

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ELCIO VENICIUS ALTHOFF

**RADIOATIVIDADE: A ELABORAÇÃO DE UM PRODUTO COMO CONTRIBUIÇÃO
NA CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS**

MEDIANEIRA - PR

2022

ELCIO VENICIUS ALTHOFF

**RADIOATIVIDADE: A ELABORAÇÃO DE UM PRODUTO COMO CONTRIBUIÇÃO
NA CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS**

***RADIOACTIVITY: THE PREPARATION OF A PRODUCT AS A CONTRIBUTION IN
THE CONSTRUCTION OF KNOWLEDGE***

Trabalho de conclusão de Curso de Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Química, do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof.^a. Dr^a Renata Mello Giona
Coorientadora: Prof.^a Dr^a Ana Cristina Trindade Cursino.

MEDIANEIRA - PR

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira



ELCIO VENICIUS ALTHOFF

**RADIOATIVIDADE: A ELABORAÇÃO DE UM PRODUTO COMO
CONTRIBUIÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Química.

Data de aprovação: 26 de Julho de 2022

Dra. Renata Mello Giona, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Cristiana Da Silva, Doutorado - Fundação Universidade Federal da Grande Dourados (Ufgd)

Dra. Juliane Maria Bergamin Bocardi, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 26/07/2022.

Dedico a Deus e a minha família
com carinho e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que com amor incondicional vem me sustentando mesmo quando eu já não acredito.

Aos meus amigos e familiares que de uma forma ou de outra contribuíram para a construção deste trabalho. De forma especial para Elessandra, por ser a primeira a acreditar e mesmo na adversidade continuar a crer, ao meu amigo Gilsemar e minhas amigas Diane e Maria, pelo tempo dedicado.

Agradeço aos professores do mestrado, por dividir o conhecimento e manter o nível das aulas mesmo quando isso parecia ser impossível e, agradeço imensamente as professoras Dr^a Renata Mello Giona e Dr^a Ana Cristina Trindade Cursino pela paciência e perseverança que me dedicaram.

Aos meus queridos colegas de turma, pelos conselhos, companheirismo e alegria, em especial a Sabrina e Maria Lúcia pelas inúmeras reflexões.

Aos professores pares que avaliaram o produto educacional, pelo respeito, apoio e confiança que dispensaram ao meu trabalho dedico a minha profunda gratidão.

Ciência e vida cotidiana não podem e não devem ser separadas.
Rosalind Franklin

RESUMO

O desenvolvimento deste estudo conduziu à estruturação de um produto educacional sobre o tema Radioatividade destinado a professores do Ensino Médio, buscando subsidiar essa temática, para que o professor proporcione aos estudantes a compreensão do tema, a realização de cálculos de decaimento radioativo e meia vida, e a utilização prática da radioatividade na sociedade valendo-se do uso de tecnologia da informação para desmitificar e ampliar os conhecimentos. Assim, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre estratégias de ensino envolvendo o conteúdo de radioatividade acessíveis aos professores e que despertam o interesse em alunos do Ensino Médio. Foi elaborado um produto educacional visando facilitar o trabalho do professor de química e tornar a aprendizagem mais interessante com estratégias diferenciadas. O produto educacional foi encaminhado junto com um formulário contendo 16 questões para a avaliação por pares. Participaram da pesquisa por meio digital, 16 professores de química, que apresentaram as suas impressões a respeito do material. Nos resultados dos questionários, os professores indicam que são realizadas poucas atividades práticas isso pode ser atribuído a uma possível carência de materiais que permitam a experimentação, além de ser necessário realizar estudos que permitam aos educadores relacionar os conhecimentos construídos com a realidade e sua aplicação no cotidiano. Os educadores que participaram da avaliação por pares apresentaram considerações positivas a respeito do material elaborado e consideram fundamental que haja a troca de conhecimentos e de novas técnicas a serem compartilhadas por pesquisadores com os professores, especialmente quando se trata de um conteúdo que exige muita clareza e envolvimento em pesquisas.

Palavras-chaves: Radioatividade; Ensino de Química; Produto Educacional; Avaliação por pares.

ABSTRACT

The development of this study led to the structuring of an educational product on the topic Radioactivity aimed at high school teachers, seeking to subsidize this theme, so that students can understand the theme, perform calculations of radioactive decay and half-life, and practical use of radioactivity in society using information technology to demystify and expand knowledge. The objective of the study was to develop an educational product for high school teachers, aiming to subsidize the development of activities involving concepts of Radioactivity. Thus, a literature review was carried out on teaching strategies involving radioactivity content accessible to teachers and that arouse interest in high school students. An educational product was designed to facilitate the work of the chemistry teacher and make learning more interesting with different strategies. The educational product was sent along with a form containing 16 questions for peer review. 16 chemistry teachers participated in the research through digital means, who presented their impressions about the material. The results indicate that few practical activities are carried out, which can be attributed to a lack of materials that allow experimentation, in addition to the need to carry out studies that allow educators to relate the knowledge built with reality and its application in everyday life. The educators who participated in the peer review presented positive considerations about the material developed and consider it essential that there is an exchange of knowledge and new techniques to be shared by researchers with teachers, especially when it comes to content that requires a lot of clarity and involvement in research.

Keywords: Radioactivity; Chemistry teaching; Educational Product; Peer review.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tempo de docência dos professores.....	54
Figura 2 – Segmento de Ensino que os professores atuam.....	55
Figura 3 – Aceitação dos professores ao produto educacional apresentado.....	56
Figura 4 – Avaliação dos recursos gráficos.....	57
Figura 5 – Análise sobre a clareza dos objetivos.....	58
Figura 6 – Análise da relação tema e título do produto.....	59
Figura 7 – Análise da estrutura sequencial do produto.....	60
Figura 8 – Avaliação do número previsto de aulas para o conteúdo.....	61
Figura 9 – Análise do embasamento teórico.....	62
Figura 10 – Análise da simulação apresentada no produto.....	63
Figura 11 – Relação entre textos e conhecimento sobre radioatividade.....	64
Figura 12 – Análise dos elementos digitais disponibilizados.....	65
Figura 13 – Análise da proposta metodológica do produto.....	66
Figura 14 – Análise dos pares sobre clareza e objetivos de gráficos e tabelas.....	67
Figura 15 – Análise da relevância do produto.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos tipos de radiação.....	27
Quadro 2 – Classificação e identificação dos artigos	32
Quadro 3 – Justificativas dos pares para a utilização do produto.....	56
Quadro 4 – Avaliação dos pares ao produto.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
DCE	Diretrizes Curriculares Estaduais
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
TIC's	Tecnologias de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
1.2 Justificativa	14
2 O ENSINO DE QUÍMICA E SUAS IMPLICAÇÕES	17
2.1 A química como ciência	17
3 ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA E RADIOATIVIDADE	25
3.1 Radioatividade	25
3.2 O papel do ensino de química na abordagem sobre radioatividade	30
3.2.1 Metodologia Ativa	39
3.2.2 Contextualização.....	42
3.2.3 Experimentação	44
3.2.4 Uso de tic's.....	46
4 METODOLOGIA	49
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	53
5.1 Resultado da revisão sistemática	53
5.2 Avaliação por pares	53
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
APÊNDICE A – AVALIAÇÃO POR PARES	78
APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL	82

1 INTRODUÇÃO

Embora a educação tenha avançado muito nos últimos anos, com a inserção das diversas tecnologias, no meio educacional, ainda se percebe que as aulas são em sua maioria de memorização e com contextos que muitas vezes não se tornam significativos aos alunos, buscando muitas vezes, apenas cumprir o currículo.

Em relação ao ensino de Química, percebe-se a necessidade de motivar os aprendizes e despertar o interesse dos alunos, especialmente, no sentido de relacionar os conhecimentos aprendidos em química com seu cotidiano (BERTON, 2015). Por tais motivos, é importante que os professores busquem metodologias e abordagens diversificadas a fim de tornar as aulas mais atrativas para os estudantes. Quando o professor contribui para que o aluno compreenda a presença da química no cotidiano, contribui para que o aluno desperte a curiosidade em aprender e utilizar a química na sua vivência, percebendo quais elementos podem interferir em sua vida para o pleno desenvolvimento e outros que lhes podem causar danos.

Desta forma, neste estudo foi estruturado um produto educacional sobre o tema Radioatividade direcionado a professores do Ensino Médio, buscando subsidiar os conhecimentos e esclarecer o assunto, contribuindo para que o professor propicie aos estudantes a compreensão do tema, de modo que possam efetuar cálculos de decaimento radioativo e meia vida, para usar a radioatividade na prática valendo-se do uso de tecnologia da informação para desmitificar e ampliar os conhecimentos sobre radioatividade.

A radioatividade é um fenômeno natural ou artificial, em que substâncias ou elementos químicos radioativos demonstram a capacidade de emitir radiações tais como: partículas alfa, partículas beta e raios gama. Entretanto, a radiação precisa ser identificada e estabelecida a sua aplicação para que seja benéfica e possa se estender a diferentes campos como: medicina, agricultura, indústria, produção de energia, radioterapia, raios X, além de identificar outros campos que servem para estabelecer o campo de poder de um estado ou nação sobre o outro, quando é direcionado para a produção de armas nucleares (CHAVEZ *et al.* 2021).

Existem diversos materiais, como, artigos, softwares, livros, entre outros, voltados para o ensino-aprendizagem sobre o tema radioatividade. Assim, ao elaborar um produto educacional a respeito da radioatividade, propõem-se pesquisas e leituras

de textos, trechos de filmes, jogos interativos, debates, uso de mídias interativas (simulador, Kahoot e outros recursos) dentre outras atividades que tornem a aprendizagem do tema mais atrativa.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar um produto educacional para professores do Ensino Médio, visando subsidiar o desenvolvimento de atividades com diversas estratégias de ensino-aprendizagem envolvendo conceitos sobre Radioatividade.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre tipos de abordagens desenvolvidas envolvendo o conteúdo de Radioatividade;
- b) Selecionar em estudos já existentes abordagens pedagógicas acessíveis aos professores e que despertem o interesse em alunos do Ensino Médio;
- c) Elaborar um produto educacional abordando o tema Radioatividade de forma que as atividades desenvolvidas despertem o interesse dos estudantes facilitando a aprendizagem;
- d) Elaborar um questionário destinado aos professores de química a fim de obter uma avaliação sobre o produto proposto;
- e) Analisar o parecer sobre o produto educacional na visão dos professores de química por meio de uma avaliação por pares.

1.2 Justificativa

A radioatividade estimula a curiosidade dos alunos por possuir a propriedade de emitir radiações invisíveis, o que incentiva a necessidade de se compreender como determinados materiais químicos podem ionizar o ar, provocar queimaduras e penetrar completamente em objetos (DAFRE, 2013).

As informações superficiais fazem com que a maior parte da população reconheça a radioatividade como algo prejudicial à vida e isso se deve ao conhecimento dos estragos e destruição das bombas atômicas, ou do acidente com césio 137 na cidade de Goiânia em 1987 (SANTOS, 2017).

No imaginário social, a radioatividade está associada a armas químicas e catástrofes, sendo associada às propriedades de que algumas substâncias nucleares são dotadas; no entanto, a radioatividade traz boas contribuições para a vida em sociedade. Segundo Santiago (2021), a radioatividade possui características que trazem benefícios para segmentos da vida cotidiana, pois possuem aplicações em diversos segmentos, no setor industrial, na conservação de alimentos, na agricultura desde o tratamento de grãos até a criação de novas variedades de plantas, destruindo bactérias e microrganismos, na medicina é utilizada na radioterapia para eliminar células tumorais cancerígenas, entre outros.

De acordo com Pinto e Marques (2010), há que se modificar a visão negativa sobre radioatividade e promover, desde a educação básica, conceitos positivos que propiciem conhecimento e aprendizagem sobre o tema que faz parte do conteúdo programático de química.

Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos a respeito da aplicabilidade da radioatividade na medicina, na produção de alimentos e em tantos outros campos do desenvolvimento, embora os aspectos negativos tenham marcado o conhecimento a respeito do assunto, o que conduziu a relegar os estudos sobre a radioatividade a análises superficiais da teoria. Porém, as pesquisas realizadas são imensas contribuições para o desenvolvimento da ciência e dos conhecimentos de química.

Os artigos produzidos a partir dos estudos de Afonso entre 2009 a 2013, trazem informações científicas e tecnológicas sobre as diferentes formas sob as quais os elementos químicos se manifestam na natureza e sua importância na história da humanidade, voltando-se a identificar os elementos químicos e as descobertas científicas relacionadas à radioatividade indicando como são utilizados para beneficiar o ser humano.

Estudos realizados por Baretta (2011) a respeito da contribuição de Marie Skłodowska-Curie para o desenvolvimento da oncologia moderna demonstram a importância da ciência química na descoberta da utilização da radioatividade nos tratamentos e diagnósticos de saúde.

Muitos outros conhecimentos e utilidades da radioatividade são apresentados em forma de artigos, livros e publicações digitais, o que faz com que seja necessário desenvolver métodos de ensino em forma de sequências didáticas, produtos didáticos, metodologias ativas e jogos entre outras maneiras de tornar o conhecimento de química na escola acessível e estimulante para que contribua com a formação integral dos estudantes.

2 O ENSINO DE QUÍMICA E SUAS IMPLICAÇÕES

O Ensino de Química deve se constituir num processo de alfabetização científica e tecnológica que permitirá ao aluno, cada vez mais, estabelecer conexões com os fenômenos naturais, socioculturais e, em consequência, realizar uma leitura e uma interpretação mais elaborada da natureza e da sociedade (LIMA, 2012).

Estudar Química compreende dinamizar as dimensões propostas e em cujos eixos fluem os conceitos, conectando-se com a pesquisa. Esse aprendizado exige vivência e atividade, não só ou necessariamente do tipo experimental quantitativo, mas certamente de caráter ativo, de forma a permitir a efetiva incorporação dos procedimentos e valores associados à prática científica (CHASSOT, 2004).

As relações entre representação e comunicação, investigação, compreensão e a contextualização de conceitos essenciais, são características dessa postura inter e multidisciplinar, garantidas em todo o processo ensino-aprendizagem. Assim, de acordo com Maldaner (2000), o professor, como mediador do processo, ocupa uma nova postura, de múltiplas dimensões, na qual a cumplicidade com os alunos é condição de troca e crescimento no sentido da produção do conhecimento e da compreensão da realidade.

