas na etapa anterior como base para a teia de ideias. Além disso, permitirá a realização de uma conexão com os conceitos identificados no episódio do seriado e, através de pesquisas, será possível associar a conceitos como: origem dessa radiação, a estabilidade do núcleo atômico, tipos de radiação, radiação ionizante, radioisótopos, efeitos da radioatividade no corpo humano e no meio ambiente, medição da radiação ionizante. Nesta etapa o professor é fundamental no sentido de conduzir os alunos na construção do conhecimento (MONTEIRO; MARCELINO, 2018).

4ª ETAPA - Hipóteses de solução (1 aula)

A partir do estudo realizado, são buscados os elementos para a elaboração de possíveis soluções, de forma criativa e crítica. O que precisa e pode ser feito para que o problema seja solucionado? As hipóteses são construídas após o estudo, como consequência da compreensão da realidade, investigando o problema de todos os ângulos possíveis.

Diante desta etapa acreditamos que os alunos tenderão a levantar questões como: O que precisa ser feito para realização das medidas da radiação? Qual a origem delas? O aluno deverá apresentar soluções para essas hipóteses de acordo com o que foi abordado nas etapas anteriores. Para tal feito, sugerimos através do *Classroom* que os alunos realizem uma pesquisa (internet, reportagens, documentários) sobre os níveis de intensidade de radiação e seus efeitos biológicos como também formas de detectar a radiação. Sugerimos uma atividade interdisciplinar com o professor de Biologia, utilizando um trecho do episódio 3 da série Chernobyl (13 min a 15min e 45seg e, mais à frente, em 21 min e 59 seg a 25 min e 31 seg). Esta interação com outras áreas nos proporcionará arcabouço para discutir sobre as doenças causadas pela exposição ao excesso de radiação e danos ao meio ambiente. Ainda será possível realizar comparações do nível de radiação aceitável para seres humanos. A aula ocorrerá em formato expositivo dialogada fazendo abordagens pausadamente ao seriado.

5ª ETAPA - Aplicação prática à realidade (2 aulas)

Esta etapa apresenta caráter prático, retornando ao ponto de partida que é a realidade social. Ao adotar esta trajetória, os estudantes devem tomar decisões e executá-las, indo além do exercício intelectual, pois assumiram compromisso com a transformação do seu meio, mesmo que em pequena dimensão.

Baseado nesta última etapa do arco de Magueréz será proposto uma experimentação da medição da radiação natural presente nas redondezas da escola. Será sugerido aos alunos que tragam algo como alimentos, rochas, ou objetos que eles acreditem que há a irradiação para o meio. Através da utilização de um medidor será possível, por exemplo, mostrar a dependência com a distância à fonte nas leituras de radiação ao afastarmos gradualmente o medidor da fonte radioativa, observar o efeito de blindagem da radiação através do uso de variados absorvedores, especificando o poder de penetração de cada partícula envolvida. A partir dessas medidas, o professor poderá orientar a organização dos dados em tabelas e gráficos, utilizando o software *Excel (Microsoft)*. Desta maneira, outras habilidades poderão ser exploradas a partir da temática.

Sugerimos a realização de um trabalho de pesquisa sobre o funcionamento e origem do contador *Geiger*. Para isso, será proposto aos alunos que pesquisem em bases da *internet*, utilizando celulares ou computadores da escola, sobre a evolução dos medidores de radiação, assim como custos e disponibilidades de acesso. Tendo em vista o elevado custo (em torno de R\$ 3.000,00) de um medidor *Geiger-Müller* comercial - o que torna praticamente inviável sua utilização em grandes quantidades em salas de aula nas escolas públicas brasileiras -, a utilização da plataforma *OpenSource* Arduino torna acessível essa prática nas escolas sendo um projeto bem mais barato (em torno de R\$ 300,00), servindo para medir satisfatoriamente a radiação em algumas situações (PEREIRA, 2014).

Para a produção do contador *Geiger-Müller* a partir de uma placa de Arduino, nos baseamos no trabalho de Pereira (2014), do qual se espelhou em um projeto da empresa Japonesa *Libelium*, com o objetivo de contribuir com as autoridades na medição dos níveis de radiação sem afetar a vida dos trabalhadores após o desastre de *Fukushima*. Esta curiosidade é importante que seja discutida junto aos alunos durante essa etapa, pois esses fatos contribuirão para um maior interesse com o assunto, além de interligar a fatos acontecidos, proporcionando uma aprendizagem eficaz.

Assim, a medição ocorrerá através da utilização do contador *Geiger-Müller* construído com materiais de baixo custo e desenvolvido a partir da plataforma Arduino. A construção do equipamento sugerido aqui foi realizada (somente para efeitos de teste) por alunos orientados pelos autores desse trabalho e os resultados apresentados durante uma feira de ciências, conforme a figura 6.

