

RadioATIVIDADE: uma Oficina Pedagógica com simuladores e um problema eficaz para o Ensino Médio

Felipe Shibukawa¹, Helena da Rosa Galeski², Vinícius Fernando de Lima³, Everton Bedin⁴

¹Licenciado em Química pela Universidade Federal do Paraná

Mestrando em Educação em Ciências e em Matemática pela Universidade Federal do Paraná (UFPR/Brasil)

²Licencianda em Química pela Universidade Federal do Paraná

Mestranda em Educação em Ciências e em Matemática pela Universidade Federal do Paraná (UFPR/Brasil)

³Licenciado em Física pela Universidade Federal do Paraná

Mestrando em Educação em Ciências e em Matemática pela Universidade Federal do Paraná (UFPR/Brasil)

⁴Doutor em Educação em Ciências: química da vida e saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Professor da Universidade Federal do Paraná (UFPR/Brasil)



RadioACTIVITY: a High School Educational Workshop with simulators and an effective problem

A B S T R A C T

Radioactivity - although part of the Brazilian high school curriculum for being considered essential to understanding chemical and physical concepts - is still underexplored in Science Education, which reinforces a negative perception of the topic among the general public. To raise students' awareness, a pedagogical intervention was proposed, guided by Zabala's framework and the TPACK model, combining technology and active learning methodologies with a main focus on Nuclear Energy. The aim was to analyze students' conceptions of the topic, explore the use of simulators, and investigate the potential of using an Effective Problem. Data were collected from a logbook, the Effective Problem, two word clouds, and a structured questionnaire, and analyzed through the Interpretive-Constructive Method, Content Analysis, and Frequency Analysis, within a qualitative-quantitative, descriptive-exploratory, and applied approach. The word clouds revealed a reduction in negative perceptions of radioactivity after the intervention; the Effective Problem fostered cooperative knowledge construction among most students; and the questionnaire indicated a reasonable TPACK, developed through the simulators, alongside the consolidation of Zabala's content in students. Therefore, the workshop proved capable not only of raising participants' awareness but also of promoting the understanding of Conceptual, Procedural, and Attitudinal content on radioactivity, as well as integrating students' Content, Pedagogical, and Technological Knowledge.

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Radioatividade; Simuladores no Ensino de Ciências; Problema Eficaz.

Key words:

Radioactivity; Simulators in Science Education; Effective Problem.

E-mail: felipeshibukawa@ufpr.br



INTRODUÇÃO

O ensino da temática de Radioatividade para o Ensino Médio tem sido, historicamente, abordado como conteúdo de Física Moderna e Contemporânea. Desde a explicitação deste tema como parte das Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, conhecidas como PCN+ (BRASIL, 2002), até sua atualização mais recente, como

parte da Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2018), há uma relação intrínseca deste tópico com o Ensino de Física.

Dito isto, ambas as normativas destacam a natureza interdisciplinar do assunto, como, por exemplo, os efeitos da radiação ionizante no meio ambiente (BRASIL, 2002) ou as potencialidades e os riscos de sua aplicação na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica (BRASIL, 2018). Sendo assim, muitas redes de ensino consideram este conteúdo como sendo parte tanto do Ensino de Física quanto de Química (SILVA, 2019). Embora a Química Nuclear seja um tópico essencial para a compreensão da natureza da matéria, ela é pouco abordada no Ensino Médio. Usualmente, ela é considerada irrelevante para os estudantes e é escondida nos últimos capítulos do livro didático (SILVA; CAMPOS; ALMEIDA, 2013), ou, ainda, nem está apresentada numa seção dedicada e não tem um enfoque próprio (PRATES, 2021).

Como os professores em formação inicial tendem a não ver estes conteúdos na graduação, há poucas discussões sobre como trabalhar com a temática, inclusive na literatura do Ensino de Ciências (SILVA; CAMPOS; ALMEIDA, 2013). Geralmente, os estudos sobre o tema se limitam a historicizar a descoberta da radioatividade, sem a proposição de aplicações em sala de aula (Prates, 2021). Com isso, há o predomínio de uma concepção negativa acerca do tópico na população em geral, por estar associado a problemas de saúde e a acidentes nucleares (PRATES, 2021). Reforçado pela mídia, este senso comum demanda um esforço educativo para desmistificá-lo, em especial, na educação formal, pois entende-se que é função do ensino contribuir para o desenvolvimento de criticidade nos estudantes (ARAÚJO et al., 2018).

Uma possibilidade de abordagem é por meio do uso de simuladores, dado que a realização de experimentos que envolvem radioatividade seria inviável ou tecnicamente impossível para turmas de Ensino Médio. Estes *softwares* podem trazer benefícios para a visualização dos conteúdos mais abstratos desta temática, além de serem interativos e terem aspectos lúdicos (PRATES, 2021). Ademais, pode-se aliar o emprego de tecnologias com uma metodologia ativa. Ao se tornar protagonista nas relações de ensino e aprendizagem, o estudante pode utilizar recursos que o estimulem a construir conhecimentos por conta própria ou em conjunto com outros colegas, o que incentiva a reflexão; o professor atua como mediador do processo e deve orientar os sujeitos a não somente buscar informações por meio da tecnologia, mas também analisá-la de modo crítico (PRATES, 2021).

Sendo assim, é importante que o professor estimule a tomada de decisão por parte dos estudantes, o que vai ao encontro de uma aprendizagem para a cidadania (FREIRE, 2019). A metodologia do Problema Eficaz se propõe a articular a autonomia estudantil e o desenvolvimento de conceitos, habilidades e a tomada de decisões, o que reforça o protagonismo do estudante nos processos de ensino e de aprendizagem, característica de uma metodologia ativa (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020).

Para isto, propôs-se uma intervenção pedagógica para sensibilizar os estudantes sobre a importância e os riscos da Radioatividade, com foco principal na Energia Nuclear. Assim, este estudo objetiva i) analisar as percepções de discentes do Ensino Médio acerca do tema Radioatividade; ii) explorar a utilização de simuladores como alternativa a experimentos para o tópico; e, iii) investigar as potencialidades do uso de um Problema Eficaz, como forma de dar protagonismo ao estudante, no ensino e na aprendizagem da temática. À guisa de curiosidade, questiona-se: Como o uso de

simuladores e de um Problema Eficaz pode contribuir para a aprendizagem e a percepção crítica sobre a Radioatividade no Ensino Médio?

APORTES TEÓRICOS

O tema Radioatividade, embora considerado controverso, desperta interesse nos estudantes do Ensino Médio, que se mostram ávidos por informações sobre o assunto. Ao tomarem contato com aspectos positivos do tópico, para além dos acidentes nucleares amplamente divulgados na mídia e da aplicação de fórmulas a partir dos livros didáticos, abre-se espaço para a tomada de posição e a criticidade (AQUINO; CHIARO, 2013).