Portanto, faz-se necessário compreender a química como ciência para desenvolver as melhores formas de se chegar ao conhecimento e de estimular a pesquisa entre os que pretendem desenvolver a química. Nesse aspecto, o papel da escola é motivar e abrir perspectivas do conhecimento específico para que cada sujeito possa optar pela atuação nesse segmento.

2.1 A química como ciência

A definição de que a química é a ciência que estuda a transformação da matéria, a energia consumida ou produzida nessa transformação, bem como a estrutura da matéria (CHRISPINO, 1998), leva-nos a inferir que para discutir sobre a transformação da matéria é necessário conhecer sua estrutura e como esta age a partir da transformação, o quanto consome de energia e sua aplicação após a transformação, de que maneira ela contribui para melhorar a maneira de viver da sociedade.

Todas essas questões nos remetem a uma outra definição científica da utilidade da química. De acordo com Chassot (2004), a partir da transformação da matéria, a química alcança um de seus objetivos primordiais: servir à sociedade, melhorando as condições de vida e de convivência.

A química não cria produtos a partir do nada, ela transforma os produtos existentes na natureza, visando o bem-estar social. Apesar de se saber da existência de átomos, transformação da matéria, reações, alquimistas, químicos e cientistas, o mundo possui uma linguagem química circunscrita em apenas 118 elementos conhecidos e que geram milhares de compostos químicos (NOVAIS, 2022).

De acordo com Strathern (2002), a química possui características racionais, mas também possui outras que se instalam no plano das ideias, e essas são as que movem os pesquisadores que investigam as possibilidades e criam os produtos, principalmente os produtos farmacêuticos. Nessa propriedade, a química possui a capacidade de reconstruir ou de intervir na construção do homem.

Chassot (2004) pontua que os estudos e os registros feitos pelos estudiosos da química têm como finalidade facilitar as pesquisas e as novas criações de produtos a partir da transformação da matéria, portanto aí está a necessidade primordial de se empreender esforços e formar cada vez mais indivíduos capazes de reconhecer nas tabelas dos elementos químicos existentes e agir na natureza de forma produtiva.

Neste aspecto, aprende-se na escola a teoria, mas a prática é responsabilidade do próprio indivíduo ao ingressar no mercado de trabalho, desta forma torna-se responsabilidade social e trabalhista a formação prática dos saberes da química. Sendo assim, a educação química é respaldada na prática, não somente na aula prática do laboratório, mas na compreensão de como, onde e porque os fenômenos químicos se realizam e qual sua utilidade na vida cotidiana das pessoas.

Educação Química pode ser entendida como uma postura em que se valoriza a construção de conhecimentos pelo aluno e a extensão do processo ensino-aprendizagem ao cotidiano, a prática de pesquisa experimental, ao exercício da cidadania e ao resgate da História da Ciência como veículo contextualizador, humanizador e recurso instrucional importante (DCE, 2008).

A química não se limita a laboratórios ou produção industrial, ela está presente no dia a dia das pessoas, nos objetos, alimentos, ar, em fluídos que contribuem para a digestão dos seres vivos. O corpo humano é um laboratório que consegue transformar ar, água e alimentos em sangue e excrementos, transforma os alimentos

para obter a manutenção da vida e exclui os elementos que são danosos à saúde (USBERCO e SALVADOR, 2007).

A Educação Química inicia com uma postura humanista e filosófica: é importante formar o cidadão-aluno para a sobrevivência e atuação na sociedade científico-tecnológica e neste contexto a química se torna um instrumento fundamental na investigação, na produção de bens, no desenvolvimento econômico e social que interfere na vivência de todas as pessoas (MALDANER, 2000).

Berton (2015) considera que os conteúdos devem ser instrumento de cidadania e de competência social, promovendo a ação de viver e sobreviver circulando com desenvoltura na sociedade científico-tecnológica, exigente em conhecimento.

Existem diferentes maneiras de ensinar e estratégias de ensino diversas podem ser usadas pelos docentes tais como: aula expositiva ou dialogada, dramatização, estudo de textos e ou artigos, resolução de exercícios, seminário, pesquisas, estudo de casos, tempestade cerebral, júri simulado e outras. Nem todas as estratégias podem ser utilizadas para o ensino da química, mas o docente pode inovar novas técnicas de ensino (PRIESS, 2012).

Ao refletir sobre o papel da educação química para a conquista da cidadania, considera-se que a ciência é a base do progresso humano e do avanço tecnológico, pois propaga conhecimentos úteis para toda a humanidade, assim contribuindo na melhoria das condições de existência do homem, no entanto, é um conhecimento que atribui bom senso, racionalidade, exercício de atividade mental e prática (BERTON, 2015).

A razão do estudo de química na escola básica é a possibilidade de proporcionar ao ser humano o desenvolvimento de criticidade em relação ao desenvolvimento humano, a partir de uma visão crítica do mundo e possibilitando analisar, compreender e utilizar o conhecimento na vida cotidiana, tendo condições de perceber e interferir nas situações que deterioram a qualidade de vida tais como: impactos ambientais causados por rejeitos industriais e domésticos, que poluem e contaminam a água, o solo e ao ar. Assim, para entender o objetivo que justifica e motiva o ensino de química é importante abandonar as aulas que se utilizam apenas de memorização de nomes e fórmulas, porém sem que o aprendiz saiba para que servem (USBERCO e SALVADOR, 2007).

A teoria piagetiana apresenta uma concepção de que o conhecimento é realizado por meio de construções contínuas que se renovam com a interação entre

os novos saberes e a realidade; no entanto, não se pode considerar que a realidade ou a natureza possam ser meramente copiadas, mas que devem ser assimiladas e posteriormente acomodadas em estruturas que já existem anteriormente e que dão suporte de condições para desenvolver novas estruturas de conhecimento (BERTON, 2015).

A interação com o mundo cotidiano permite aos estudantes da educação básica formar conhecimentos de química (PRIESS, 2012). De acordo com Usberco e Salvador (2007) existem domínios do conhecimento, com origem nas relações sociais que são vinculados ao corpo social, além do conhecimento que é construído no ambiente escolar. O conhecimento que se torna estruturado e claro por resultar de discussão constante, sendo elaborado e reelaborado na interação com outros.

Na concepção de Berton (2015) o ensino necessita de novas metodologias que apresentem um significado para os educandos, levando-os a compreender os conceitos científicos e entender fenômenos vivenciados. O aluno deve deixar de ser ouvinte para tornar-se um cidadão questionador e consciente de suas ações, além disso, também o professor passa de transmissor de conteúdos para organizador de pensamentos, de forma a provocar ideias, e junto com os alunos torna-se um questionador e pesquisador do meio em que vive.

A educação pela prática também desenvolve a mudança de atitude, no educando e no educador, pois promove o questionamento reconstrutivo de ambos, pois permite que o professor esteja sempre atualizado e o aluno se torne um cidadão participativo e criativo. O estudo da química pode colaborar para a construção de uma sociedade mais justa, desde que esta disciplina passe por uma intervenção de metodologias que tenham como finalidade promover a atitude cidadã (USBERCO e SALVADOR, 2007).

Uma das premissas da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB Lei Nº 9.394/96), é preparar o aprendiz para o exercício da cidadania. A disciplina de Química que aparece no currículo do Ensino Médio não é dispensada desse dever; pelo contrário, os professores de química brasileiros demonstram em pesquisas acadêmicas publicadas em anais, livros ou recursos digitais que é fundamental defender a formação de cidadania, o que surge como um objetivo básico do ensino dessa ciência nas diretrizes da educação.

O ensino de química, por estar no contexto escolar, não pode ser realizado sem estar associado à formação de cidadania, assim uma metodologia para esse ensino

que vem sendo amplamente utilizada é a aprendizagem ativa (DIESEL, BALDEZ, MARTINS, 2017). Este tipo de aprendizagem acontece ancorado no aprendizado tradicional, neste conceito a aprendizagem depende do nível de informação adquirida e de como o aprendiz domina os conhecimentos consolidados. Porém, o ensino aprendizagem de modelo repetitivo está defasado e não pode ser utilizado como única fonte de conhecimento (FERREIRA e MARQUES, 2019).

O aprendizado ativo é emancipatório e contribui para o aperfeiçoamento do ensino, pois permite que o conhecimento de química seja construído ativamente pelos alunos e quanto mais se valoriza o protagonismo do aprendiz mais enriquecimento de qualidade e quantidade é obtido (BERTON, 2015).

Para Fleck (2013), este tipo de aprendizagem proporciona algumas vantagens que são representadas pela segurança dos estudantes, aprimoramento do senso crítico e resolução de problemas de ordem prática. O estudante obtém autonomia de aprendizagem quando observa a maneira natural com que obtém resultados de seus esforços, esse fazer proporciona autoestima, autonomia, domínio do conhecimento e segurança no auto avaliação de suas capacidades intelectuais.

A abordagem ativa se apresenta positivamente por influenciar os estudantes a gerar reconhecimento e retorno às suas escolas. Este tipo de educação em química pode fornecer ferramentas práticas e de qualidade e tornar o aluno protagonista de sua aprendizagem, pois as pesquisas buscam proporcionar experiências dentro e fora das salas de aula, o que transforma substancialmente a realidade dos estudantes (SCHNETZLER, 2004).

Uma formação de qualidade parte do pressuposto que o aluno seja preparado para vivenciar situações desafiadoras no mercado de trabalho, pois a educação abrange os processos formativos na vida familiar, na convivência humana, na escola e no trabalho, bem como enfrenta desafios nos movimentos sociais, na sociedade civil e nas manifestações culturais (FLECK, 2013).

De acordo com Ferreira e Marques (2019), é necessário reconhecer a pesquisa científica como essencial para a formação no ambiente escolar, especialmente, no campo das ciências naturais, onde a investigação é fundamental para a experimentação e comprovação científica. Entretanto, não se pode deixar de investigar o desenvolvimento da pesquisa educacional e a fundamentação que leva à compreensão das ciências naturais, neste aspecto, o professor é o maior incentivador

do aluno, é ele que estimula e reconhece na pesquisa o quanto ela é fundamental para a formação do aprendiz.

A ciência no ramo da Química vem evoluindo, no entanto isso imprime maior responsabilidade no sentido de demonstrar a influência no processo de ensino e aprendizagem de Química (SHAPIN, 2013).

A aprendizagem desenvolvida por meio de pesquisas e experiências são muito importantes para o ensino de química, pois este tipo de ensino conduz o aluno à busca de conhecimento. Cabe ao professor ser um bom investigador e instigar para que os alunos também o sejam, pois, o papel da escola é mitigar a aprendizagem significativa para que os alunos estejam preparados para vivenciar o mundo do trabalho e para contextualizar o conhecimento acadêmico (FERREIRA e MARQUES, 2019).

De acordo com Shapin (2013), se para a educação geral a investigação é um impulso para a aprendizagem, para a área das ciências naturais este processo é essencial, pois é necessário que os aprendizes estejam engajados no desenvolvimento de diferentes formas de investigação, constatando com coerência, como os especialistas chegam ao conhecimento que altera a teoria das ciências naturais, para isso somente com diferentes tipos de investigações e experiência chega-se a uma conclusão.

Schnetzler (2004) postula que nesta ótica da aprendizagem significativa, o professor deve permitir que o aluno seja um pesquisador e que possa descobrir como os fenômenos simples se encontram presentes no cotidiano. Assim, gradativamente vai descobrindo que a ciência da investigação contribui para dar um novo sentido a sua aprendizagem, nesse processo o aluno acaba por descobrir que o responsável por seu conhecimento é ele mesmo.

Fleck (2013) postula que quando se trata do professor de Química, o ensino depende do compromisso que este apresenta na relação com a pesquisa. Isto indica o quanto esta área mescla a relação da teoria com as experimentações. Neste aspecto, o professor de química não pode se prender às Ciências Naturais, mas preparar-se para tomar caminhos que respondam suas investigações.

As ciências naturais precisam estar associadas ao conhecimento químico para que as investigações em química sejam levadas a efeito e consideradas válidas, é fundamental que sejam analisadas as contribuições teóricas das várias ciências humanas, o que torna fundamental ao professor estar preparado para utilizar este

campo de estudo buscando favorecer o processo de ensino e aprendizagem (SCHNETZLER, 2004).

De acordo com Shapin (2013), o professor que realiza pesquisa encontrar maior facilidade para desenvolver práticas em suas aulas e desta forma influenciar o aluno a também pesquisar, descobrir, investigar os fenômenos e instigar para que o aluno também descubra os elementos facilitadores. Os docentes de química devem utilizar recursos didáticos variados, envolvendo jogos, tecnologias, filmes, aulas práticas no laboratório e até mesmo as vivências diárias do estudante para motivar a aprendizagem.

O desenvolvimento de experimentação nas aulas de química possui um papel importante no desenvolvimento de metodologia científica, baseando-se na racionalização, indução e dedução. Essa prática conduz ao rompimento com a ideia de que o homem e a natureza possuem uma relação com o divino. O ensino de química pode se apresentar em três formas de abordagem: a fenomenológica, com a análise dos pontos chave relacionados ao conhecimento e que apresentam uma visualização concreta, de análise e determinações; a teórica, que apresenta explicações embasadas em modelos tais como átomos, íons, etc., que servem para explicar os fenômenos; e a representacional, que engloba dados pertencentes à linguagem característica da Química, tais como fórmulas, equações (FERREIRA e MARQUES, 2019).

A prática de experimentação nas aulas contribui para motivar e despertar a atenção dos alunos e desenvolver estudos em grupo, desenvolve a iniciativa e a tomada de decisões, estimula a criatividade e aprimora a capacidade de observar e registrar os fenômenos observados propondo-lhes hipóteses a partir da análise de dados (FLECK, 2013).

Desta forma, na aula de Química, o professor inicia analisando junto com os alunos toda a história de evolução das descobertas e experiências anteriores, a fim de que compreendam que a ciência não é estável, mas evolutiva e à medida em acompanha o desenvolvimento do mundo, vai evidenciando as teorias já realizadas e registradas e que podem ser reconsideradas sob novos olhares, esse processo é conhecido como revoluções científicas.

A abordagem em sala de aula a respeito das informações químicas essenciais precisa ser realizada pelo professor no sentido de obter o fornecimento de uma base de saberes que permitam ao aluno participar de decisões sociais, pois como cidadão,

o aluno necessita saber participar e julgar (SILVA, 2016). Desta forma, o educador deve selecionar e relacionar os conteúdos, contextualizando-os para serem usados no cotidiano do aluno.