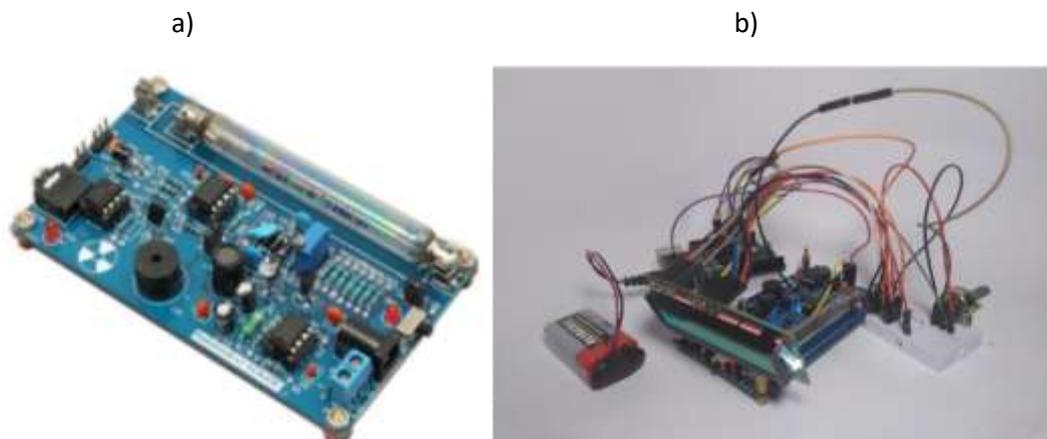
Fig. 6 - Exposição do medidor de radioatividade construído para uma feira de ciências



Fonte: Os autores (2019)

Os detalhes da construção, baseada no trabalho de Pereira (2014), e parte do equipamento estão mostrados na Figura 6, e a programação e definição das variáveis estão descritas no quadro 6. O equipamento poderá mensurar e comparar a diferença de radiação ionizante presente no cotidiano em comparação ao nível aceitável aos seres humanos. O dispositivo alternativo possui a mesma funcionalidade de um contador *Geiger-Müller* convencional (que possui preço e custo mais elevados) de forma mais barata, inovadora e didática. O módulo medidor de radiação (*DIY Geiger Counter*), contendo o tubo *Geiger* (figura 7a) poderá ser adquirido pela *internet* (*ebay* ou *Aliexpress*) a um custo em torno de U\$ 28,00. A placa de aquisição de dados Arduino Uno, custa aproximadamente U\$ 10,00. Além desses dispositivos, foram utilizados um display de LCD, bateria 9V, resistor de 220 Ω e potenciômetro de 10 k Ω .

Figura 7 - Kit didático do contador *Geiger* a partir da plataforma Arduino. No detalhe (a) é o circuito contendo o tubo *Geiger-Müller* e em (b) é apresentado o *kit* completo



Fonte: Os autores (2019)

As medidas são expressas em CPM (contagem por minuto). Sugere-se também, como consolidação de conceitos e resolução do problema inicial, discutir a natureza e o poder de penetração das partículas, apresentando o alumínio, o cobre e o chumbo como absorvedores.

Para a prática de construção do contador *Geiger*, sugerimos a colaboração espontânea de um grupo de alunos interessados a realizar o projeto, que poderá ocorrer em um turno contrário às aulas convencionais no laboratório de informática. O tempo para a montagem do equipamento poderá ocorrer durante uma semana, o que contribuirá positivamente para a construção do conhecimento tecnológico do aluno. A inserção da programação no ensino é de extrema importância, desde que proporcione habilidades como o desenvolvimento pessoal do estudante, senso de equipe, aprendendo a respeitar diferentes ideias de um mesmo grupo, desenvolvimento do raciocínio lógico, pesquisa científica, criatividade e autonomia, contribui para aulas mais dinâmicas e prepara os alunos para o futuro proporcionando o contato com a tecnologia de forma produtiva (MEDEIROS; WUNSCH, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do diagnóstico com os professores, pode-se constatar que o ensino/aprendizagem da radioatividade ainda passa por limitações, com relatos de dificuldades em abordar o tema, devido as lacunas deixadas durante sua formação. Como sugestão de proposta de sequência didática, a metodologia baseada na problematização pode se mostrar bastante eficaz em alcançar a aprendizagem significativa, conforme já relatada por vários autores, pois proporciona uma prática contextualizada e vinculada ao cotidiano do educando. Logo, para cada etapa do arco é possível desenvolver diversas ações que devem ser associadas a saberes específicos, tendo o potencial de induzir o pensamento reflexivo, social e político do estudante, estimulando o raciocínio e o desenvolvimento de habilidades intelectuais.