Assim, esta visão simplista e majoritariamente negativa sobre a temática tende a ser motivada por medo e desconhecimento dos conteúdos científicos, amplificada por uma cobertura sensacionalista da imprensa, que a trata como sinônimo de "coisa ruim" (KELECOM; GOUVEA, 2002). A sobreposição desta percepção negativa e a limitação em relação aos conceitos relacionados à Radioatividade podem prejudicar a participação na sociedade e o exercício da cidadania (LOPES et al., 2024).



Para promover a superação dessas concepções equivocadas acerca da temática, as principais tipologias de conhecimento concebidas por Zabala (1998) fornecem um norte. A partir dos conteúdos: i) conceituais, relacionados a construção de conceitos, por vezes abstratos nas Ciências; ii) procedimentais, com a execução de ações em diferentes contextos e a reflexão sobre a prática; e, iii) atitudinais, que provocam a tomada de consciência e mudanças de valores, tem-se a proposição de um olhar holístico sobre o tema.

No Ensino de Ciências, práticas que não podem ser realizadas no laboratório da escola podem ser feitas por meio de simuladores. Estes recursos tecnológicos auxiliam o professor nos processos de ensino e aprendizagem, pois potencializam a visualização em tempo real de conceitos complexos e instigam a elaboração de questionamentos por parte dos estudantes sobre os conteúdos (SOARES; MORAES; OLIVEIRA, 2015).

Dito isto, é importante destacar que estes *softwares* atuam apenas como apoio educacional, haja vista que, de modo geral, apesar de interativos, eles não são autoexplicativos e, portanto, demandam uma mediação por parte do docente (PRATES, 2021). Existe um vasto repertório de simuladores disponíveis, dentre os quais se destacam os do PhET, da Universidade do Colorado. Para além do desenvolvimento, estes pesquisadores também realizam estudos sobre as formas de utilização destas simulações no Ensino de Ciências e de Matemática (SOARES; MORAES; OLIVEIRA, 2015).

Por serem um tipo de tecnologia cuja finalidade é pedagógica, há a possibilidade da articulação desses conhecimentos pelo framework Conhecimento Tecnológico Pedagógico de Conteúdo (em inglês, *Technological Pedagogical Content Knowledge*; TPACK). Neste modelo, as relações entre conceitos científicos, recursos didáticos e tecnologia devem não só promover a compreensão dos conteúdos, mas também oportunizar a construção de competências, a partir de uma reflexão sobre a prática (SHIBUKAWA; NASCIMENTO; BEDIN, 2024).

De modo a efetivamente aliar estes três aspectos, não basta apenas entender uma tecnologia e usá-la em sala de aula; é preciso que o professor defina objetivos e elabore uma proposta que subsidie os estudantes a interpretar o mundo em que vivem e possibilitar a cidadania

plena (SILVA; SIQUEIRA; BEDIN, 2021). Desta forma, o TPACK se constitui como um conhecimento flexível, integrado e resultante da interação destes pressupostos metodológicos com a experiência docente (NAKASHIMA; PICONEZ, 2016).

Conforme analisam Siqueira e Bedin (2024), a consolidação do TPACK ocorre quando o professor é capaz de transpor o conhecimento teórico sobre as bases do modelo para a prática pedagógica, materializando-o em planejamentos e intervenções didáticas contextualizadas, o que reforça o caráter aplicado do framework adotado neste estudo. Esse caráter integrador e autorreflexivo do modelo também é enfatizado por Bedin (2025), ao destacar que o desenvolvimento do TPACK depende da metacognição docente e da capacidade de autorregulação das práticas pedagógicas, articulando intencionalidade e criticidade nos processos formativos.

O TPACK, originalmente proposto por Mishra e Koehler (2006), apresenta 7 bases de conhecimento, que se inter-relacionam, se complementam e se constituem consoante à Figura 1: i) Conhecimento Pedagógico - PK; ii) Conhecimento de Conteúdo - CK; iii) Conhecimento Tecnológico - TK; iv) Conhecimento Tecnológico Pedagógico - TPK; v) Conhecimento Pedagógico de Conteúdo - PCK; vi) Conhecimento Tecnológico de Conteúdo - TCK; e, por fim, vii) o TPACK. Neste trabalho, não foi utilizado o TK isoladamente, pois a proposta visa articular a tecnologia com conceitos científicos e de forma didática, indo além de uma mera instrução tecnológica (NASCIMENTO; GASPARINI; BEDIN, 2024).

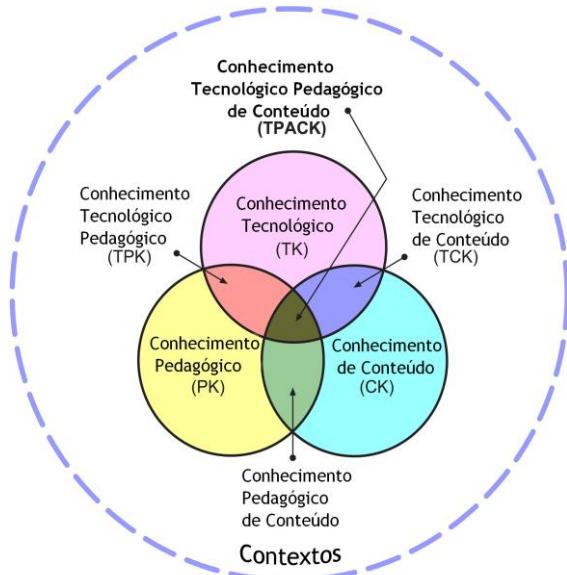


Figura 1 – O modelo TPACK.
Fonte: adaptado de Mishra e Koehler (2006).

O PK concentra estratégias de motivação dos estudantes e a avaliação de habilidades desenvolvidas, dentre outros; o CK está relacionado, neste caso, com conceitos químicos, físicos, matemáticos e de engenharia sobre a temática; o TPK analisa o uso de uma tecnologia em específico, aqui, os simuladores, no ensino e na aprendizagem; o PCK é uma habilidade de entender como o conteúdo se organiza e pode ser compreendido; o TCK se propõe a relacionar a tecnologia e os conhecimentos específicos; e, por fim, o TPACK emerge de atividades num tópico específico oportunizadas pela tecnologia (NAKASHIMA; PICONEZ, 2016).

Para que a tecnologia impacte na fundamentação do conhecimento científico dos estudantes, eles precisam ser protagonistas no processo de construção de conceitos e estarem engajados no assunto abordado (SILVA; SIQUEIRA; BEDIN, 2021). Nesse sentido, Bedin e Cleophas (2022) destacam que a apropriação efetiva do TPACK requer o domínio equilibrado da tríade entre conhecimento científico, pedagógico e tecnológico, condição essencial para que o ensino de química supere práticas meramente transmissivas e se torne um espaço de reflexão crítica e interdisciplinar.

As metodologias ativas vão ao encontro desse propósito, pois nelas os sujeitos devem desenvolver autonomia, pensamento crítico e uma visão problematizadora de sua realidade, a partir da aprendizagem (CUNHA et al., 2024). Neste estudo, adotou-se a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) como a metodologia ativa principal. A ABP utiliza-se da investigação para instigar a cooperação entre os estudantes, o que permite a consolidação de conhecimentos tanto de forma individual quanto coletiva, para além de promover uma aprendizagem contextualizada e motivada, pois a base de todo o processo é a interação (SOUZA; DOURADO, 2015).