3 ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA E RADIOATIVIDADE

Este capítulo apresenta os trabalhos já desenvolvidos por cientistas e pesquisadores visando desmitificar os efeitos da aplicabilidade da radioatividade na atualidade. Por isso, apresentam-se o conceito de radioatividade e sua aplicabilidade, principalmente no âmbito da saúde, na preservação da vida e, enfim, promover a formação de conhecimentos que analisem o papel do ensino de química na abordagem sobre radioatividade.

3.1 Radioatividade

A evolução do ser humano no tempo conduziu à geração de necessidades cada vez mais importantes, entre essas a energia. Segundo Feltre (2005), a partir do século XVIII a energia passou a ser obtida do carvão mineral, no século XIX surgiu a energia elétrica, no século XX o consumo maior passou a ser da energia do petróleo, principalmente para os meios de transporte e no final do século XX, o mundo passou a contar com a energia nuclear.

O uso da energia nuclear pode ser a esperança para substituir os combustíveis fósseis, porém traz também a preocupação com acidentes nucleares de grandes proporções de radiação. Além disso, ocorre também o mau uso desse tipo de energia para produzir armas de guerra e terrorismo (CHAVES *et al.*, 2020).

A área que estuda esse tipo de energia é a Química Nuclear que analisa e identifica a utilização de todos os materiais que sofrem decaimento radioativo, um processo em que os isótopos de elementos químicos se transformam em novos elementos liberando energia em forma de radiação (RESQUETTI, 2013).

O decaimento radioativo acontece por meio do rompimento de isótopos em seus núcleos, em decorrência da instabilidade atômica. A decomposição dos isótopos ocorre devido à presença de partículas positivas (prótons) no núcleo. Assim, quando essas partículas se aproximam entre si, elas se repelem por possuírem cargas muito parecidas. A expansão promove o rompimento do núcleo porque não comportam cargas que se repelem (ATKINS, JONES; LAVERMAN, 2018).

Atkins, Jones e Laverman (2018) apresentam como conceito de átomo a composição de um núcleo rodeado por uma nuvem de elétrons. O núcleo do átomo compõe-se de partículas, os prótons (P) e os nêutrons (N). A nuvem de elétrons possui

carga elétrica negativa, mas os prótons são carregados positivamente e os nêutrons, não possuem carga. O número total de prótons e nêutrons de um núcleo é designado de acordo com o número de massa (A) do átomo. O número de prótons ou o número atômico (Z), identifica o elemento químico. Assim, os átomos que possuem o mesmo número atômico, mas com diferentes números de massas são denominados isótopos.

Os prótons do átomo encontram-se compactados no núcleo atômico e, na maioria permanece unido, mesmo quando ocorre força de repulsão causada pela carga positiva. Entretanto, em alguns casos, as forças de repulsão que ocorre entre os prótons excedem essa força que os mantem unidos e faz com que ocorra a emissão de fragmentos dos núcleos, esse processo radioativo é denominado de decaimento (ATKINS, JONES; LAVERMAN, 2018).

Teorias modernas de química descrevem a matéria como sendo formada por elétrons, prótons e nêutrons, assim pode-se considerar que existe diferença entre os elementos químicos, sendo determinada pela quantidade de prótons que o núcleo de cada elemento possui (CISCATO et al., 2016).

De acordo com Ciscato et al. (2016), para que o núcleo dos átomos permaneça estável, deve ocorrer uma relação entre a quantidade de nêutron e a quantidade de prótons. Os elementos químicos que possuem número atômico superior a 83, configuram-se como radioativos, pois entende-se que à medida que o número atômico aumenta, a razão entre o número de nêutron e prótons também aumenta no interior do núcleo.

De acordo com Brückmann e Fries (2011), quando dois átomos apresentarem o mesmo número de prótons, mas possuírem número diferentes de nêutrons, considera-se que são o mesmo elemento, mas isso não indica que sejam iguais. Essa diferença classifica os elementos como isótopos.

Quando um elemento apresenta diferentes tipos de núcleos, denomina-se nuclídeos. Diante disso, pode conceituar a radioatividade como um processo no qual um núcleo com Z prótons e N nêutrons pode se transformar em outro núcleo com Z e N diferentes. Quando acontece uma transformação caracteriza-se uma desintegração nuclear, ocorrendo a emissão de radiação, desta forma, os núcleos instáveis denominam-se radioativos. Nesse sentido, a radioatividade é a propriedade que alguns átomos de elementos químicos como Urânio, Polônio, Césio e Rádio têm de emitir radiação espontaneamente. O núcleo emite energia com o propósito de estabilizar, mas pode emitir partículas alfas, partículas betas e ondas eletromagnéticas

com alta energia, os raios gama. Dessa forma, os núcleos dos átomos podem se transformar em átomos de outros elementos químicos (ATKINS; JONES; LAVERMAN, 2018).

Segundo Fonseca (2013), o fenômeno da transmutação de um elemento químico em outro decorre da noção de meia-vida radioativa descoberta por Ernest Rutherford, que também separou e nomeou as radiações alfa e beta. Frederick Soddy foi o pesquisador que deu nome às leis da radioatividade.

Os elementos químicos radioativos encontrados na natureza se denominam por radioatividade natural, são exemplos disso o Urânio, Tório e Actínio. Quando são produzidos em laboratório possuem radioatividade superficial como o Iodo-131 e Fósforo-30. Por fim, apresentam-se como elementos radioativos: Urânio, Radônio, Actínio, Astató, Polônio, Carbono-14, Césio, Criptônio, Estrôncio, Iodo, Plutônio, Rádio (FONSECA, 2013).

A classificação do tipo de radiação contribui para determinar o poder de penetração na matéria e pode acontecer por baixa radiação, média radiação ou alta radiação. A radioatividade que mais ocorre é a das partículas Alfa (α) e Beta (β), além das ondas Gama (γ). O quadro 1 apresenta e define os tipos de radiação que podem ser separadas por campo magnético ou por campo elétrico:

Quadro 1: Classificação dos tipos de radiação

Radiação alfa (α)	Pode também ser chamada de partículas alfa ou raios alfa, que são carregadas por dois prótons e dois nêutrons, sendo, portanto, núcleos de hélio. Apresentam carga positiva +2 e número de massa 4.
Radiação beta (β)	Os raios beta ou partículas beta, são elétrons, partículas negativas com carga -1 e número de massa 0.
Radiação Gama (γ)	A onda da radiação Gama varia de 0,5y a 0,005y (unidade de medida: Angstrom). São ondas eletromagnéticas, e possuem carga e massa nulas, emitem continuamente calor e têm a capacidade de ionizar o ar e torná-lo condutor de corrente elétrica.

Fonte: FONSECA (2013)

A contaminação radioativa pode levar centenas de milhares de anos para se dissipar, por isso é fundamental pensar e estudar o que fazer com esse material. Quando um material é detectado de alta periculosidade por radioatividade é acondicionado em caixas de metal e enterrado entre grossas paredes de concreto, mas mesmo assim exige monitoramento constante (GOMBRADE e SILVA, 2021).

Grandes desastres já foram protagonizados por populações inteiras como a Usina Nuclear de Chernobyl que explodiu e contaminou a Ucrânia, um incidente com Césio-137 em Goiânia que contaminou muitas pessoas e no dia 11 de março de 2011, um tsunami no Japão provocou uma falha na Central Nuclear de Fukushima I, causando o derretimento de três reatores lançando radiação na atmosfera e colocando em risco a vida da população (FONSECA, 2013).

A radioatividade também apresenta benefícios e em determinados usos é essencial, pois está presente no cotidiano das pessoas no uso de tecnologias, na medicina e na engenharia (SANTOS e MOL., 2010). A radioatividade pode ser aplicada para o bem, como é o caso da medicina, dos recursos de engenharia ou num simples micro-ondas doméstico, além das usinas nucleares produzirem energia elétrica, porém é maléfica quando mal utilizada em forma de armas nucleares.

Muitos inventos, diagnósticos e mesmo novas tecnologias não teriam sido criados sem a descoberta da radiação, o que a torna essencial nos dias atuais. Portanto, a radioatividade deve ser tratada como uma descoberta essencial, mas sem deixar de ser considerada em sua capacidade de se tornar prejudicial.

A maioria das pessoas desconhecem a importância da radioatividade, pois a educação é falha no desenvolvimento de conhecimentos em relação aos termos “Radiação” e “Radioatividade”, e a consequência dessas falhas são a ampliação do desconhecimento de muitas pessoas a respeito destas questões (GOMBRADE e SILVA, 2021).

No entender de Chaves et al. (2021), é importante para o ensino de química conhecer e desenvolver estudos a respeito das concepções que estão presentes no imaginário dos sujeitos relacionados aos termos radiação e radioatividade, uma vez que é fundamental elaborar propostas de educação voltadas para o ensino das ciências naturais em relação à química e física nuclear, especialmente na educação básica.

Dafre (2013) pontua que o estudo da radioatividade está ligado ao conhecimento a respeito do núcleo do átomo, enquanto menor estrutura da matéria que apresenta as propriedades de um elemento químico, o átomo é formado pelo núcleo e por elétrons que giram em torno do mesmo e, ao final do processo de reação nuclear, obtém-se a alteração do núcleo. É importante que sejam diferenciadas as reações, pois a reação nuclear ocorre no próprio núcleo.

Resquetti (2013), pontua que há quem considere a radioterapia e o fenômeno de emissão de partículas alfa aos riscos da radioatividade e isso acontece sem que as pessoas tenham o devido cuidado de buscar o significado da radioatividade.

Ainda em relação aos exames diagnósticos, as palavras Radiografia e Raios X são categorizadas de maneira diferente, demonstrando que as pessoas apresentam pouco conhecimento a respeito do tema, pois não apresentam preocupação com a exposição à radiação. Isso, segundo Chaves *et al.* (2021) demonstra a necessidade de disponibilizar espaços de formação que possam formar nas pessoas uma consciência desse cuidado, proporcionando o pleno exercício da cidadania.

Para promover uma exposição à radiação deve-se considerar fatores que possam desencadear fatores biológicos, de acordo com Dafre (2013) os fatores mais importantes que devem ser levados em conta quando se deseja analisar a potencialidade de que a radiação venha a interagir com a matéria biológica.

Ao tratar da exposição durante tratamento de quimioterapia e radioterapia, é importante considerar de que forma o sujeito é exposto, pois uma dose pode ter efeito diverso se for oriunda de uma partícula ou de fótons. Há medicamento radiofármaco que ao ser injetado na circulação produz um contraste nos exames de imagem, esses medicamentos podem ser facilmente absorvidos mesmo que o sujeito carregue uma célula cancerígena (GOMBRADE e SILVA, 2021).

Segundo Dafre (2013), há que se considerar as condições biológicas, pois há aspectos biológicos que favorecem e outros que inibem. Um exemplo disso, é quando uma grávida necessita de exames de imagens e as células do embrião são afetadas pela radiação. No entanto, em tecidos de adultos há diferentes sensibilidades, as células epiteliais são de divisão muito mais rápida.

Por tudo o que se sabe a respeito da importância do conhecimento na prevenção de contaminação por radiação, percebe-se que quando as pessoas detêm conhecimentos a respeito dos riscos e dos benefícios obtêm menores índices de

contaminação, especialmente, quando essa radiação é causada por exames essenciais para realizar sérios tratamentos de saúde.

3.2 O papel do ensino de química na abordagem sobre radioatividade

O ensino de Química possui um importante papel no esclarecimento a respeito da radioatividade, principalmente se for desenvolvido com o objetivo de superar a simples memorização de conteúdos expressos nos livros didáticos e passe a analisar as concepções postas que permitam a contextualização, a experimentação e o uso de metodologias ativas (LIMA, 2012). Além do uso de novas tecnologias na construção de conhecimentos científicos a respeito das implicações do uso de radioatividade, Resquetti (2013), pontua que se faz necessário trazer o conhecimento de química para o contexto real, a fim de permitir o seu uso no cotidiano dos cidadãos.

Os recursos tecnológicos são benéficos na construção de conhecimentos e contribuem para contextualizar os saberes constituídos no ambiente escolar, compreende-se que, especialmente, os alunos das séries finais da educação básica devem desenvolver a sua aprendizagem de forma que possa compreender como os conteúdos disciplinares podem ser utilizados na convivência social (SANTOS, 2017).

A radioatividade, enquanto conteúdo da disciplina de química no ensino médio, muitas vezes, apresenta-se por meio de metodologias muito elementares, as explicações são descontextualizadas da realidade e nem mesmo aspectos históricos do uso da radioatividade atendem às necessidades de aprendizagem dos estudantes de nível médio (RESQUETTI, 2013).

Os conhecimentos de química precisam estimular a aprendizagem e despertar a curiosidade a respeito desse assunto. Assim, de acordo com Marcondes (2008), é importante discutir as diferentes questões que envolvem o ensino da radioatividade no currículo escolar, de maneira que os estudantes consigam constituir uma consciência de responsabilidade social e ética do uso e dos benefícios que a radioatividade desenvolve cientificamente.

Houve dificuldade em encontrar textos que abordem as metodologias de ensino de química relacionadas à radioatividade, o que indica a necessidade em se desenvolver um produto educacional voltado para o ensino de química para o conteúdo de radioatividade no ensino médio.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), dentro da área da Ciências da Natureza e suas Tecnologias apresenta a necessidade dos estudantes do Ensino Médio de desenvolver competências específicas e habilidades nessa área. Nesse contexto, o conteúdo de radioatividade refere-se às relações entre matéria e energia, a proposta da BNCC é utilizar os conceitos para a discussão a respeito das potencialidades, limites e riscos do uso de diferentes materiais e tecnologias de maneira responsável e consistente diante de forma a enfrentar os desafios que se apresentam no cotidiano. Como habilidades a BNCC enuncia: 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. A contextualização dos conhecimentos científicos na vida cotidiana do sujeito, implica em investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico no mundo (BRASIL, 2017).

O Quadro 2 apresenta a classificação dos artigos encontrados considerando os títulos, a revista em que foi publicado, o contexto da pesquisa, os assuntos relacionados ou correlacionados à radioatividade e classifica a finalidade quanto à contextualização, interatividade, experimentação metodologia ativa, jogos/quis e TIC's.