A proposta de experimentação com construção do contador *Geiger*, elaborada para aplicação na última etapa do arco, é um recurso acessível e viável de ser adquirido devido ao seu baixo custo, tornando a prática possível de inserção pelos professores.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Marcella Campos de; DICKMAN, Adriana Gomes. Energia nuclear e radioatividade: Como estes tópicos são abordados pelos professores no ensino médio. In: **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - IX ENPEC**, 2013, Águas de Lindóia: Formação de professores de Ciências, 2013, p. 1-8.

ARAÚJO, Morganna Mascarenhas. **Análise do tema radioatividade em livros didáticos utilizados em escolas públicas do município de São Bernardo - MA**. 2017. 46 f. Monografia (Graduação em Química) Universidade Federal do Maranhão, São Bernardo.

ASSIS, Aluiz Magno Alves Dímpino; BELLO, Maria Elvira do Rego Bello. O conteúdo “modelos atômicos” em livros didáticos do ensino médio de diferentes PNLEM. In: **XVI Encontro nacional de ensino de química (XVI ENEQ) e X Encontro de educação química da Bahia (X Eduqui)**, 2012, Salvador: Divisão de ensino de química da sociedade brasileira de química (ED/SBQ), Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia (IQ/UFBA).

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes**. Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n 1, p. 25-40, jan./jun. 2011.

BRASIL, Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Base nacional comum curricular: Educação é a base. Brasília, 2018.

CORTEZ, Jucelino. **O Legado de Madame Curie - Uma abordagem CTS para o Ensino da Radioatividade**. 2014. 66 f. Dissertação. (Mestrado) Instituto de Física - UFRGS, Porto Alegre.

CORTEZ, Jucelino; OLIVEIRA, Rafaela Pessato. **As proposições da abordagem ciência-tecnologia-sociedade para o estudo da radioatividade no modelo de ensino híbrido**. Redin: Revista educacional interdisciplinar, v.8, n. 1, p. 1-11, 2019.

DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. **Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica**. Lajeado: Univates. V 14, Nº 1, p. 268-288, 2017.

DOMINGUINI, Fábio; CLEMES, Glenda; ALLAIN, Oliver. Análise do tema radioatividade nos livros didáticos do PNLDEM à luz da teoria da aprendizagem significativa e dos pressupostos C,T&S. In: 1º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul, n. 1, 2012, Santa Catarina: Rev. Técnico Científica (IFSC), 2012, p. 455-465.

DUTRA, Arlete Alves. **O ensino de modelos atômicos por meio de metodologias ativas.** 2019. 149 f. Dissertação. (Mestrado) Universidade de Brasília, Brasília.

FONSECA, M. R. M. da. **Completamente Química – Físico-Química.** São Paulo: FTD, 2001.

FÜHR, R. C. **Educação 4.0: nos impactos da quarta revolução.** 1. Ed. Paraná: APPRIS, 2019.

GUTIÉRREZ, Elena Ester; CAPUANO, Vicente Capuano; PERROTTA, María Teresa; FUENTE, Ana María de La; FOLLARI, Beatriz Del Rosario. **Qué piensan los jóvenes sobre radiactividad, estructura atómica y energía nuclear?** Enseñanza de las ciencias, v. 18 n. 2, p.247-254, 2000.

JESUS, Joanielson Souza. **Educação 4.0: uma proposta de aprendizagem para o futuro.** In: Anais do Congresso Internacional de Educação e Geotecnologias (CINTERGEO). Secretaria de Educação do Estado da Bahia – SEC e Centro Educacional Império do Saber – CEIS, 2019, p. 76-80.

MEDEIROS, Miguel de Araújo; LOBATO, Anderson César. **Contextualizando a abordagem de radiações no ensino de química.** Rev. Ensaio. Belo Horizonte. v.12. n.03, p.65-84, set-dez 2010.

MEDEIROS, Luciana Frontino de Medeiros; WÜNSCH, Luana Priscila. **Ensino de programação em robótica com Arduino para alunos do ensino fundamental: relato de experiência.** Espaço Pedagógico. Passo Fundo. v. 26, n. 2, p. 456-480, 2019.

MELO, Lígia da Silva Almeida. **Física Moderna e Contemporânea: uma proposta do uso de seminários no ensino médio em busca de uma aprendizagem significativa da construção atômica da matéria.** 2011. 77 f. Dissertação. (Mestrado) Universidade de Brasília, Brasília.

MONTEIRO, Mariana Magalhães; MARCELINO, Valéria de Souza. **O uso da metodologia da problematização com o arco de Magueres para o ensino de química,** Revista de Educação, Ciências e Matemática v.8 n. 3, 2018.

MORAES, Luiza Dumont de Miranda; CARVALHO, Regina Simplício; NEVES, Álvaro José M. O peerinstruction como proposta de metodologia ativa no ensino de química. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 2, n. 3, p. 107-131, 26 out. 2016.