Apesar de ter certos pressupostos, a ABP não possui um modelo único, rígido e pré-estabelecido, o que permite a sua adaptação às necessidades do contexto educacional do professor e dos estudantes (SOUZA; DOURADO, 2015). Ademais, conforme o nível de complexidade do problema, os sujeitos podem fazer uso de diferentes tecnologias, ambientes, pesquisas e dados, sem ter uma única resposta correta (CHECHI; CLEOPHAS, 2019). Dentre as possibilidades que a ABP proporciona, decidiu-se nesta pesquisa pela utilização de um Problema Eficaz (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020), uma vez que se pretendia a tomada de decisão a partir da compreensão de um problema contextualizado, com reflexão crítica, que motivasse os estudantes a pensar em soluções e argumentar criticamente.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa, de natureza aplicada, com objetivo descritivo-exploratório e abordagem quali-quantitativa (BRUCHÊZ et al., 2018), decorre de uma intervenção pedagógica (DAMIANI et al., 2013), realizada com 16 estudantes do 2º ano do Ensino Médio Técnico em Petróleo e Gás de uma instituição federal em Curitiba, Paraná, no componente curricular de Química. A escolha de um grupo reduzido justifica-se pela natureza exploratória e pela possibilidade de acompanhamento detalhado do processo formativo, característica das pesquisas qualitativas com abordagem interpretativo-construtiva (GONZÁLEZ-REY, 2005).

A Oficina Pedagógica, realizada no primeiro semestre do ano de 2025, aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Paraná (UFPR), sob o CAAE 84735324.1.0000.0214, e número de parecer 7.290.749, foi planejada em duas etapas, feitas de modo subsequente: a primeira consistiu em uma aula expositivo-dialogada com a temática Radioatividade, e a segunda, na resolução de um Problema Eficaz (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020) sobre o tema.

A atividade foi guiada pelos conteúdos de Zabala (1998) e pelas bases de conhecimento do modelo TPACK (NAKASHIMA; PICONEZ, 2016). As explicações do professor na aula, aliada ao uso



dos simuladores - foram utilizados os de decaimento beta¹ do trítio para hélio-3 e de fissão nuclear² do urânio-235 do PhET Colorado -, se classificam como conceituais; a montagem das nuvens de palavras e a resolução do Problema Eficaz são de cunho procedural; já a tomada de decisão para responder o problema é atitudinal.

Os dados foram constituídos a partir do uso de i) um diário de bordo, com registros ao longo de toda a intervenção; ii) um Problema Eficaz (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020); iii) duas nuvens de palavras, uma ao início e outra ao final da intervenção; e, iv) um questionário estruturado online, aplicado no fim da Oficina. A análise dos itens i) e ii) foi norteada pelos fundamentos de subjetividade propostos no método interpretativo-construtivo de González-Rey (2005), enquanto para os itens iii) e iv) utilizou-se a Análise de Conteúdo (BOGDAN; BIKLEN, 1994) de modo qualitativo e a análise de frequência (GOMES, 1985) de maneira quantitativa.

De forma objetiva, o primeiro objetivo foi atendido pela análise das nuvens de palavras; o segundo, pelo diário de bordo e pelas assertivas do questionário; e o terceiro, pelas respostas ao Problema Eficaz e pelas assertivas também no questionário. Todas as porcentagens listadas neste trabalho foram arredondadas; adicionalmente, excertos das falas e das escritas dos sujeitos são apresentados para corroborar a argumentação. Isto é, os resultados quantitativos da Escala Likert corroboram as tendências qualitativas observadas no diário de bordo e nas falas dos estudantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consoante ao currículo da instituição, os conteúdos de Radioatividade são vistos ao final do 2º semestre do 2º ano do Ensino Médio, na disciplina de Química. A pedido do professor regente da turma, esta Oficina Pedagógica serviu como uma introdução aos conceitos básicos da temática, para um posterior aprofundamento teórico em suas aulas. Sendo assim, optou-se por um enfoque na contextualização do tema, a partir do tópico Energia Nuclear. Quanto ao perfil dos participantes desta intervenção, o Quadro 1 apresenta, além do gênero e da idade, a área de conhecimento preferida.

Quadro 1 – Perfil discente

Estudante	Grupo	Idade	Gênero	Área de conhecimento preferida ³
Cúrio	G1	16	Feminino	Ciências da Natureza
Berquélio		15	Feminino	Ciências da Natureza
Einstênio	G2	16	Masculino	Ciências Humanas
Férmino		15	Masculino	Ciências da Natureza
Mendelévio	G3	15	Masculino	Matemática
Nobélio		16	Masculino	Ciências da Natureza
Laurêncio		16	Masculino	Ciências da Natureza
Rutherfordo	G4	16	Masculino	Matemática
Seaborgio		15	Masculino	Ciências da Natureza
Bóhrio	G5	16	Masculino	Ciências da Natureza

¹ Disponível em <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/nuclear-physics/latest/nuclear-physics.html?simulation=beta-decay>.

² Disponível em <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/nuclear-physics/latest/nuclear-physics.html?simulation=nuclear-fission>.

³ De acordo com os critérios estabelecidos pela BNCC (BRASIL, 2018), tem-se i) Linguagens e suas Tecnologias; ii) Matemática e suas Tecnologias; iii) Ciências da Natureza e suas Tecnologias; iv) Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Não houve respostas para o item i).

Meitnério		16	Feminino	Ciências da Natureza
Roentgênio	G6	15	Masculino	Ciências da Natureza
Copernício		16	Masculino	Ciências da Natureza
Fleróvio		15	Masculino	Ciências da Natureza
Livermório	G7	16	Não-binário	Ciências da Natureza
Oganessônio		15	Masculino	Ciências da Natureza

Fonte: Dados da pesquisa.

Os 16 estudantes, para fins de preservação dos dados pessoais, foram identificados por elementos químicos radioativos, conforme o Quadro 1. Nesta amostra, as idades de 15 ($n = 7 | 44\%$) e 16 ($n = 9 | 56\%$) anos estão em quantidades similares; há predominância do gênero masculino ($n = 12 | 75\%$) em relação ao feminino ($n = 3 | 18\%$) e às pessoas não-binárias ($n = 1 | 6\%$); bem como majoritariamente se tem mais afinidade pelas Ciências da Natureza ($n = 13 | 82\%$) do que pela Matemática ($n = 2 | 12\%$) ou pelas Ciências Humanas ($n = 1 | 6\%$). A organização em grupos se deu em virtude da aplicação do Problema Eficaz.

A aula expositivo-dialogada, primeira etapa da intervenção, iniciou com a montagem de uma nuvem de palavras por parte dos estudantes, a fim de tomar contato com os conhecimentos prévios deles. A partir da pergunta "Quais palavras vêm em sua mente ao ouvir falar de radioatividade?", foi solicitado que cada participante da Oficina listasse três respostas. Totalizaram-se 48 palavras, dispostas conforme a Figura 2.