Quadro 2 - Classificação e identificação dos artigos

REFERÊNCIA	CONTEXTO	DESCRIÇÃO DO ASSUNTO	CLASSIFICAÇÃO
CUNHA e GIORDAN (2009)	O artigo mostra como a ciência e o cientista são representados em determinadas épocas pelo cinema, contribuindo para constituição de uma percepção social da Ciência.	-A Imagem da Ciência no Cinema e na sala de aula; -Fissão nuclear -A energia atômica que levou à construção das bombas atômicas no final da Segunda Guerra Mundial -Os EUA explodiam a primeira bomba nuclear no deserto de Alamogordo, sendo que em agosto do mesmo ano, foram lançadas mais duas bombas sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki - Explosão no atol de Eniwetok, no Pacífico, a primeira bomba de hidrogênio que utilizava o processo de fusão nuclear -Usina nuclear	Contextualização/ Interatividade
FLÔR (2009)	O artigo apresenta a leitura de episódios históricos envolvendo a síntese de elementos transurânicos e consequente alteração da Tabela Periódica. Abordando episódios a partir de algum referencial epistemológico que podem e devem ser utilizados na licenciatura. Analisa como ocorreu a comunicação das ideias e produções científicas	-Epistemologia de Ludwik Fleck, Glenn Seaborg e elementos transurânicos -Produção e disseminação do conhecimento científico -Compreensão de como ocorreu a ampliação da Tabela Periódica por meio da descoberta de elementos transurânicos. -Bombardeamento dos núcleos de urânio e produtos de fissão nuclear -Descoberta da fissão nuclear e “idade atômica” -Métodos químicos e físicos para a produção e identificação de elementos transurânicos e Identificação de novos elementos -Integração e métodos químicos e físicos para a produção e identificação de elementos transurânicos	Contextualização
AFONSO (2009)	O artigo traz informações científicas e tecnológicas sobre as diferentes formas que o Radônio enquanto elemento químico se manifesta na natureza e descreve a sua importância na história da humanidade.	-Transmutação de elementos -Linhas espectrais da “emanação do rádio” -Estruturação do conceito de isótopo -Meia-Vida -Produtos da desintegração do radônio podem ser sólidos como o polônio, chumbo etc., e tem a possibilidade de serem altamente tóxicos tanto do ponto de vista químico como radiológico -Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)	Contextualização
AFONSO (2010)	O artigo traz informações científicas e tecnológicas sobre o elemento químico rádio e as formas como se manifesta na natureza.	-O casal Curie começou a tarefa de isolar o rádio a partir de uma tonelada de resíduos de pechblenda das minas de urânio, Cristal, que brilhava no escuro, tinha radioatividade 2.000 vezes maior que a do urânio. Marie Curie recebeu seu segundo Prêmio Nobel (de	Contextualização

		Química) pela descoberta do rádio e do polônio, por isolar o rádio metálico e por estudar seus compostos, foi a primeira pessoa a receber dois prêmios Nobel (o primeiro foi de Física, em 1903, em conjunto com seu marido e Antoine-Henry Becquerel (1852-1908), pela descoberta da radioatividade: Decaimento do nuclídeo de urânio; Emissor alfa; Desintegração do nuclídeo de tório; Emissor beta; Modelos atômicos: Thompson, Rutherford, Niels Bohr, Frederick Soddy, Thomas Alva Edison; Esperança acerca do elemento rádio como a energia do futuro; Geração de enormes quantidades de resíduos; Marie Curie e sua filha Irène visitaram o Brasil em agosto de 1926, conhecendo o “Instituto do Radium” em Belo Horizonte, primeiro centro destinado à luta contra o câncer no Brasil; Liga rádio-berílio, emissora de nêutrons, como prospecção geofísica de petróleo; Com a liga rádio-berílio James Chadwick, prêmio Nobel de Física, descobriu o nêutron e Enrico Fermi, prêmio Nobel de Física, empregou em seus trabalhos, transmutação nuclear.	
SILVA (2010)	O artigo apresenta alguns resultados de uma pesquisa sobre as provas de Química dos exames e vestibulares	-Vestibular, conceitos de Química, desempenho dos candidatos -Transformações nucleares -Transformações nucleares: conceitos fundamentais da radioatividade -Transformações Químicas e Energia	Outros
AFONSO (2011)	O artigo traz informações científicas e tecnológicas sobre o Polônio e suas formas de se manifestar na natureza.	-Marie Curie e Pierre Curie: Elemento mais radioativo; Frações radioativas; Nome polônio, relativo à Polônia; Prêmio Nobel de Química; Série do decaimento do nuclídeo de Urânio; Emissão de partículas alfa, produzindo isótopos de chumbo; Produção artificial do polônio por bombardeio do isótopo de bismuto com nêutrons em um reator nuclear; Emissor beta; Bombardeio de chumbo ou bismuto com partículas alfa; Prótons ou Dêuterons em reator nuclear ou acelerador de partículas (ciclotron); Custo de produção elevado do polônio; Aplicações dos radioisótopos	Contextualização
LIMA; PIMENTEL; AFONSO (2011)	O artigo apresenta o resumo do impacto da radioatividade na vida cotidiana no início do século XX.	- Descoberta dos raios-x e da radioatividade -Trabalhos do casal Curie e Ernest Rutherford e Antoine-Henri Becquerel: Energia cinética das partículas; substâncias radioativas e a natureza dos isótopos, Energia do futuro: iluminação e combustível; Efeitos maléficos fisiológicos dos materiais radioativos com efeitos colaterais e formas cancerosas e efeitos terapêuticos; Níveis de radioatividade	Contextualização

AFONSO (2011)	O artigo traz informações científicas e tecnológicas sobre o ASTATO.	<ul style="list-style-type: none"> -Emissão beta (elétron) -Bombardeamento de bismuto com partículas alfa (núcleos de hélio) em um ciclotron -Instabilidade de todos os isótopos do astato -Os quatro isótopos de astato existentes na natureza -Meia vida -Desintegração dos radioisótopos que precedem o astato nas séries de decaimento radioativo -Produzido da mesma forma como foi descoberto: pelo bombardeamento de bismuto (^{209}Bi) com partículas alfa de alta energia. -Emissor alfa -Serve no diagnóstico das doenças da tireoide e tem potencial no tratamento de várias formas de câncer 	Contextualização
AFONSO (2012)	O artigo apresenta o Actínio enquanto elemento químico e demonstra sua maneira de se apresentar na natureza.	<ul style="list-style-type: none"> -André-Louis Debierne, Pierre Curie e o Prêmio Nobel de Física em 1903, e Marie Sklodowska Curie e o Prêmio Nobel de Física em 1903 e de Química -Pechblenda (um mineral contendo óxidos de urânio) -Frações radioativas -Urânio, tório, polônio, radônio e rádio -Isótopos do actínio -Série do Urânio e Thório -A primeira determinação do período de meia-vida -Desintegração por dois modos: por emissão de partícula beta (elétron) ou por emissão de partícula alfa -Reações nucleares por bombardeamento de nêutrons -Série lantanídia série análoga à lantanídia, que denominou série actinídia -Elementos transurânicos -Elementos extremamente perigosos à saúde 	Contextualização
AFONSO (2012)	O artigo traz informações científicas e tecnológicas sobre o Frâncio e sua importância na história da química nuclear.	<ul style="list-style-type: none"> -Decaimento radioativo -Amostra enriquecida em actínio -Emissão peculiar de partículas alfa de baixa energia -Isótopos do frâncio e sua instabilidade -Tempo relativo de meia-vida -Série do Urânio como produto da desintegração alfa do isótopo Actínio -Isótopos naturais, isótopos artificiais -Instabilidade atômica 	Contextualização

		<ul style="list-style-type: none"> -Propriedades físicas -Posição do elemento na Tabela Periódica e a possibilidade de prever algumas de suas propriedades -Desintegração dos radioisótopos 	
AFONSO (2012)	O artigo sobre o Protactínio apresenta informações sobre as diferentes formas como se manifesta na natureza.	<ul style="list-style-type: none"> -Tabela periódica e Dimitri Mendeleev, -Kazimierz Fajans, Oswald Helmuth Göhring e Frederick Soddy -Tântalo e nióbio. -Série do decaimento do urânio -Isótopos naturais do protactínio -Maneiras de Isolar o protactínio de fontes naturais -Tempo de meia-vida biológica por ingestão e a estimativa de 50 anos no organismo e o favorecimento de aparecimento de tumores -Becquerel – uma desintegração por segundo 	Contextualização
AFONSO (2012)	O artigo informa a importância do Manganês como elemento químico e suas manifestações naturais.	<ul style="list-style-type: none"> -Tempo de meia vida do isótopo radioativo -O manganês produzido no bombardeio de ferro por raios cósmicos, decai por captura de elétrons, formando o isótopo do cromo ^{53}Cr -Razão ou porção isotópica Mn-Cr é usada em datação de rochas e em astronomia 	Contextualização
AFONSO (2013)	O artigo informa cientificamente sobre as diferentes formas como o tungstênio se manifesta e sua importância na química nuclear.	<ul style="list-style-type: none"> -Tungstênio natural, uma mistura de cinco isótopos, um dos quais é ligeiramente radioativo sendo emissor alfa, com meia-vida de $1,8 \times 10^{18}$ anos -Linha de transição da Tabela Periódica com função biológica comprovada -Absorção atômica -Analisador elementar -Espectrômetro de massas 	Contextualização
AFONSO (2013)	O artigo traz informações sobre o Cobalto e as diferentes formas sob as quais esse elemento químico possui grande importância na história da radioatividade.	<ul style="list-style-type: none"> -Sinteticamente obtém-se o isótopo radioativo ^{60}Co a partir de amostras de ^{59}Co por bombardeamento de nêutrons -Na tabela periódica, é considerado um elemento de transição, pertencente ao quarto período 	Contextualização
AFONSO (2013)	O artigo apresenta o IODO como um elemento químico que se manifesta na natureza e se desenvolve no contexto da química nuclear.	<ul style="list-style-type: none"> -Isótopos radioativos -Tempo de meia vida -Brasil e a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) -Iodo utilizado em medicina nuclear no diagnóstico e no tratamento da tireoide -Impacto ambiental devido a atividades ligadas a usinas nucleares -Razão isotópica -Tchernobyl e Fukushima 	Contextualização

CARVALHO (2019)	O artigo apresenta como proposta a aplicação de jogos com diferentes níveis de dificuldade para promover a aprendizagem.	-Exposição à radiação natural, artificial ou nuclear -Raios Alfa, Beta, Gama -Ondas eletromagnéticas -Reatores Nucleares -Jogos de Tabuleiro	Jogo/Quis Uso de TIC's
VISWESWARAN, KANAGARAJ, JOSEPH, PERUMAL (2018)	O artigo aborda a questão das doses excessivas de radiação ionizante advindas de exames diagnósticos (Tomografia Computadorizada e Angiografia Cerebral).	-Radiação de fundo natural -Radiação cósmica Radiação e características geológicas/regionais -Radioisótopos de urânio, rádio e tório presentes no solo e rochas -Fontes artificiais de radiação	Experimento
HUTTON (2014)	O artigo refere-se às contribuições da Física Médica para a Medicina Nuclear, desde a descoberta da Radioatividade e sua colaboração para a Medicina Nuclear.	-Descoberta da Radioatividade por Henry Becquerel (1896) e do rádio por Marie Curie (1898) -Princípio do traçador por Georg de Hevesy (1913) -Uso dos radionuclídeos por Blumgart e Weiss -Invenção do ciclotron por Ernest Lawrence em 1932	Contextualização
BARETA (2011)	O artigo fala sobre as contribuições de Marie Curie ocorridas no final do século 19 com a descoberta do rádio, polônio e da radioatividade.	-Wilhelm Roentgen descobriu os raios X em 1895 -Henry Becquerel descreveu o fenômeno da radioatividade do urânio em 1886 -Marie e Pierre Curie descobriram o rádio e polônio em 1898, ganharam o Nobel de Física em 1903 e Nobel de Química em 1911 pela descoberta de rádio e polônio.	Contextualização
ASIMOV, (1954)	O artigo aponta as contribuições de elementos como urânio e tório e os processos transmutativos na crosta terrestre decorrentes da radioatividade.	-Radioatividade natural da crosta terrestre -Cadeias de decaimento radioativo -Elementos urânio e tório -Graus de radioatividade dos elementos -Partículas Alfa e Beta	Experimento
CAMPBELL (1995)	O artigo traz regras simples que podem ser usadas para prever a estabilidade nuclear e o tipo de decaimento radioativo para núclídeos instáveis. Tais regras ajudam o aluno a compreender os fatores que influenciam a estabilidade nuclear.	-Determinar se um núclídeo é estável ou radioativo -Nêutrons, prótons -Número de massa -Decaimento	Outros
HUGHES; ZALTS (2000)	O artigo busca analisar maneiras de reduzir resíduos nucleares,	-Equações cinéticas -Decaimento radioativo	Experimento