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção mídias contemporâneas convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens,** PG: Foca Foto-UEPG/PROEX. Ponta Grossa, v. 2, 2015.

MORO, Francieli Freitas et al. **Utilização de ferramentas tecnológicas para incentivar meninas nas áreas de stem: um plano de ensino com estratégias de metodologia ativa.** Redin: Revista Educacional Interdisciplinar, v. 8, n. 1, p. 1-14, nov. 2019.

MOURÃO, O. **Arduino e ensino de física: automação de práticas experimentais.** 1^a ed. Tianguá: Clube dos autores, 2018.

OLIVEIRA, Jaqueline da Silva. **Proposta de um novo programa de Atomística para o ensino médio, com a inserção de conceitos de Química Quântica.** 2016. 144 f. Monografia (Graduação) Universidade Federal do Rio de Janeiro, centro de ciências matemáticas e da natureza, instituto de química, Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, Ubiratan Leal. **Abordagem da radioatividade nos livros didáticos de química do PNL D 2015-2018.** 2019. 66 f. Dissertação. (Mestrado) Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

PEREIRA, Alexandre Marcelo. **A física das radiações em sala de aula: do projeto à prática.** 2014. 94 f. Dissertação. (Mestrado) Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ / IF, Rio de Janeiro.

PINTO, Giovana Teixeira; MARQUES, Deividi Marcio. **Uma proposta didática na utilização da história da ciência para a primeira série do ensino médio: A radioatividade e o cotidiano.** História da ciência e ensino: construindo interfaces. [S.l.], V 1, p. 27-57, 2010.

RESQUETTI, Silvia Oliveira. **Uma sequência didática para o ensino da radioatividade no nível médio, com enfoque na história e filosofia da ciência e no movimento CTS.** 2013. 281 f. Tese. (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

ROCHA, Carlos José Trindade; FARIAS, Sidilene Aquino. **Metodologias ativas de aprendizagem possíveis ao ensino de ciências e matemática.** Cuiabá: Revista REAMEC. v. 8, n. 2, p. 69-87, maio-agosto, 2020.

SILVA, Ana Maria. **O vídeo como recurso didático no ensino de matemática.** 2011. 198 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) Universidade Federal de Goiânia, Goiânia.

SILVA, Flávia Cristiane Vieira da; CAMPOS, Angela Fernandes; ALMEIDA, Maria Angela Vasconcelos de. **Alguns aspectos do ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionais.** Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, [S.l.], v. 10, n. 19, p. 46-61, dez. 2013.

SILVA, Jade Conceição; MOREIRA, Bárbara Cristina Tavares. **Quark up e quark down: aplicação de um material didático interativo para o estudo de equações de emissões radioativas.** In: X congresso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, Sevilla: Enseñanza de las ciencias, 5-8 set. 2017, p. 5523-5527.

SILVA JUNIOR, Ademir de Jesus et al. Concepções alternativas de alunos do ensino médio sobre radioatividade. In: X congresso internacional sobre investigação em didática de las ciências, Sevilla: Enseñanza de las ciências, 5-8 set. 2017, p. 3985- 3989.

SILVA, Luciana da Cruz Machado. **A radioatividade como tema em uma perspectiva ciência-tecnologia-sociedade com foco em história e filosofia da ciência.** 2009. 234 f. Dissertação. (Mestrado) Universidade de Brasília, Brasília.

SORPRESO, Thirza Pavan; BABICHAK, César Cavanha; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Condições de produção iniciais de estudantes de licenciatura sobre a física moderna e contemporânea. In: **Encontro de pesquisa em ensino de física**, 2010, Águas de Lindoia. Atas, 2010, p. 1-12.

TEKIN, Berna Bulbul; NAKIBOGLU, Canan. **Identifying student's misconceptions about nuclear chemistry. A study of Turkish high school students.** Journal of Chemical Education, v. 83, n. 11 p. 1712, nov. 2006.

VALENTE, Jorge Amado. **Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida.** Educar em Revista, Curitiba, n. 4, p. 79-97, 2014.

VIANA, Edivan da Silva; BATISTA, Cristina Freitas Silva. **Ensino de radioatividade: utilização de vídeos como ferramentas pedagógicas.** Vértices, Campos dos Goytacazes, v.17, n.2, p. 103-127, 2015.

VIEIRA, Marta Neves Campanelli Marçal; PINTO, Maria Paula Panúncio. **A Metodologia da Problematização (MP) como estratégia de integração ensino-serviço em cursos de graduação na área da saúde.** Portal de revistas da USP, Ribeirão Preto, v. 48, n. 3, p. 241-248, 2015.

Submetido em: junho de 2020

Aprovado em: outubro de 2020