Figura 2 – Nuvem de palavras com as concepções prévias dos estudantes acerca da temática.

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base na Análise de Conteúdo (BOGDAN; BIKLEN, 1994), foram criadas 5 categorias *a posteriori*: em vermelho, as palavras que refletem uma visão negativa sobre a Radioatividade ($n = 16 | 33\%$), como "bomba" ($n = 9 | 19\%$), referente aos bombardeios atômicos nas cidades japonesas Hiroshima e Nagasaki ao final da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), únicas instâncias - até o momento - do uso de armamentos nucleares. Nesta categoria, também se encontram termos como "tóxico" ($n = 5 | 10\%$), "contaminação" ($n = 1 | 2\%$) e "câncer" ($n = 1 | 2\%$).

Em azul, foram mencionados acidentes radiológicos ou casos do uso intencional da radiação como arma ($n = 11 | 23\%$) que aconteceram nas últimas décadas, como "Chernobyl" ($n = 4 | 8\%$) - o maior ocorrido na história, no ano de 1986 - e "Goiás" ($n = 2 | 4\%$), o único caso brasileiro, que aconteceu na capital do estado, Goiânia, em 1987. Ainda, houve a evocação das cidades de Hiroshima ($n = 4 | 9\%$) e Nagasaki ($n = 1 | 2\%$), também relacionadas à categoria supracitada.



Em laranja, estão termos relacionados à Física ou à Engenharia Nucleares ($n = 10 | 21\%$), como "energia" ($n = 4 | 9\%$), "usina" ($n = 2 | 4\%$), "ondulatória" ($n = 2 | 4\%$) e "raio-X" ($n = 2 | 4\%$). Em roxo, estão palavras relacionadas à Química Nuclear ($n = 9 | 19\%$), a exemplo de "Marie Curie" ($n = 4 | 9\%$), bem como os elementos radioativos "rádio" ($n = 2 | 4\%$), "radônio" ($n = 1 | 2\%$), "urânio" ($n = 1 | 2\%$) e "césio" ($n = 1 | 2\%$).

Por último, em rosa, estão erros conceituais ($n = 2 | 4\%$), como a de que "ácidos" ($n = 1 | 2\%$) estariam ligados à radioatividade, ou "micro-ondas" ($n = 1 | 2\%$), um tipo de radiação não-ionizante. Este último caso é uma concepção errônea recorrente, inclusive em estudantes de Ensino Superior e de Pós-Graduação, por desconhecerem as tecnologias envolvidas no funcionamento de um forno micro-ondas (KELECOM; GOUVEA, 2002).

Após a montagem da nuvem de palavras, houve uma breve discussão e reflexão acerca das respostas. Em especial, os estudantes comentaram sobre a trajetória de Marie Curie, dos acidentes de Chernobyl e de Goiânia. Ao serem questionados sobre os elementos químicos listados, relacionaram corretamente o césio ao episódio em Goiás, o urânio ao uso em usinas nucleares e o rádio à sua descoberta por Marie Curie, mas não forneceram uma motivação para a inserção do radônio. Outrossim, embora mencionado, não conheciam a história da descoberta do Raio-X, nem sobre Wilhelm Roentgen; logo, uma rápida explanação foi fornecida.

De forma específica, é possível perceber que as percepções dos estudantes sobre a Radioatividade são predominantemente negativas e fortemente influenciadas por eventos históricos traumáticos e pelo imaginário social construído em torno de riscos e catástrofes. Isso é evidenciado pela predominância de termos como "bomba", "tóxico", "contaminação" e "câncer", além das referências a acidentes nucleares como Chernobyl e o caso de Goiânia. Essas categorias indicam que os estudantes associam a Radioatividade, em grande parte, a destruição, doença e perigo, refletindo uma compreensão parcial e alarmista do tema.

No entanto, também é possível identificar indícios de conhecimento técnico-científico, com menções à Física e à Química Nuclear, como "energia", "usina", "raio-X", "Marie Curie" e elementos radioativos. Esses dados sugerem que, apesar do predomínio de percepções negativas, há espaço para a ampliação e ressignificação do entendimento dos estudantes por meio de abordagens didáticas que contextualizem historicamente o tema, esclareçam suas aplicações benéficas e problematizem seus riscos reais. A presença de poucos erros conceituais aponta ainda para uma base de conhecimento que pode ser mobilizada e expandida com intencionalidade pedagógica.

Sendo assim, na sequência, foram apresentadas manchetes de notícias para exemplificar a cobertura jornalística de assuntos relacionados à radioatividade, como a de que a banana seria uma fruta radioativa. Muitos consideraram o tom alarmante do título uma forma de *clickbait*⁴, o que indica um certo grau de alfabetização científica da parte dos estudantes frente à mídia (LOPES et al., 2024); em seguida, foi explicado que existem alimentos que naturalmente possuem isótopos radioativos, porém estas doses de radiação não trazem risco à vida.

Ainda com base na visão da imprensa sobre a temática, continuou-se para a temática de Energia Nuclear, utilizando-se do caso Fukushima como contexto. Notadamente ausente da lista de



⁴ Termo proveniente do inglês para indicar um texto, uma imagem ou um vídeo considerado sensacionalista que atrai a atenção do leitor, utilizado no jargão jornalístico e no marketing (VIEIRA, 2023).

acidentes radiológicos trazidos na nuvem de palavras inicial - apesar de ser o de maior impacto recente, em 2011 - os estudantes relataram não conhecer o ocorrido nem terem ouvido sobre na mídia, sob a justificativa de serem muito jovens à época.

Desta forma, ao tomarem contato com este acontecimento pela primeira vez, demonstraram surpresa ao lerem a notícia de que o Japão começou a liberar tritio nas águas do Oceano Pacífico como parte da mitigação dos níveis de radiação ionizante na região do acidente. Após ser indagado acerca do tritio e como torná-lo menos radioativo, o aplicador forneceu a explicação por meio do simulador de decaimento beta do tritio para hélio-3.

Para encerrar a primeira etapa da intervenção, uma última notícia, sobre a possível retomada da construção de Angra III⁵, aliada ao uso do simulador de fissão nuclear, foi o pretexto para levantar uma discussão sobre o uso de energia nuclear no Brasil. Isto prosseguiu na segunda metade da Oficina, com a aplicação de um Problema Eficaz, ilustrado na Figura 3, que desafiou os estudantes a refletirem sobre a instalação de uma usina na Região Metropolitana de Curitiba como parte de um esforço de descarbonização da matriz energética nacional.