	realizando atividades em sala de aula para demonstração de decaimento radioativo	-Liberação de energia	
MARKER (2019)	O artigo denota conceitos de química nuclear e suas aplicações na medicina, energia e segurança nacional.	-Ensino de Química nuclear -Desenvolvimento do jogo interativo, denominado Isotope Rummy -Composição do núcleo e estabilidade nuclear -Decaimento radioativo	Jogo/Quiz Uso de TIC's
SOARES (2012)	Trata-se de um jogo cujo objetivo é observar o processo de decaimento radioativo e a relação com a meia-vida dos elementos.	-Datação radiométrica -Meia-vida -Massa atômica dos elementos -Desintegração radioativa	Jogo/Quiz Uso de TIC's
SANTOS (2019)	O artigo aborda o desenvolvimento de um jogo digital do tipo Quiz que cadencia a aprendizagem sobre Radioatividade e entretenimento.	-Radioatividade e detecção de radiação -Ensino de química por meios digitais -Partículas Alfa, Beta, Gama	Jogo/Quiz Uso de TIC's
BOFF; BASTOS; MELQUIADES (2017)	O artigo propõe duas práticas de Física Nuclear experimental utilizando uma câmara de ionização de baixo custo.	-Ensino de Física Nuclear -Fontes radioativas de baixa intensidade -Câmara de ionização de baixo custo	Experimento
LEITE (2019)	O artigo propõe a utilização do jogo RADIOGAN para compreensão dos principais aspectos que estão envolvidos no conteúdo de radioatividade	-Conteúdo sobre radioatividade -Elementos químicos e efeitos causados pela manipulação incorreta	Jogo/Quiz Uso de TIC's
EICHLER; JUNGES; DEL PINO (2005)	No artigo mencionado, são apresentados dois softwares educativos que abordam o tema radioatividade.	-Matéria; modelos atômicos; estados físicos da matéria; misturas e separações; tabela periódica; ligação química; funções químicas; reações químicas.	Jogo/Quiz Uso de TIC's
MÜLLER FIDENCIO (2017)	Buscou-se promover a aprendizagem de Ciências, através de apresentação de slides, visualização de vídeos, quiz e experimentos.	-Radioatividade -Densidade -Lixo radioativo	Experimento/Jogo/Quiz/ Interatividade Uso de TIC's
BIGHETTI; SOUZA; MENDONÇA; ARENA; BOMBONATO; ZULIANE; LEGENDRE (2013)	No artigo, são realizados experimentos para discutir os fenômenos da fluorescência.	-Emissões radioativas -Campo elétrico e excitação do elétron -Modelo atômico, espectro eletromagnético, absorção e emissão	Experimento
MELZER (2016)	O artigo busca compreender como os livros didáticos de química para o	-Rutherford (1911), Geiger e Marsden (1913)	Metodologia Ativa

	ensino superior desenvolvem o conteúdo escolar experimento de Rutherford	-Partículas alfa, beta e gama e seu espalhamento em diferentes materiais -Núcleo atômico	
ANTISZKO (2016)	O artigo aborda a busca de novas metodologias de ensino que abordem o conceito de radioatividade.	-Ciências nucleares e radioatividade -Sequência de Ensino-Aprendizagem -Radiação, Raios X e radioatividade -Tipos de radiação (eletromagnética e corpuscular)	Metodologia Ativa
RESQUETTI (2013)	Elaboração de uma proposta metodológica para o ensino da radioatividade no Nível Médio, com enfoque nas relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e na História e Filosofia da Ciência (HFC).	-Radioatividade -Fissão -Radiações nucleares, efeitos, riscos e benefícios -Acidentes nucleares e radioativos -Sequência didática	Metodologia Ativa
VASCONCELOS (2011)	Incorporação de vídeos televisivos na estratégia FlexQuest Radioatividade.	-Radioatividade -Fusão e fissão nuclear, geração de energia nuclear -Modelo atômico e emissão radioativa	Metodologia Ativa/ Outros/ Experimento/Jogo/ Quiz/ Interatividade Uso de TIC's
GEWEHR; STROHSCHOEN; MARCHI; MARTINS; SCHUCK (2016)	O artigo abarca o desenvolvimento de projetos de pesquisa de ciências por alunos das séries finais do Ensino Fundamental, norteando-se pelo uso de metodologias ativas em sala de aula.	-Metodologias ativas -Despertar a visão crítica -Ensino de Ciências por meio de atividades práticas em laboratório	Metodologia Ativa/ Outros
PEREIRA (2011)	O artigo relata atividades educacionais de medições de radiação usando materiais de baixo custo para monitoração em longo prazo do fluxo de raios cósmicos secundários e a medição da radiação de fundo.	-Fontes de radiação eletromagnética ionizante -Realização de experimentos através do uso de um medidor Geiger -Conjunto de 7 experimentos que podem ser realizados com os alunos e que servem como exemplos de aplicação do medidor em aulas de radiação	Experimento
SCHNEIDER; DUTRA; MAGALHÃES (2018)	O artigo refere-se a um projeto de ensino desenvolvido com base em metodologias ativas, apresentação de seminário e vídeos	-Isótopos radioativos e divisão celular -Bioquímica	Interatividade/ Metodologia Ativa

Fonte: Autoria própria (2022)

Com base nos textos encontrados foi possível discorrer e formar uma concepção das principais estratégias e técnicas de ensino para a formação de conhecimentos sobre radioatividade com alunos do Ensino Médio.

3.2.1 Metodologia Ativa

A metodologia ativa vem sendo desenvolvida no ensino de diferentes disciplinas e caracterizam inovações que contribuem para facilitar a aprendizagem.

O artigo de Schneider, Dutra e Magalhães (2018) está vinculado ao cotidiano profissional e às dificuldades no ensino e aprendizagem das disciplinas que envolvem a bioquímica na área de saúde. Os autores apresentam uma avaliação de metodologias ativas como estratégias para facilitar a aprendizagem. O projeto de ensino foi desenvolvido com base em metodologias ativas e pressupõe o protagonismo discente, em dois eixos: a apresentação de seminários fundamentados em casos clínicos relacionados com a bioquímica e a exibição de vídeo com conceitos relacionados ao cotidiano profissional e a aplicações clínicas de conteúdos abordados durante as aulas. Os resultados da pesquisa demonstram a efetividade das metodologias ativas usadas, pois auxiliam a pensar as práticas.

Gewehr *et al* (2016) considera que o uso de práticas pedagógicas, consideradas inovadoras, e nomeadas como metodologias ativas de ensino e de aprendizagem, tendem a ser desenvolvidas nas escolas em forma de projetos, e por serem abordagens qualitativas em forma de pesquisa-ação tornam-se motivadoras e permitem aos alunos apresentar os resultados de suas pesquisas e organizar portfólios reflexivos que se tornam instrumentos de análise de estudo. Neste tipo de estratégia pedagógica, os alunos se mostram empolgados, assumindo uma nova postura, melhorando a capacidade de comunicação, expressando-se com mais facilidade, clareza e segurança. Assim, as metodologias ativas são responsáveis por mudanças no perfil dos alunos, tornando-os mais reflexivos, com autonomia e senso crítico e preparados para a iniciação científica.

Resquetti (2013) desenvolveu metodologia ativa ao investigar e apresentar uma análise de conteúdo de uma proposta metodológica para o ensino da radioatividade, buscando inserir entre os alunos a vivência e o desenvolvimento do pensamento crítico a respeito da radioatividade, foi realizada com os professores de

química uma avaliação por pares do material elaborado pelo pesquisador, de forma que após o questionário passou-se a contar com uma sequência didática que possa atender às expectativas dos professores e alunos envolvidos.

Melzer (2016) buscou analisar o desenvolvimento de metodologia ativa a partir do uso de 14 livros didáticos, os Estilos de Pensamento de Transposição Didática, estudando como os livros didáticos têm transposto o conteúdo sobre o experimento de Rutherford. Desta forma, o autor apresenta uma visão crítica que pode ser desenvolvida em sala de aula com alunos comparando a visão de mais de um autor sobre os achados científicos de um pesquisador, para que os alunos, ao comparar autores variados, adquiram conhecimento e possam analisar a ciência com criticidade.

O uso de metodologias ativas no ensino de radioatividade vem sendo desenvolvido e pode ser utilizado com maior frequência e propriedade desde que os professores consigam planejar as melhores práticas, aliando as estratégias aos recursos disponíveis de laboratório de tecnológicos disponíveis na escola (GEWEHR *et al*, 2016).

De acordo com Schneider, Dutra e Magalhães (2018), quando se realiza a aplicação de duas metodologias ativas de ensino como o uso de vídeo e seminário temático pelos alunos, apresenta-se possibilidades metodológicas que contribuem para ampliar o espectro e alcançar alunos em suas formas individuais de aprendizagem, entretanto, esses pesquisadores consideram ser necessário alimentar o fluxo de informações e comunicação integrando professor e alunos no desenvolvimento de metodologias ativas em qualquer disciplina de todas as áreas de formação. Assim, para que se torne uma atividade efetiva é importante validar os métodos didáticos empregados, desenvolver o conhecimento individual em cada turma e a formular estratégias para alcançar o maior número de aprendizes visando sempre melhorar o processo de aprendizagem. Para que a experiência acadêmica se torne positiva e proveitosa é fundamental planejar o processo, utilizando as metodologias de ensino e promovendo o feedback com os alunos, de forma que se permita replanejar o uso das mesmas metodologias em outras turmas e cursos.

Pesquisadores como Gewehr *et al*. (2016) indicam que aos professores as metodologias ativas se mostram aliadas na busca por mudança no perfil dos alunos indicando caminhos para que também eles se tornem adeptos à pesquisa científica, além disso este tipo de ação pedagógica contribui para o exercício da reflexão, autonomia e desenvolvimento do senso crítico. A metodologia ativa mostra-se como

elemento de incentivo à pesquisa e facilita o uso de outras estratégias pedagógicas de ensino e aprendizagem.

De acordo com Vasconcelos (2011), a aplicação de estratégias de metodologia ativa em muito contribui para a compreensão no estudo sobre Radioatividade e suas aplicações. Trata-se de um recurso estimulador que permite aprofundar esta temática, pois a estratégia pode ser aplicada em diferentes níveis de ensino, desenvolvendo diferentes tarefas e modos de aplicação. A autora demonstra que a televisão se apresenta como formadora de opiniões, considerada por muitas pessoas como alienadora que ‘mascara’ a realidade, na realidade as suas transmissões trazem muitas informações científicas que podem ser utilizadas em sala de aula quando inseridas em uma proposta definida pelo professor visando identificar informações científicas.

Para Monteiro e Silva (2020) a adoção de estratégias de metodologia ativa permite a introdução de estratégias didáticas que contextualizem conteúdos químicos precisa transcender os exemplos simples e ampliar a visão de mundo dos aprendizes, de forma a envolver as questões sociais e ambientais que os rodeiam. No caso da radioatividade, trata-se de um conteúdo que apresenta abstração e dualidade, por isso precisa construir conhecimentos capazes de contribuir com discussões dessa natureza. O foco da discussão sobre os riscos e benefícios da radioatividade na sociedade é uma das propostas que contribui na aprendizagem de conceitos científicos, o que oportuniza repensar e reavaliar a visão de que a radioatividade promove apenas mortes e destruição.

Antiszko (2016) promoveu o desenvolvimento de um produto educacional que contribuiu para que os estudantes pudessem compreender os processos de fusão e fissão nucleares e a produção de energia neles envolvida, demonstrando os malefícios e os benefícios que a utilização desta energia acarreta no meio social. Essa proposta possibilitou aos estudantes realizar a transposição de indícios, para uma construção do conhecimento, não somente no que diz respeito ao conhecimento específico, mas, da capacidade de argumentação para formarem sua opinião a respeito de radioatividade, estabelecendo as diversas e controversas relações deste conhecimento na sociedade, como a empregabilidade na medicina, na geração de energia, na construção de bombas, entre outras ações.

Alguns tipos de metodologias ativas como o Ensino híbrido, aula invertida e aprendizado entre pares, contribuem para facilitar ao aluno a aprendizagem de

conteúdos que precisam ser esclarecidos, é o caso da aula invertida que permite ao aprendiz o contato com o conteúdo antecipadamente, por meio leituras de textos informativos digitais ou impressos, pesquisas online, e outros recursos que permitam ao aluno trazer uma base de esclarecimento a respeito do conteúdo que será tratado na aula. Outro método comum usado como estratégia é o ensino híbrido que desenvolve o conteúdo aliando aulas presenciais práticas com ensino remoto, o que necessita de planejamento para agregar qualidade e comprometimento dos estudantes nas aulas.

3.2.2 Contextualização

Diferentes autores que já estudaram a contextualização do conhecimento de química tiveram seus textos analisados por pares, tendo em vista que contextualizar o conhecimento é torná-lo real e compreender como esse conhecimento pode ser aplicado no cotidiano.

Muitas vezes, a contextualização acontece a partir do conhecimento construído pela mídia, um exemplo disso é o conhecimento realizado a partir de filmes, a importância do cinema na contextualização do conhecimento sobre a Radioatividade é tema de um artigo de Cunha e Giordan (2008) que discute como a ciência e o cientista são representados pelo cinema, constituindo uma percepção social da Ciência. Os autores relacionam o cinema com o momento histórico em que a Ciência se encontra quando se realiza a produção de um filme. Assim, ao introduzir o cinema na sala de aula proporciona-se a professores e alunos uma reflexão sobre seus papéis de autores e audiência na cultura escolar.

Gombrade e Silva (2021) indicam que há predomínio de repetições formais nas respostas dos alunos em questionamentos que abordam a Radioatividade por causa de aulas excessivamente expositivas. Assim, é fundamental trabalhar conceitos de radiação e radioatividade de maneira eficaz visando minimizar erros e potencializar a aprendizagem.

No sentido de contextualizar o conhecimento, Cunha Flôr (2009), desenvolveu um estudo em que reflete a respeito de alguns aspectos da epistemologia de Ludwik Fleck, postulando que são empregados na leitura de episódios históricos envolvendo a síntese de elementos transurânicos e da alteração da Tabela Periódica. O estudo

analisou como ocorreu a comunicação das ideias e as diversas produções científicas naquele contexto, à luz dos conceitos fleckianos de coletivos de pensamento, circulação intra e inter coletiva de ideias e círculos do conhecimento.

A desmitificação da Radioatividade como conteúdo da Química na educação básica é o tema de um estudo realizado por Santos (2017) utilizando como instrumento uma sequência didática, para contextualizar o tema, que normalmente é encarado com desprezo e medo por toda a sociedade. Desta forma, recursos audiovisuais e lúdicos são ferramentas de ensino. Neste aspecto, o êxito pedagógico dá-se pela relevância do estímulo ao pensamento crítico e pelo questionamento que demonstra a capacidade de construir princípios e ligar os saberes dando-lhes sentido.

Os estudos sobre Radônio (Afonso, 2009), Rádio (Afonso, 2010) e Polônio (Afonso, 2011), explicam a composição dos elementos químicos e sua aplicabilidade na realização de diagnósticos da área de saúde. Os artigos trazem informações científicas e tecnológicas sobre as diferentes formas sob as quais os elementos químicos se manifestam na natureza e sua importância na história da humanidade.

Lima (2012) discute o processo ensino/aprendizagem de Química, cuja metodologia está em desacordo com as novas tendências pedagógicas para o Ensino Médio, pois ainda se usa memorização e pouca relação entre a Química e o cotidiano do aluno. Cabe ao professor estimular e incentivar o aluno a estudar Química, para identificar e buscar informações relevantes ao seu aprendizado. Mesmo diante desse ensino tradicional que perdura, há novas concepções metodológicas que trazem novos olhares sobre o ensino de Química. As novas visões e concepções metodológicas que surgem apontam para um ensino de Química que possibilite reconhecer uma outra dimensão dessa ciência.