O Brasil tem a 8^a maior reserva de urânio do mundo, mas apenas cerca de 1% da eletricidade nacional provém das usinas nucleares de Angra I e II. Em contrapartida, o petróleo compõe 35% da matriz energética brasileira; se somados os quase 10% de gás natural e os 4% de carvão mineral, temos praticamente metade de nossa energia proveniente de combustíveis fósseis. Dada a necessidade de uma diversificação das fontes energéticas, além da preocupação em relação ao impacto ambiental, muitos veem a energia nuclear como uma alternativa, pois ela não emite gases de efeito estufa na atmosfera e, consequentemente, possui baixa pegada de carbono. Todavia, pelo alto custo de implementação e o risco inerente de acidentes radiológicos, não há planos de expansão do complexo nuclear brasileiro no momento. Dito isso, imagine que os governos federal e estadual estejam planejando construir uma usina nuclear na Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Seria necessária a instalação de uma usina nuclear na RMC? Se sim, qual bairro ou qual cidade da RMC teria potencial para atender as demandas energéticas, econômicas e sociais locais, considerando ainda a questão do descarte apropriado para o lixo nuclear? Se não, qual outra fonte energética poderia ser implementada, levando em conta que também precisaria ter baixa pegada de carbono, necessitaria de infraestrutura adequada e considerada a realidade socioeconômica local? Discuta com seu grupo e anote suas propostas, assim como as justificativas dadas.

Figura 3 – Problema Eficaz sobre a instalação de uma usina nuclear na RMC.

Fonte: Dados da pesquisa.

Dos 7 grupos formados, apenas G2 e G3 optaram por responder “sim”. Einstênio, ao ler a proposta de sua dupla, enfatizou que a decisão foi tomada depois de uma pesquisa online sobre quais municípios compõem a RMC, os indicadores socioeconômicos, a dinâmica populacional, dentre outros fatores. Deste modo, ao escolherem Tunas do Paraná, a 75 km de Curitiba, justificaram “[por ser] distante de grandes centros urbanos, [apresentar] baixa densidade populacional, PIB e IDH baixos para a região” e ter potencial para “um novo setor de especialização industrial, [...] com os benefícios superando os malefícios”. Esta resposta parece fundamentada na predileção de Einstênio por Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, o que potencializou uma abordagem interdisciplinar.

Por outro lado, Laurêncio, ao apresentar a ideia de seu grupo em escolher Lapa como um local em potencial para a construção da usina, disse que o município tem “grandes investimentos em Química e produção de energia” e “grande infraestrutura [...] para não ocorrer acidentes ou desorganização governamental”. No momento da leitura, outros grupos contestaram esta

⁵ A usina nuclear de Angra III, cuja obra está paralisada desde os anos 1980, se localiza no Complexo Nuclear Almirante Álvaro Alberto - único polo eletronuclear no país, na cidade de Angra dos Reis, RJ - em conjunto com as usinas Angra I e II, em funcionamento desde 1985 e 2001, respectivamente (SILVA, 2019).



proposição; informações do Governo do Paraná contradizem estes argumentos, ao reforçar que Lapa é uma cidade histórica cuja atividade econômica principal é a agricultura (PARANÁ, 2025). Ou seja, diferentemente da resposta anterior, o G3 não demonstrou interesse em buscar informações para resolver o problema nem cogitou integrar as Ciências Humanas e Sociais Aplicadas ao raciocínio.

Os grupos que rejeitaram a construção da usina ponderaram que os riscos envolvidos na geração de energia nuclear seriam altos para a RMC, pois “as cidades mais afastadas ainda são populosas”, como alegou Cúrio para a dupla G1, ou que “já existem outras fontes de energia renováveis” utilizadas no Paraná, mencionou Copernício na resolução do G6. Em comum, ambos não propuseram uma alternativa energética no lugar da nuclear, assim respondendo apenas metade do esperado para o problema.

Quanto aos que apresentaram outras escolhas, o G4 optou pela eólica, “uma das energias mais limpas possíveis”, mesmo com Seabórgio reconhecendo que a RMC não teria o perfil ideal nem infraestrutura adequada; Meitnério citou o Parque Solar da Caximba, iniciativa da Prefeitura de Curitiba, como um exemplo do potencial da energia solar na justificativa do G5, embora outros estudantes tenham lembrado da fama da cidade em ter o clima pouco ensolarado; e, por fim, o G7 inovou com uma hipotética usina eólica offshore, modelo pouquíssimo explorado no Brasil, como um interesse pessoal de Fleróvio.



Neste viés, como analisado ao longo da discussão sobre o uso do Problema Eficaz, percebe-se que este proporcionou aos estudantes protagonismo real nos processos de ensino e aprendizagem ao desafiá-los a tomar decisões argumentativas sobre um tema complexo e controverso, como a instalação de uma usina nuclear. A proposta exigiu que eles mobilizassem diferentes saberes, realizassem pesquisas autônomas e considerassem variáveis técnicas, sociais, ambientais e econômicas. Grupos como o G2 demonstraram uma postura investigativa e crítica, integrando conhecimentos de Ciências Humanas e Exatas, o que evidencia o potencial do problema em promover uma abordagem interdisciplinar e contextualizada, aproximando os estudantes de situações reais de tomada de decisão cidadã.

Além disso, a atividade possibilitou observar diferentes níveis de engajamento e de apropriação conceitual entre os grupos. Enquanto alguns grupos buscaram justificar suas escolhas com base em dados concretos e raciocínio lógico, outros optaram por respostas menos fundamentadas ou incompletas, revelando lacunas na articulação entre os conteúdos escolares e sua aplicação prática. Mesmo assim, essas variações tornam-se indicativas das diferentes formas de aprendizagem e da importância de estratégias como o Problema Eficaz para estimular a construção ativa do conhecimento, fomentar o pensamento crítico e tornar o estudante agente do próprio processo formativo (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020).

Depois do movimento de socialização das propostas de cada grupo consoante ao Problema Eficaz, uma nuvem de palavras final foi concebida pelos estudantes, conforme ilustrado na Figura 4, em conjunto com o questionário de avaliação das percepções discentes acerca da intervenção. Tal qual no movimento inicial, as 48 palavras foram classificadas em 5 categorias de Análise de Conteúdo a posteriori; as 4 primeiras se mantiveram as mesmas.



Figura 4 – Nuvem de palavras com as concepções dos estudantes acerca da temática após a oficina.

Fonte: Dados da pesquisa.



Nota-se uma redução considerável nas palavras que indicam uma visão negativa sobre a Radioatividade ($n = 8 | 17\%$), com apenas metade da frequência apresentada inicialmente; o mesmo se aplica para os acidentes radiológicos ou casos do uso intencional da radiação como arma ($n = 5 | 10\%$). Em contrapartida, as menções a termos relacionados à Física ou à Engenharia Nucleares ($n = 13 | 27\%$) tiveram um pequeno aumento, com destaque para "energia" ($n = 5 | 10\%$) e "usina" ($n = 5 | 10\%$), enquanto os de Química Nuclear ($n = 8 | 17\%$) sofreram uma leve redução sem o "radônio".

A quinta categoria, em substituição aos erros conceituais, está em verde e apresenta os termos introduzidos ao longo da intervenção pedagógica ($n = 14 | 29\%$), como o acidente de Fukushima ($n = 6 | 13\%$), o complexo nuclear em Angra ($n = 2 | 4\%$), a energia nuclear como uma fonte de energia limpa ($n = 2 | 4\%$), a existência de isótopos radioativos ($n = 2 | 4\%$) e os conceitos de decaimento ($n = 1 | 2\%$) e fissão nuclear ($n = 1 | 2\%$) apresentados nos simuladores.

Portanto, é possível pensar que após a discussão realizada com o Problema Eficaz houve uma reorganização das percepções sobre Radioatividade, indicando um avanço em direção a uma compreensão mais ampla, técnica e contextualizada do tema. A redução expressiva das menções com conotação negativa (de 33% para 17%) e das referências a acidentes e usos bélicos da radiação (de 23% para 10%) sugere que a intervenção pedagógica foi eficaz em desconstruir visões alarmistas e sensacionalistas, promovendo uma ressignificação do conteúdo.

Ao mesmo tempo, observa-se um aumento nas menções relacionadas à Física e à Engenharia Nucleares, com maior destaque para termos como "energia" e "usina", o que pode indicar maior valorização das aplicações pacíficas e tecnológicas da radioatividade. A substituição da categoria de erros conceituais por uma nova categoria (em verde), com termos introduzidos durante a atividade, como "Fukushima", "isótopos radioativos" e "fissão nuclear", demonstra a incorporação de novos saberes, fruto da mediação didática. Esse movimento evidencia o impacto positivo da abordagem pedagógica na ampliação do repertório científico dos estudantes e na construção de uma percepção mais crítica, informada e equilibrada sobre a temática.

Desta maneira, acredita-se que a Oficina Pedagógica foi capaz de sensibilizar os estudantes sobre a importância e os riscos da Radioatividade, em especial no que tange à Energia Nuclear. Ao reduzir as percepções negativas sobre o tema, mesmo que parcialmente, contribuindo para uma visão mais equilibrada entre os benefícios e os perigos associados, e fomentar o desenvolvimento

de um raciocínio crítico, contextualizado e para a tomada de decisões, os estudantes se aproximam mais do exercício da cidadania plena.

Percepções discentes

O questionário estruturado foi proposto a fim de, simultaneamente, propor uma autoavaliação individual do estudante sobre sua participação na Oficina e consistir-se num mecanismo de avaliação da intervenção pedagógica em si. Para isto, 6 assertivas - agrupadas em duplas, associadas a um conteúdo de Zabala (1998), ao mesmo tempo em que cada uma especificamente se relaciona a uma base de conhecimento do modelo TPACK (NAKASHIMA; PICONEZ, 2016) - foram propostas em consonância com a Escala Likert de 4 pontos: discordo plenamente (1); discordo em partes (2); concordo em partes (3); concordo plenamente (4). Ressalva-se que o TK não foi analisado individualmente, uma vez que o escopo desta pesquisa se propôs a utilizar a tecnologia para explicar conteúdos científicos.



Quadro 2 – Assertivas ligadas aos conteúdos conceituais

Base	Assertiva	Escala Likert			
		1	2	3	4
TCK	C1: Fui capaz de <u>identificar conhecimentos físicos e químicos</u> sobre radioatividade nas demonstrações feitas pelos <u>simuladores</u> .	0 (0%)	0 (0%)	7 (44%)	9 (56%)
TPACK	C2: Conseguiria <u>explicar conceitos físicos e químicos</u> sobre radioatividade baseado no que foi exposto pelos <u>simuladores</u> .	0 (0%)	1 (6%)	11 (69%)	4 (25%)

Fonte: Dados da pesquisa.

A assertiva relacionada ao TCK teve grau de concordância maior (média 3.56), enquanto a do TPACK ser menor (média 3.19) pode estar relacionada ao grau de complexidade de pensamento necessário para a união dos conhecimentos da base. De toda forma, o conteúdo conceitual sobre radioatividade explicado a partir dos simuladores parece ter sido apreendido pelos estudantes. Isto é, a análise das assertivas vinculadas aos conteúdos conceituais evidencia uma boa aceitação da proposta pedagógica à luz das bases do TPACK, especialmente na base TCK. Afinal, a maior média de concordância nesta base indica que os simuladores utilizados durante a Oficina foram necessários para mediar a compreensão dos conceitos físicos e químicos relacionados à Radioatividade.

Assim, entende-se que a tecnologia, nesse caso, atuou como recurso facilitador da aprendizagem, permitindo aos estudantes visualizar fenômenos abstratos e complexos, como o decaimento radioativo e a fissão nuclear, de forma mais concreta. A média um pouco inferior na base TPACK, que exige a articulação entre conhecimento pedagógico, tecnológico e de conteúdo, sugere que, embora os estudantes tenham compreendido os conceitos, ainda enfrentam desafios para mobilizar esse conhecimento em uma prática pedagógica simulada (SHIBUKAWA; NASCIMENTO; BEDIN, 2024).

Assim, considera-se importante a vivência em experiências formativas mais recorrentes e integradas para fortalecer essa articulação entre saberes. Afinal, resultados semelhantes foram observados por Bedin e Moraes (2024), que verificaram que licenciandos em química tendem a

compreender os componentes do TPACK de forma segmentada, revelando dificuldades em articular simultaneamente os aspectos tecnológicos, pedagógicos e científicos em suas práticas formativas.

Consoante aos dados no Quadro 3, a assertiva relacionada ao PK teve amplo grau de concordância (média 3.62), o que indica uma possível aprendizagem cooperativa dos/entre os estudantes, enquanto a do PCK (média 3.50) pode apontar que, para eles, a Oficina ofereceu conceitos úteis para a resolução do problema, mas também foi preciso pesquisar em outras fontes. Isto posto, o problema parece ter sido eficaz em propor discussões sobre o tema.

De outra forma, em relação aos conteúdos procedimentais, os dados refletem uma valorização do trabalho colaborativo e do raciocínio aplicado, com altas médias nas bases PK e PCK. A assertiva ligada ao PK mostra que os estudantes se sentiram capazes de discutir e propor soluções em grupo, o que reforça o potencial das metodologias ativas, neste caso o um Problema Eficaz, na promoção da aprendizagem procedural (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020). Já a média do PCK revela que, embora os conceitos trabalhados durante a Oficina tenham sido úteis, os estudantes também recorreram a outras fontes, indicando uma postura investigativa e autônoma. Isso fortalece a visão de que a intervenção contribuiu para o desenvolvimento de competências cognitivas e operacionais, permitindo aos estudantes reterem informações e aplicá-las de modo crítico e contextualizado (SHIBUKAWA; NASCIMENTO; BEDIN, 2024).



Quadro 3 – Assertivas ligadas aos conteúdos procedimentais

Base	Assertiva	Escala Likert			
		1	2	3	4
PK	P1: Fui capaz de elaborar uma proposta de solução do problema sobre energia nuclear a partir de <u>discussões com meu grupo</u> .	0 (0%)	0 (0%)	6 (37%)	10 (63%)
PCK	P2: Conseguí determinar <u>quais conceitos eram necessários para a resolução do problema com base nas explicações feitas ao longo da Oficina</u> .	0 (0%)	0 (0%)	8 (50%)	8 (50%)

Fonte: Dados da pesquisa.