Segundo Coelho (2009), há sérios problemas no ensino de ciências brasileiro, pois não há aplicação dessas ciências no desenvolvimento social e tecnológico. O professor mediador, entre a química e o cidadão, instrui e coordena o ensino vinculando a química ao cotidiano. A escola não acompanha os avanços sociais que se encontrem desprendidos da realidade. Cabe ao professor de química modificar essa situação para melhorar a qualidade do ensino e despertar o interesse. O trabalho de Coelho foi relacionar o estudo da química com a sociedade e demonstrar que é possível preparar o aluno de ensino médio para o exercício da cidadania, formando cidadãos conscientes, questionadores e criativos. Concluiu-se que a preparação e

montagem de aulas práticas com materiais de custo baixo motiva o aluno a aprender ciências.

Lima, Pimentel e Afonso (2011) apresentam um estudo que resume como se deu o impacto da Radioatividade na vida cotidiana no início do século XX. Para estes autores o rádio foi considerado uma fantástica fonte de energia e de cura de doenças, tendo papel central no início da história da Radioatividade. Muitos produtos com radioatividade adicionada e práticas médicas que a envolviam foram lançados.

3.2.3 Experimentação

A experimentação apresenta-se como uma estratégia eficiente que contribui para a criação e solução de problemas reais, de forma a permitir sua aplicação e solução no dia a dia, assim métodos experimentais servem como estímulo aos questionamentos de investigação (SILVA, 2016).

Oliveira (2010) pontua que há atividades experimentais que vem sendo discutidas entre os pesquisadores da área de educação que se voltam para definir as finalidades e tipos de abordagens, assim considerando estes aspectos como fundamentais, ao serem debatidos fornecem subsídios para a prática docente. As discussões apresentadas estão relacionadas às contribuições das aulas experimentais como método de aprendizagem. Os principais tipos de abordagens das atividades experimentais são a demonstração, verificação e investigação, ressaltando seus limites e possibilidades, e ressalta as estratégias para que sejam aplicadas no contexto escolar.

Segundo Silva (2016), deve-se discutir a Experimentação no Ensino de Química e aplicá-la na sala de aula, buscando superar as dificuldades de implantação como metodologia e apresentando as vantagens e desvantagens desse uso, definindo o tipo de abordagem e a formação de professores para realizar experimentação.

Hughes e Zalts (2000) demonstraram por meio de experiências, em sala de aula, que o decaimento radioativo é um processo natural que traz consequências para a sociedade. Assim, analisaram maneiras de reduzir resíduos nucleares, realizando atividades práticas em sala de aula por meio da demonstração de decaimento radioativo usando papel, cola e fitas.

Nessa perspectiva Boff, Bastos e Melquíades (2017) propuseram práticas de Física Nuclear experimental utilizando uma câmara de ionização de baixo custo,

propuseram a medida de filhos do Radônio-222 coletados do ar de ambientes fechados, e também a medida do alcance de partículas alfa emitidas pelos filhos do Tório-232 presentes em camisinhas de lampião. Seus procedimentos experimentais e os resultados obtidos, demonstram que as práticas podem servir de suporte para aulas de Física Nuclear.

No entender de Gonçalves (2005), problematizar a experimentação na formação docente e repensar os métodos das atividades experimentais na educação em Química é muito importante. A abordagem pedagógica e epistemológica contribuiu para investigar os discursos sobre experimentos divulgados em blogs e revistas científicas e educativas. A partir da análise do “corpus” aponta-se para a necessidade de extrapolar os limites das atividades experimentais, enquanto elemento motivador dos alunos.

Bigheti *et al* (2013) propuseram a realização de experimentos para discutir os fenômenos da fluorescência, estudando emissões radioativas, campo elétrico e excitação do elétron, modelo atômico, espectro eletromagnético, absorção e emissão. Silva (2016) pontua que este tipo de experimento enriquece o conhecimento em sala de aula sobre a natureza da ciência, pois associa teoria e observação.

Ainda, a respeito da realização de experiências, há uma característica marcante representada pela utilização de materiais e reagentes de baixo custo e fácil aquisição, que visa superar as deficiências na infraestrutura das escolas. Os conteúdos passíveis de experimentação são factuais, procedimentais e atitudinais. Vincula-se ao contexto em que os alunos estão inseridos com o conteúdo dos experimentos, esse procedimento reforça os conteúdos e permite compartilhar o ponto de vista da maioria dos autores (SILVA, 2016).

Marcondes (2008) considera a importância de conhecimentos sobre ciência e tecnologia para uma participação ativa e responsável na sociedade atual, apresenta-se uma proposição metodológica para o ensino de Química, com a realização de oficina temática que permita inter-relacionar, contextualizar e envolver os alunos a construção de seu próprio conhecimento e a partir da reflexão contribuir para a tomada de decisões. As oficinas temáticas envolvem atividades experimentais sobre temas de interesse social, sendo explorados conhecimentos químicos que têm relação com suas aplicações e implicações sociais.

3.2.4 Uso de tic's

O surgimento de novas tecnologias educacionais contribui para ampliar as possibilidades de aprendizagem, tornando as aulas mais dinâmicas e atrativas. De acordo com Soares *et al.* (2019), o uso de games tem se apresentado como uma base de engajamento entre professores e alunos na escola o que se insere e motiva um ambiente de imersão na aprendizagem. O estudo analisa a melhoria da condição de aprendizagem dentro do contexto cibercultural da mesma forma, ao realizar palestras e atividades que envolvem tecnologias digitais de informação e de comunicação despontando para o uso de possibilidades de aprendizagem usando essas tecnologias na educação.

Segundo Silva (2016), o perfil dos alunos da educação básica mudou bastante, em especial com as novas tecnologias, que atraem e chamam a atenção dos alunos. Ao professor cabe desenvolver meios de atrair a atenção do aluno para a aula. Assim, é preciso reformular a prática pedagógica para que a atenção e a curiosidade do aluno sejam despertadas para a ciência. No Ensino de Química deve-se favorecer as discussões a respeito dessa ciência, sendo uma das formas de despertar interesse pelas aulas, desenvolver a Experimentação e utilizar os recursos tecnológicos.

Eichler, Junges e Del Pino (2005) desenvolveram estudo debatendo as estratégias de ensino e de aprendizagem, em que o papel do jogo é subestimado e conhecido como elemento de motivação ou incentivo às ações educativas. Dessa forma, debateram sobre o uso de dois softwares educativos que, a partir de diferentes perspectivas, abordaram o mesmo assunto presente no ensino médio, a radioatividade. Assim, houve a possibilidade de utilização da estratégia pedagógica de jogos de representação de papéis para o uso de um desses softwares, o que indicou a importante ação do professor na condução dessa estratégia.

Pauletti *et al* (2017) investigou o uso das tecnologias digitais no ensino de Química, analisando a influência dos aparatos tecnológicos nos processos de ensino e aprendizagem. No entanto, a pesquisa apontou insuficiência na penetrabilidade das tecnologias digitais no ensino de Química. Existem vantagens e possibilidades de uso das tecnologias digitais no ensino de Química, em especial no conteúdo de isomeria geométrica por parte dos sujeitos da pesquisa, porém há empecilho para o não uso do laboratório de Informática e as possibilidades dos aparatos tecnológicos que a escola dispõe.

No entender de Gemignani (2012), o conhecimento e a aprendizagem são atividades humanas desenvolvidas para exercer a autonomia e a cidadania, no entanto são também características humanas os diálogos argumentativos e a ética, que contribuem para modificar a realidade e a vida em sociedade. Novas formas de diálogo são estabelecidas a partir do uso de tecnologias de informação e comunicação, o que impõe que o ser humano desenvolva novas competências que possibilite a comunicação expressa, por meio das redes sociais. À escola cabe formar conhecimentos que permitam atuar em colaboração, inovar, atuar em grupo promover desenvolvimento com sustentabilidade assim a educação atual é responsável por desenvolver uma transição paradigmática, que venha a promover ações de construção coletiva com novas formas de interagir e de trabalhar com o conhecimento.

Xavier Fialho e Lima (2019) pontuam em seu estudo que o uso de softwares livres como ferramentas no ensino de Química no âmbito das escolas públicas apresenta uma nova perspectiva aos professores e alunos. Neste fazer tecnológico, o grande desafio que os docentes e discentes do ensino médio encontram para o ensino de Química utilizando softwares livres é estabelecer uma mediação de conhecimento por intermédio dos softwares livres. Estes autores constataram que o ensino-aprendizagem de Química utilizava o laboratório de informática, mas tinham como dificuldades a falta de domínio da tecnologia com softwares livres; limitações dos sistemas operacionais Linux/Ubuntu; programas sem língua estrangeira, limitados e com poucos conhecimentos aplicados ao ensino de Química.

Leite (2019) explica em seu estudo que há uma grande expectativa em relação às Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), pois acredita-se que elas trazem soluções rápidas para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem, que melhora a educação. De forma concisa, a importância das TIC no Ensino de Química nos últimos 30 anos, evidencia suas contribuições para a área. Muitos trabalhos de pesquisa tratam sobre o uso do computador e de vídeos no ensino de Química, o uso de vídeos tem se destacado, mas também os dispositivos móveis ampliam o campo de atuação e comunicação e contribuem no processo de ensino e aprendizagem.

Para Silva (2016), à medida em que ocorrem avanços nas pesquisas tecnológicas, as pesquisas científicas avançam e a educação em química pode valer-se de tais recursos para enriquecer a aprendizagem e tornar os conhecimentos contextualizados, compreensíveis a partir de experimentos e facilmente divulgados

por serem estudos que envolvem também as tecnologias de informação e comunicação.

De acordo com Santos e Leite (2019), ao utilizar recursos didáticos digitais como *smartphones* e *tablets*, em associação com *games* e aplicativos o educador propicia experiências positivas no processo de construção de conhecimentos, especialmente porque podem engajar e motivar melhores resultados na escola.

O uso de Tecnologias de Informação e Comunicação – TICs, possibilita aos alunos desenvolver conhecimentos a respeito de radioatividade em sala de aula. Atualmente, com a ajuda de um celular, é possível ao aluno, acessar fontes educacionais para sanar dúvidas, pode também carregar um vídeo aula sobre o assunto radioatividade, baixar um livro, ou outras publicações digitais para acompanhar a aula, ou mesmo, como atividade extraclasse, concretizando o método de aula invertida, ou seja, adquirindo conhecimentos prévios a respeito de radioatividade. Também o professor pode utilizar TIC's para compartilhar conteúdos, filmes, realizar atividades interativas e registrar o aproveitamento e participação dos alunos nas aulas sobre radioatividade (XAVIER, FIALHO e LIMA, 2019).

O uso de tecnologia é um aliado fundamental no desenvolvimento de metodologias ativas no ensino do conteúdo de radioatividade, pois cabe ao educador planejar e executar o uso de recursos tecnológicos para facilitar a aprendizagem. O desenvolvimento de aulas invertidas para formar conhecimento prévio a respeito da radioatividade, só pode acontecer se houver recursos para que o estudante acesse o conhecimento e realize leituras e pesquisas antecipadas com auxílio das tecnologias, da mesma forma, que o ensino remoto depende exclusivamente da acessibilidade estudantil.

4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica para selecionar livros e artigos de publicações digitais em que foram analisados os conhecimentos que abordam o tema radioatividade.

Este estudo envolveu um levantamento e revisão bibliográfica, sendo estudo delimitado como uma revisão integrativa de textos para, assim, mapear os principais estudos sobre o uso de um produto educacional nas aulas de Química para a abordagem ao conteúdo de radioatividade. Assim, examinou-se a extensão e o alcance dos dados da investigação, contribuindo para identificar e compreender as necessidades de conhecimento e as lacunas existentes em outras pesquisas (MENEZES *et al.*, 2015).

O método de revisão constitui basicamente um instrumento da Prática Baseada em Evidências (PBE), que segundo Galvão, Pluye e Ricarte (2017) são iniciativas que têm gerado um incremento na necessidade de produção de todos os tipos de revisões de literatura. Os métodos de revisão bibliográfica podem ampliar o horizonte e aprofundamento de um tema específico, pois a revisão combina as evidências de múltiplos estudos primários, em especial ampliam a objetividade e a validade dos achados. A revisão sistemática compreende uma síntese rigorosa de todas as pesquisas de uma determinada natureza, como exemplo, enfocando estudos experimentais e ensaios (GALVAO, PLUYE e RICARTE, 2017).

Galvão, Pluye, e Ricarte (2017) apresentam a revisão como a análise minuciosa das teorias e conceitos apresentados pela literatura informativa de um assunto, procurando compreender o fenômeno de maneira completa, tratando-se de uma pesquisa empírica e teórica que abre para diferentes perspectivas de análise, define conceitos, revisa teorias, metodologias e evidências do objetivo de pesquisa, permitindo a compreensão dos conceitos complexos, das teorias e problemas relevantes investigados.

De acordo com Menezes *et al.* (2015), a revisão pode ser apresentada de forma descritiva com base na produção científica que apresenta.

A coleta de dados foi realizada com a utilização de técnicas que permitiram somar conhecimentos, assim, por meio da busca de conhecimentos científicos já publicados realiza-se a revisão bibliográfica.

Segundo Gil (2009) qualquer que seja o instrumento utilizado, devem possibilitar a obtenção de dados a partir do ponto de vista dos pesquisados, assim, uma revisão da bibliografia apresenta os resultados de estudo científicos já desenvolvidos e publicados.

De acordo com Marconi e Lakatos (2010), uma pesquisa bibliográfica busca explicar o problema a partir de referências teóricas publicadas em artigos, livros, dissertações e teses. Esse tipo de pesquisa pode ser realizado de forma independente ou como parte da pesquisa descritiva ou experimental. Desta forma, a pesquisa bibliográfica foi utilizada no desenvolvimento do trabalho, fornecendo embasamento para avaliar as informações e identificar as estratégias utilizadas por outros autores no desenvolvimento de estratégias para o ensino de radioatividade nas aulas de química.

O estudo realizado classifica-se metodologicamente como uma revisão de bibliografia selecionada a partir de busca digital de publicações em portais de publicações de pesquisas em universidades e teve como pergunta norteadora da busca: As estratégias usadas nas aulas de química do ensino médio contribuem para esclarecer a respeito das vantagens e desvantagens do uso da radioatividade?