Por fim, os conteúdos atitudinais tiveram os maiores índices de concordância, revelando o impacto formativo da intervenção na construção de posturas críticas e fundamentadas, conforme Quadro 4. Na base TPK, a média elevada (3.69) mostra que os estudantes foram capazes de utilizar os conhecimentos sobre a tecnologia envolvida na energia nuclear para justificar suas decisões, o que demonstra apropriação significativa do conteúdo com base em sua aplicação social. A base CK, por sua vez, teve a maior taxa de concordância plena (média 3.81), indicando que a Oficina provocou mudanças atitudinais relevantes, como a reflexão crítica sobre o uso da energia nuclear. Esses dados sugerem que, ao articular as dimensões técnica, científica e ética da radioatividade, a intervenção potencializou o aprendizado, mas, sobretudo, a formação cidadã dos estudantes, o que está em consonância com os princípios de uma educação científica crítica e transformadora (ARAÚJO et al., 2018).

Quadro 4 – Assertivas ligadas aos conteúdos atitudinais

Base	Assertiva	Escala Likert			
		1	2	3	4
TPK	A1: Fui capaz de <u>justificar a solução do problema</u> proposta pelo meu grupo fundamentado na <u>tecnologia envolvida no uso de energia nuclear</u> .	0 (0%)	0 (0%)	5 (31%)	11 (69%)

CK	A2: Conseguí refletir sobre novas atitudes em relação ao <u>uso de energia nuclear</u> motivado por minha participação nesta Oficina.	0 (0%)	0 (0%)	3 (18%)	13 (82%)
----	---	-----------	-----------	------------	-------------

Fonte: Dados da pesquisa.

Diante do exposto, é possível afirmar que a Oficina Pedagógica foi eficiente ao promover o protagonismo dos estudantes, ao articular de forma intencional as bases do modelo TPACK com os conteúdos de aprendizagem por meio do uso de um Problema Eficaz. A proposta favoreceu o engajamento ativo, a cooperação entre os pares, a mobilização de saberes e a reflexão crítica sobre temas complexos como a radioatividade e a energia nuclear. Ao permitir que os estudantes assumissem papéis investigativos, argumentativos e decisórios, a intervenção demonstrou o potencial das metodologias ativas para desenvolver competências científicas e cidadãs, tornando os processos de ensino e aprendizagem mais contextualizados e transformadores.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no exposto ao longo do texto, percebe-se que esta proposta de Oficina Pedagógica sobre a importância e os riscos da Radioatividade, com foco principal na Energia Nuclear, cumpriu seu objetivo de sensibilizar os estudantes acerca da temática, que continua em voga devido às instabilidades da geopolítica global neste momento. Além disso, as percepções destes discentes do Ensino Médio sobre o tema, embora ainda enviesadas pela cobertura midiática negativa em relação ao assunto, apresentou uma melhora, mesmo que pontual, após a intervenção, como corroborado pelo comparativo das nuvens de palavras inicial e final.

Ademais, o questionário indica que utilizar simuladores como alternativa a experimentos para o tópico é promissor, o que também foi reforçado pela fala do professor da turma da Educação Básica que acompanhou a intervenção. O uso de um Problema Eficaz no ensino e na aprendizagem da temática trouxe engajamento dos participantes e lhes possibilitou apreender conteúdos de forma cooperativa, mesmo que nem todos tenham argumentado de forma consistente.

Também, consoante aos dados no questionário, houve a apreensão de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais sobre Radioatividade em variados graus. Dado que este foi o primeiro contato dos estudantes com os conceitos, abordados de forma introdutória, as assertivas dos conteúdos conceituais apresentaram as menores médias, embora ainda satisfatórias; por outro lado, as dos conteúdos atitudinais mais se aproximaram do escore 4, de concordância plena, o que indica uma forte correlação das atividades desempenhadas na intervenção com a tomada de decisão consciente.

Ademais, foi possível integrar os Conhecimentos de Conteúdo, Pedagógico e Tecnológico dos sujeitos de modo satisfatório, com destaque para o TPK, ao mesmo tempo que tanto o PK quanto o CK isoladamente tenham sido bem desenvolvidos. Quanto ao TPACK, uma possibilidade para justificar sua média menor, para além das complexidades intrínsecas ao modelo, pode estar relacionada à baixa familiaridade dos estudantes com os conteúdos, o que demandaria mais tempo de sala de aula e explicações mais aprofundadas.

Apesar disso, esta intervenção reforça que aliar o uso de tecnologias e de metodologias ativas em sala de aula na Educação Básica é um caminho auspicioso para que os sujeitos tenham

protagonismo nos processos de ensino e aprendizagem e desenvolvam subsídios para lidar com as constantes mudanças da sociedade contemporânea de forma crítica, problematizada e autônoma, numa educação para a cidadania. Todavia, apesar dos dados promissores, esta pesquisa revela limitações, por derivar de uma aplicação única num grupo reduzido de Ensino Médio Técnico. Desta forma, uma sugestão, advinda do professor regente na instituição, seria aplicá-la para outras turmas, inclusive que já tenham visto os conteúdos de Radioatividade.

Referências

- AQUINO, K. A. S.; CHIARO, S. Uso de Mapas Conceituais: percepções sobre a construção de conhecimentos de estudantes do Ensino Médio a respeito do tema Radioatividade. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 158-171, 2013.
- ARAÚJO, L. A. et al. A Radioatividade no Cotidiano: atividades com educandos do Ensino Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 13, n. 4, p. 160-169, 2018.
- BEDIN, E. Metacognição e CTPC: uma nova perspectiva para a Formação Docente Reflexiva e Autorregulada. **PARADIGMA**, p. e2025013-e2025013, 2025.
- BEDIN, E.; CLEOPHAS, M. das G. Estudo investigativo do domínio dos professores sobre a tríade do conteúdo científico, pedagógico e tecnológico: uma análise das aulas de Química durante a pandemia. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 28, p. e22038, 2022.
- BEDIN, E.; MORAIS, C. S. L. Percepções de professores de química em formação inicial quanto à articulação tecnologia-pedagogia-ciência em suas práticas na pandemia. **Educar em Revista**, v. 40, 2024.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: Uma Introdução à Teoria e aos Métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2018.
- BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2002.
- BRUCHÊZ, A. et al. Metodologia de pesquisa de dissertações sobre inovação: análise bibliométrica. **Desafio Online**, Campo Grande, v. 6, n. 1, 2018.
- CHECHI, A.; CLEOPHAS, M. G. Alternate Reality Game (ARG) e a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): uma relação eficaz para o Ensino de Química. **REDEQUIM**, Recife, v. 5, n. 1, p. 16-31, 2019.
- CUNHA, M. B. et al. Metodologias Ativas: em busca de uma caracterização e definição. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 40, n. e39442, 2024.
- DAMIANI, M. F. et al. Discutindo pesquisas do tipo Intervenção Pedagógica. **Cadernos de Educação**, Pelotas, v. 45, p. 57-67, 2013.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 60. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2019.
- GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 11. ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1985.
- GONZÁLEZ-REY, F. L. **Pesquisa qualitativa e subjetividade**: os processos de construção da informação. São Paulo: Cengage Learning, 2005.
- KELECOM, A.; GOUVEA, R. C. S. A Percepção da Radioatividade por Estudantes de Nível Superior. **Mundo & Vida**, Niterói, v. 3, n. 2, p. 78-89, 2002.

LOPES, R. B. et al. Radioatividade: entre o bem e o mal. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 46, n. 1, p. 13-21, 2024.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge. **Teachers College Record**, New York, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006.

NAKASHIMA, R. H. R.; PICONEZ, S. C. B. Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): modelo explicativo da ação docente. **Revista Eletrônica de Educação**, São Carlos, v. 10, n. 3, p. 231-250, 2016.

NASCIMENTO, E. M.; GASPARINI, F. S.; BEDIN, E. Percepções docentes sobre o Conhecimento Tecnológico Pedagógico desenvolvido via Oficina Formativa. In: Seminário Internacional de Educação em Ciências, Educação Matemática e Tecnologias Educativas, 2., 2024, Palotina. **Anais** [...]. Palotina: UFPR, 2024.

PARANÁ. **Viaje Paraná**: Lapa. Curitiba: Secretaria de Estado do Turismo, 2025. Disponível em: <https://www.viajeparana.com/Lapa>. Acesso em: 25 de junho de 2025.

PRATES, B. X. **Radioatividade**: uma proposta para o Ensino de Química com utilização de simuladores. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande: UFMS, 2021.

RIBEIRO, D. C. A.; PASSOS, C. G.; SALGADO, T. D. M. A metodologia de Resolução de Problemas no Ensino de Ciências: as características de um Problema Eficaz. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 22, n. e24006, 2020.

SHIBUKAWA, F.; NASCIMENTO, E. M.; BEDIN, E. Percepções pibidianas sobre o Conhecimento Pedagógico mobilizado em uma Oficina Formativa. In: Seminário Internacional de Educação em Ciências, Educação Matemática e Tecnologias Educativas, 2., 2024, Palotina. **Anais** [...]. Palotina: UFPR, 2024.

SILVA, A. S.; SIQUEIRA, L. E.; BEDIN, E. Base Conceitual do Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo de Professores de Ciências Exatas. **RITECiMa**, Foz do Iguaçu, v. 1, p. 136-151, 2021.

SILVA, F. C. V.; CAMPOS, A. F.; ALMEIDA, M. A. V. Alguns aspectos do ensino e aprendizagem de radioatividade em periódicos nacionais e internacionais. **Amazônia**, Belém, v. 10, n. 19, p. 46-61, 2013.

SILVA, G. P. **Inserção do tema de Física Nuclear no Ensino Médio**: desconstruindo e construindo um novo olhar sobre Radioatividade e Energia Nuclear. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica: UFRRJ, 2019.

SIQUEIRA, L. E.; BEDIN, E. A incorporação do TPACK em licenciandos em Física e a sua materialização em Planos de Trabalhos de Iniciação à Docência: The incorporation of TPACK in Physics teacher candidates and its materialization in Initial Teaching Experience Work Plans. **Revista Cocar**, v. 21, n. 39, 2024.

SOARES, A. A.; MORAES, L. E.; OLIVEIRA, F. G. Ensino de matéria e radiação no Ensino Médio com o auxílio de simuladores interativos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 915-933, 2015.

SOUZA, S. C.; DOURADO, L. Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. **Holos**, Natal, v. 31, n. 5, p. 182-200, 2015.

VIEIRA, A. C. **Marketing na era digital**: o efeito do *clickbait* no uso de Publicidade e Propaganda no Instagram. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2023.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Editora Artmed, 1998.



RESUMO

A Radioatividade - embora parte dos currículos do Ensino Médio por ser considerada essencial para a compreensão de conceitos químicos e físicos - é pouco explorada no Ensino de Ciências, o que reforça uma concepção negativa sobre a temática no público geral. De modo a sensibilizar os estudantes, propõe-se uma intervenção pedagógica, norteada pelos

conteúdos de Zabala e pelo TPACK, que alia tecnologia e metodologias ativas, com foco principal na Energia Nuclear, para analisar as concepções de discentes do EM sobre a temática, explorar a utilização de simuladores e investigar as potencialidades do uso de um Problema Eficaz. A partir de um diário de bordo, do Problema Eficaz, de duas nuvens de palavras e de um questionário estruturado, constituíram-se os dados, analisados a partir do Método Interpretativo-Construtivo, da Análise de Conteúdo e de Frequência, numa abordagem quali-quantitativa, de objetivo descriptivo-exploratório e de natureza aplicada. As nuvens de palavras apontaram redução da visão negativa sobre a radioatividade após a intervenção; o Problema Eficaz incentivou a construção de conhecimentos de forma cooperativa na maioria dos estudantes; o questionário indicou um TPACK razoável constituído a partir dos simuladores ao passo em que houve a consolidação dos conteúdos de Zabala nos discentes. Desta forma, a oficina se demonstrou capaz de, além de sensibilizar os participantes, promover a apreensão de conteúdos Conceituais, Procedimentais e Atitudinais sobre radioatividade, assim como integrar os Conhecimentos de Conteúdo, Pedagógico e Tecnológico dos sujeitos.

Palavras-chave: Radioatividade; Simuladores no Ensino de Ciências; Problema Eficaz.



RESUMEN

La radiactividad - aunque forma parte del currículo de la educación secundaria por considerarse esencial para la comprensión de conceptos químicos y físicos - es poco explorada en la Enseñanza de las Ciencias, lo que refuerza una percepción negativa del tema en el público en general. Con el propósito de sensibilizar a los estudiantes, se propuso una intervención pedagógica guiada por los contenidos de Zabala y el modelo TPACK, que combina tecnología y metodologías activas, con un enfoque principal en la Energía Nuclear. El objetivo fue analizar las concepciones de los estudiantes sobre el tema, explorar el uso de simuladores e investigar las potencialidades del uso de un Problema Eficaz. Los datos se obtuvieron a partir de un diario de campo, del Problema Eficaz, de dos nubes de palabras y de un cuestionario estructurado, y fueron analizados mediante el Método Interpretativo-Constructivo, el Análisis de Contenido y el Análisis de Frecuencia, dentro de un enfoque cualitativo-cuantitativo, de carácter descriptivo-exploratorio y naturaleza aplicada. Las nubes de palabras mostraron una reducción de la visión negativa sobre la radiactividad después de la intervención; el Problema Eficaz fomentó la construcción cooperativa del conocimiento en la mayoría de los estudiantes; y el cuestionario indicó un TPACK razonable, desarrollado a partir de los simuladores, junto con la consolidación de los contenidos de Zabala en los participantes. De este modo, el taller demostró ser capaz no solo de sensibilizar a los estudiantes, sino también de promover la comprensión de contenidos Conceptuales, Procedimentales y Actitudinales sobre la radiactividad, además de integrar los Conocimientos de Contenido, Pedagógico y Tecnológico de los sujetos.

Palabras clave: Radiactividad; Simuladores en la Enseñanza de las Ciencias; Problema Eficaz.