Para a presente pesquisa foram consultadas as seguintes bases de dados bibliográficas: *Scientific Electronic Library* (SCIELO), *Web of Science*, Banco de dissertações e teses da CAPES e Google Acadêmico por meio dos descritores e/ou seus sinônimos. Os termos utilizados foram: radioatividade, produto educacional de química para ensino médio, estratégias de ensino de química nuclear.

A pesquisa envolveu todos os estudos existentes nos referidos bancos de dados, tendo como critérios de inclusão artigos originais, teses e dissertações com abordagem à pergunta de pesquisa. Foram incluídos os estudos realizados em português, com abordagens quantitativa e qualitativa, estudos primários, revisões sistemáticas, metanálises e/ou metassínteses, e artigos de congresso publicados em fontes indexadas ou na literatura cinzenta, que respondam à pergunta de pesquisa.

Para a identificação dos estudos, foi realizada a leitura criteriosa do título, resumo e palavras-chaves de todas as publicações localizadas e, posteriormente, foi verificado a adequação com critérios de inclusão estabelecidos. Quando os estudos em que o título, o resumo e as palavras-chaves não foram suficientes para definir a seleção, foi realizada a leitura do artigo na íntegra. Após a análise crítica dos artigos, os estudos selecionados foram analisados para extração dos dados do estudo. Para

a extração dos dados, entre esses estudos selecionados, foi construído um instrumento estruturado para essa finalidade, onde foram extraídos: 1) identificação do artigo; 2) contexto; 3) conteúdo; 4) Classificação das estratégias pedagógicas utilizadas. Assim, os artigos foram categorizados em: experimentação, contextualização, metodologias ativas e tecnologias digitais (jogos/quiz).

Após a análise dos artigos, destacaram-se as principais abordagens que podem ser utilizadas e a partir dessas metodologias foi desenvolvido um produto educacional de química com 6 aulas sobre o tema Radioatividade. Este número de aulas foi definido, por representar o número de aulas de Química durante um mês.

O público-alvo foram os professores do 3º ano do Ensino Médio.

Para desenvolver um produto educacional, que é segundo Rojo e Glaís (2010) “um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero oral ou escrito”, foram analisados vídeos e jogos que podem ser incorporados no material com a finalidade tornar as aulas mais dinâmicas e a aprendizagem mais efetiva. Além disso, foram propostas pesquisa e leitura de textos, recortes de filmes e jogos interativos.

Uma produção educacional pode ser vista como um conjunto de planos de aula, porém, enquanto o plano de aula se refere a apenas uma aula, um produto educacional leva em consideração um mesmo tema para várias aulas que serão trabalhadas em uma determinada sequência (OLIVEIRA, 2013).

O produto educacional é elaborado em etapas conforme Giordan e Guimarães (2011), sendo elas: o título, que tem o objetivo de atrair a atenção dos educadores; o público-alvo, para o qual o produto deve ser destinado; a problematização que determina as ações; o objetivo geral e os específicos; o conteúdo; a dinâmica; e a avaliação do produto, que deve levar em conta os objetivos; e por fim as referências bibliográficas e outras bibliografias utilizadas para a organização do material.

A construção e aplicação do produto educacional foi realizada na seguinte ordem:

1ª aula - Avaliação do conhecimento prévio dos discentes sobre radioatividade.

2ª aula – Radioatividade e Gamificação – Kahoot.

3ª aula – Isótopos.

4ª aula – Construindo um gráfico de decaimento radioativo

5ª e 6ª aula – Trabalhando o decaimento radioativo beta: conceito de meia vida por simulação interativa PHET.

A avaliação por pares foi realizada a partir de um questionário digital, por meio da plataforma *Google Forms*, para coletar as impressões sobre o produto educacional, envolvendo 16 professores de química do Ensino Médio. O tratamento de dados verificou a possibilidade de desenvolver a aprendizagem dos conteúdos sobre radioatividade.

Para obter a percepção dos professores a respeito do produto educacional foram elaboradas perguntas de múltipla escolha que vão além da obtenção de sim e não como resposta. Assim, foram elaboradas questões a partir da escala *Likert* que apresentam afirmações auto descritivas. São questões que oferecem como opção de resposta uma escala de pontos com descrições que contemplam extremos indicando a concordância ou discordância total ou parcial sobre o assunto questionado. Isso permite descobrir marcas dos níveis de intensidade da opinião e contribui para medir a satisfação mediante um produto ou serviço (GIL, 2018).

De acordo com Nassi-Caló (2015), o tipo de avaliação utilizado caracteriza-se como um método ativo em que o par interage com o pesquisador oferecendo um feedback sobre o material analisado. Trata-se de um processo que se realiza com base nas percepções de excelência dos pares para a atividade proposta pelo pesquisador. Assim, os pares refletem e analisam o quanto o colega realizou bem o trabalho e indicam se os critérios e objetivos combinados anteriormente alcançaram o objetivo.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise dos resultados compreendeu a avaliação dos pares ao produto educacional (Apêndice A), que foi apresentado para a avaliação de aplicabilidade no ensino aprendizagem do conteúdo de radioatividade com alunos do Ensino Médio.

5.1 Resultado da revisão

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica, em que foram analisados artigos publicados sobre o tema radioatividade. Os artigos foram categorizados em: experimentação, contextualização, metodologias ativas e tecnologias digitais (jogos/quiz). Foram analisados 37 artigos publicados digitalmente, entre os quais 43,24% aborda estratégias de contextualização, 18,9% está relacionado à prática de experimentação, 13,5% apresenta estudos decorrentes de metodologia ativa, 16,2% versam sobre o desenvolvimento de estudos de Química envolvendo jogos/quis, 16,2% são demonstrações de uso de TIC's no ensino de Química.

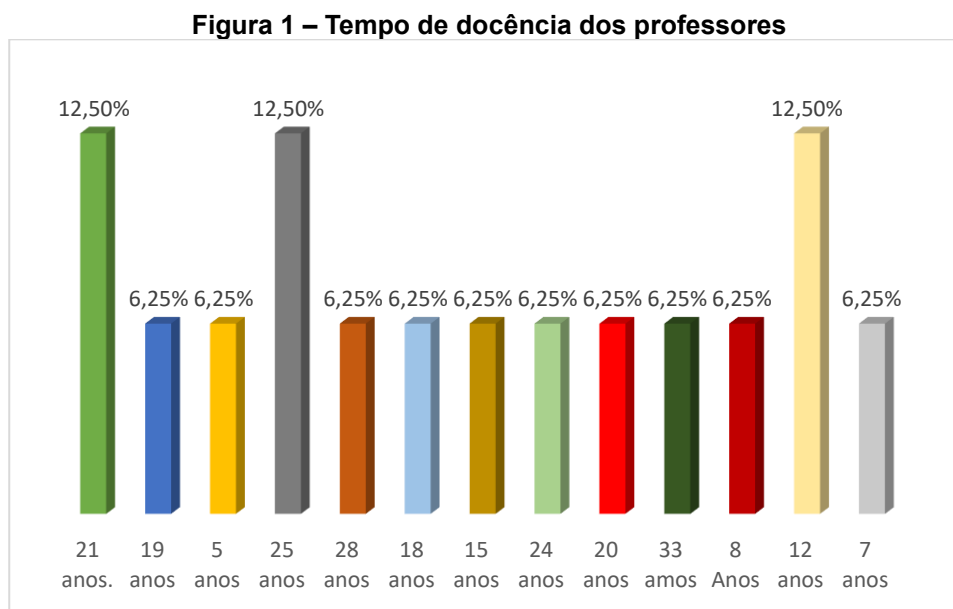
Uma característica metodológica observada nos artigos é que muitos deles apresentam mais de um método ou recurso utilizado na prática pedagógica do ensino de Química, demonstrando que os professores buscam novas formas e reúnem conhecimentos para ser colocado em prática no desenvolvimento de projetos educativos.

5.2 Avaliação por pares

A avaliação do produto por pares foi realizada a partir da aplicação de um formulário (Apêndice A) online aplicado a professores de Ciências e de Química de escolas da rede pública e particular do oeste do Estado do Paraná.

Para melhor entender os resultados da investigação sobre o parecer dos professores das áreas afins em relação ao produto que apresenta estratégias de construção de conhecimento a respeito do conteúdo de radioatividade, foi investigado inicialmente o tempo de atuação dos participantes da pesquisa na docência relacionada à área de ciências naturais.

Tendo em vista que responderam ao formulário 16 professores que declararam seu tempo de atuação na docência. A Figura 1 apresenta o resultado deste questionamento.

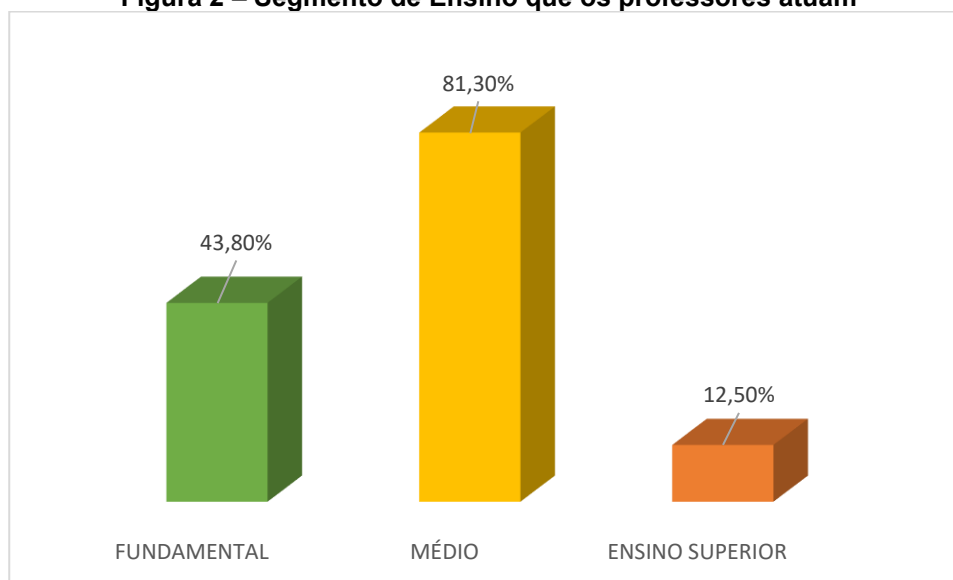


Fonte: Autoria própria (2022)

De acordo com Nassi-Caló (2015), ao realizar uma avaliação por pares coloca-se a pesquisa sob uma condição de aprovação de outros pesquisadores, considera-se esse mecanismo efetivo e eficaz para garantir a qualidade, confiabilidade, integridade e consistência das produções acadêmicas. Desta forma, este tipo de submissão deve ser realizado com pares devidamente experientes no assunto da pesquisa, o que neste caso é representado pelo tempo de docência dos pares.

Embora todos os participantes sejam ligados à área das ciências naturais, os mesmos atuam em segmentos diferentes, tanto do Ensino Fundamental II, quanto do Ensino Médio e Ensino Superior. A Figura 2 apresenta as respectivas áreas de atuação dos professores pesquisados.

Analisando os resultados percebe-se que há professores que atuam em mais de um segmento da educação básica e outros que atuam na educação básica e no Ensino Superior.

Figura 2 – Segmento de Ensino que os professores atuam

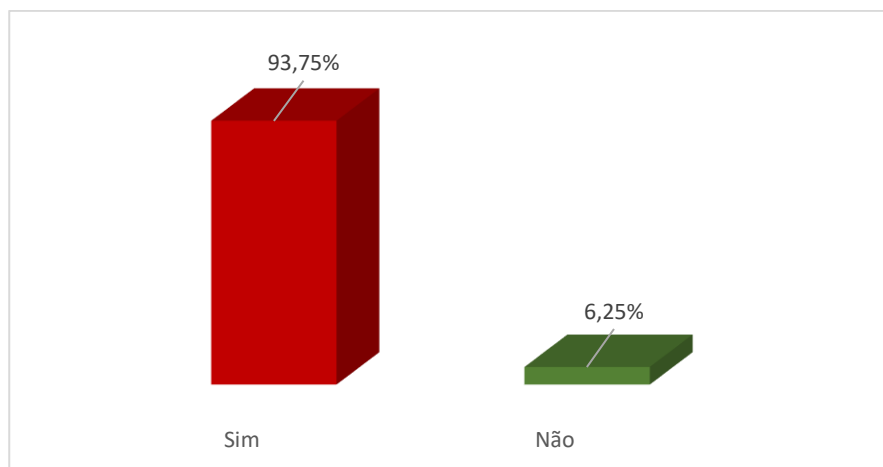
Fonte: Autoria própria (2022)

A radioatividade é conteúdo previsto no currículo da base nacional do ensino de química. Assim foi questionado aos participantes da pesquisa se o mesmo trabalha o tema radioatividade em sala de aula e coloca-se a possibilidade de que o mesmo justifique, quando em caso afirmativo, se utilizaria esse produto em suas aulas e por quê. Entre os 16 participantes da avaliação por pares, 15 professores afirmaram que utilizariam o produto para ensinar radioatividade e somente 1 afirmou que não utilizaria o produto.

O produto educacional pode ser desenvolvido em forma de projeto e contribuir para que os alunos formem uma concepção a respeito da radioatividade, essa é uma forma de desmistificar os conhecimentos errados a respeito do assunto. A preparação de aulas e o uso de materiais alternativos é um aspecto motivador no desenvolvimento da aprendizagem.

A Figura 3 apresenta estatisticamente a aceitação do produto educacional para o ensino do conteúdo de radioatividade no 3º ano do Ensino Médio, o professor de química que afirmou que não utilizaria o produto educacional, não apresentou uma justificativa para não aceitar o material apresentado para formar conhecimento sobre radioatividade.

Figura 3 – Aceitação dos professores ao produto educacional apresentado



Fonte: Autoria própria (2022)

Nesse contexto, os professores justificaram o uso apresentando as suas considerações a respeito do material elaborado, conforme apresenta o Quadro 3 relaciona as considerações dos professores justificando porque utilizariam o produto em suas aulas.

Quadro 3 – Justificativas dos pares para a utilização do produto

Trabalho na rede privada, utilizaria. Temos poucas atividades a nível de ensino médio sobre o tema e esse produto vem nos auxiliar no desenvolvimento deste tema tão distante e invisível para o aluno.
Sim. Utilizaria, pois traz o tema de uma maneira leve e didática para os educandos facilitando assim a compreensão do tema.
Sim! Porque é bastante objetivo
Sim. Pois está relacionado com Função exponencial.
Trabalho, utilizaria sim, pois é um material atualizado o qual facilita o trabalho docente.
Sim, pelo formato desse produto tem grandes chances de ser aplicado em minhas aulas, aplicar esse material em conjunto com o simulador deixa o conteúdo sobre decaimento mais ilustrado e significativo facilitando o processo de ensino e aprendizagem.
Sim. O conteúdo é bem diversificado e a metodologia utilizada vem de encontro com a atual situação vivida com aulas que pode ser trabalhada <i>on line</i> , facilitando o trabalho do docente e do aluno.
Não.
Sim. Capacitar o aluno a compreender o fenômeno da radioatividade, entender o equilíbrio entre o número de prótons e nêutrons no núcleo atômico.
Sim. O material tem potencial para diversificar a abordagem do conteúdo em sala de aula.
Sim, trabalho sobre radioatividade em minhas aulas. Com certeza, a sequência de aulas descritas pode auxiliar e melhorar ainda mais o entendimento do conteúdo em sala de aula.
Sim. Orientar os alunos a sua importância na medicina e outros seguimentos industriais
Sim. Utilizaria. O tema radioatividade é pertinente por que abordado juntamente com a estrutura atômica das partículas, elementos radioativos, fissão e fusão nuclear, medicina nuclear, usinas nucleares, etc.
Sim. Sim. Aula dinâmica e conteúdo atual, permitindo ao educando obter a aprendizagem
Sim. Sim utilizaria.
Sim. Utilizaria pela característica investigativa e motivadora do produto.

Fonte: Autoria própria (2022)

Os comentários dos professores que participaram da pesquisa são enriquecedores no sentido de compreender o que os professores esperam de materiais que possam contribuir para a promoção de conhecimentos a respeito de radioatividade no ensino médio.

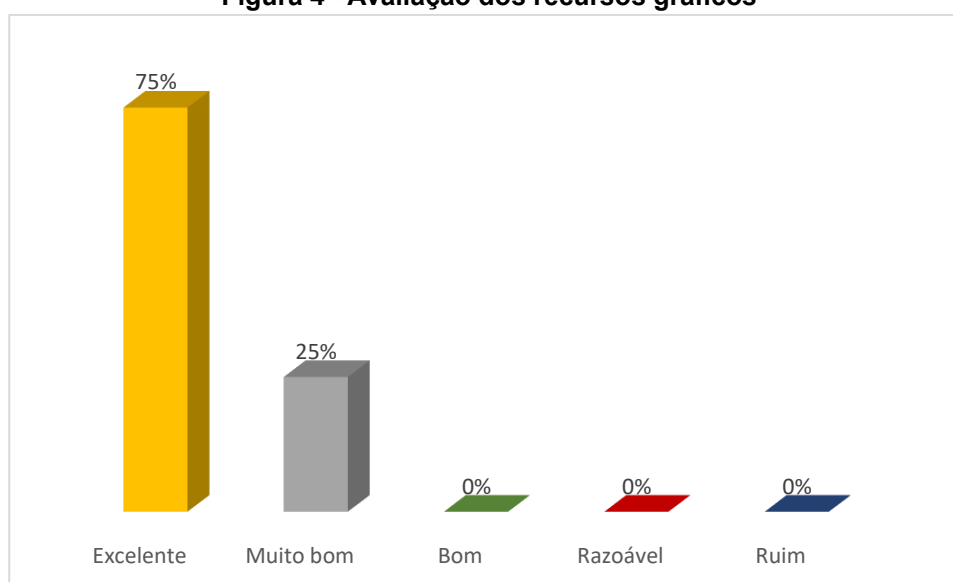
Os professores reconhecem que o tema radioatividade é pertinente por que pode ser abordado juntamente com a estrutura atômica das partículas, elementos radioativos, fissão e fusão nuclear, medicina nuclear, usinas nucleares, etc. A objetividade do material foi reconhecida pelos professores porque trata o tema de maneira leve e didática facilitando a compreensão, segundo as afirmações, além de estar relacionado a Função Exponencial. Para os professores, o material pode diversificar a abordagem do conteúdo em sala de aula.

O uso de recursos digitais é um fator facilitador tanto para introdução do conteúdo, quanto para a fixação, pois permite realizar quis que pode motivar os estudantes em relação aos conteúdos propostos.

O professor que afirmou que não usaria, não justificou a causa de não fazer uso do material disponibilizado, o que poderia contribuir para que o mesmo material fosse ampliado e ter melhorias inseridas na sua elaboração.

Foi solicitada a avaliação da apresentação gráfica dos recursos utilizados no material, pois o produto possui figuras, fluxogramas e outros recursos. A Figura 4 apresenta os resultados da aprovação dos aspectos visuais do produto avaliado.

Figura 4 - Avaliação dos recursos gráficos



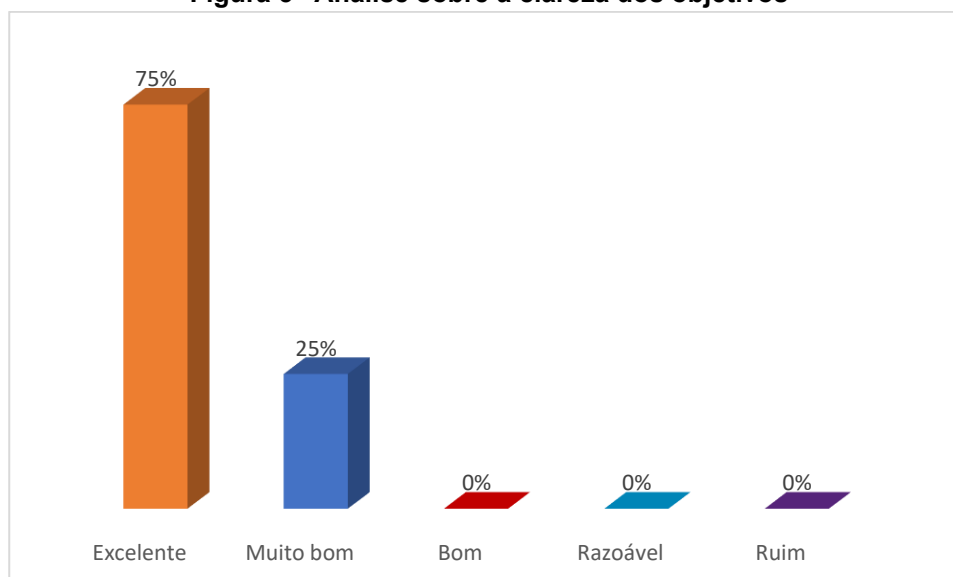
Fonte: Autoria própria (2022)

A aplicação da produção didática com abordagem ao ensino da radioatividade com alunos do ensino médio é um material que pode ser apresentado de maneira a se mostrar claro e convidativo ao estudo, Shintaku *et al* (2020), pontuam em sua pesquisa que a apresentação visual e gráfica do material de uma sequência ou projeto didático precisa mostrar-se eficaz e motivadora, para isso o conteúdo deve ser disposto com clareza e demonstrar confiabilidade e segurança no conteúdo que se pretende desenvolver.

A boa apresentação do material envolve a avaliação dos pares na medida em que oferece facilidade de entendimento, o desenvolvimento de práticas com referências claras, acesso às tecnologias de informação a partir da apresentação de links que levem a pesquisa aos endereços eletrônicos corretos, isso demonstra que a pesquisa que originou o produto didático foi realizada voltada para a promoção de aprendizagem a partir de conteúdos de referências científicas comprovadas.

A elaboração do produto precisa ser realizada tendo em vista os aspectos de comunicação clara e objetivos definidos para o que se pretende alcançar. Assim, foi questionado se os objetivos do produto foram apresentados com clareza. A Figura 5 apresenta o parecer dos pares a respeito da clareza do item solicitado.

Figura 5– Análise sobre a clareza dos objetivos

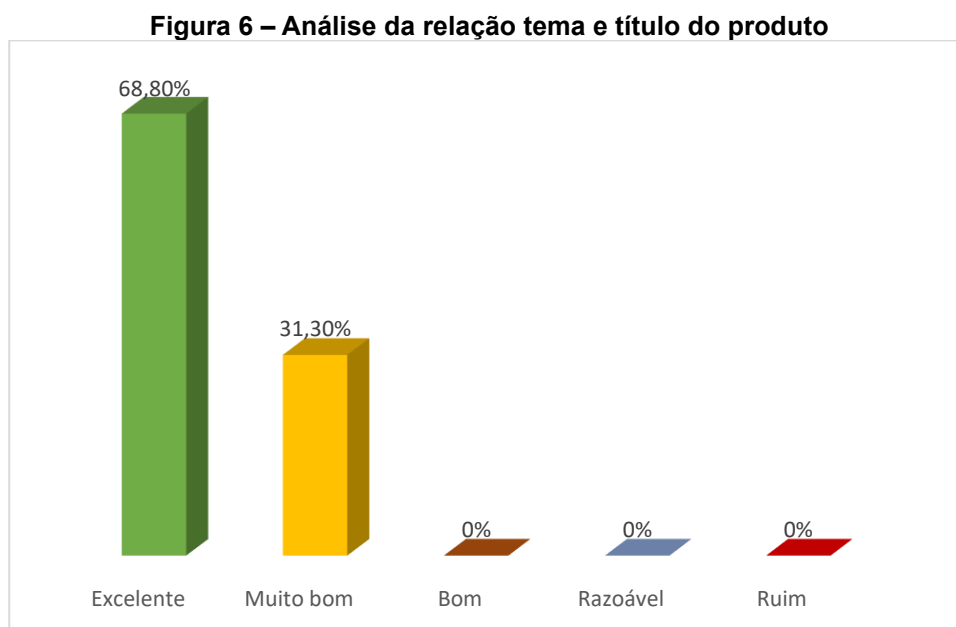


Fonte: Autoria própria (2022)

A temática abordada na construção deste produto é a radioatividade, tendo em vista que se trata de um assunto pouco aprofundado na educação básica, o que vem, segundo Ferreira e Marques (2019), ao longo dos anos impondo desconhecimento e

falta de esclarecimento que pode acarretar em problemas de ordem sanitária para muitas pessoas.

Foi solicitado aos pares a análise da adequação do título ao tema trabalhado no produto “Química: estratégias para o ensino de radioatividade no ensino médio”. A Figura 6 apresenta as considerações dos pares a respeito dessa adequação.

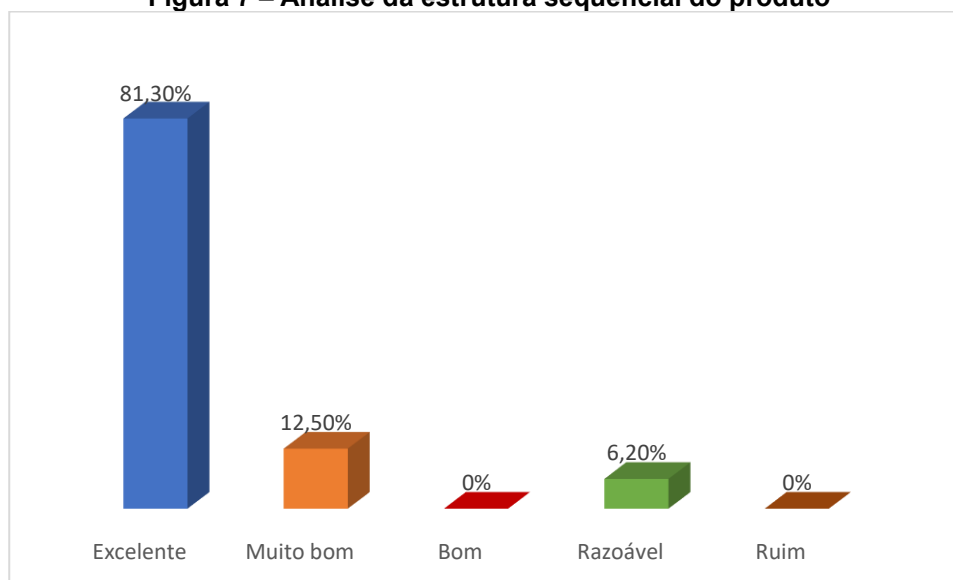


Fonte: Autoria própria (2022)

A sequência proposta para o produto didático foi orientada para que os estudantes pudessem acessar o conhecimento de maneira ampla e por meio de pesquisas desenvolvendo o método de aula invertida, primeiramente acessando o conhecimento de maneira geral, para posteriormente, aprimorar os mesmos com a leitura e a pesquisa científica em sala de aula com a mediação do professor.

Atualmente, os recursos tecnológicos propõem inúmeras possibilidades de enriquecimento do ensino, assim a estrutura sequencial do produto precisa indicar uma sequência de conteúdos que sejam requisitos para desenvolver o conhecimento seguinte, para que os conteúdos não venham a ficar sem significado.

A Figura 7 indica que os pares consideram a estrutura sequencial adequada e que pode contribuir para facilitar o entendimento dos alunos a respeito do tema do produto.

Figura 7 – Análise da estrutura sequencial do produto

Fonte: Autoria própria (2022)

Foi questionado aos participantes da avaliação por pares a respeito do planejamento de aulas que vem sendo realizado ao longo dos anos e precisa sempre considerar o número de aulas que são necessárias à aprendizagem eficiente dos alunos.

Em relação ao tempo de aprendizagem, o professor deve considerar que cada indivíduo possui uma condição de aprendizagem que lhe permite compreender o conteúdo estudado em seu próprio tempo, há estudantes que adquirem o conhecimento em menos tempo que outros, no entanto todos precisam aprender o conteúdo e sempre que for necessário deve implementar mais aulas, com metodologia adequada que permita a todos os estudantes a oportunidade de assimilar e desenvolver conhecimentos.

Nesse aspecto, segundo Santos (2017), os saberes a respeito da radioatividade nas aulas de química, adquirem um importante papel baseado na racionalização, indução e dedução. Considera-se que a racionalização do conhecimento conduz ao rompimento com a ideia de que o homem e a natureza resultam apenas da relação da criação de Deus. Cabe ao educador melhorar a aprendizagem do conhecimento químico, aplicando o que foi aprendido na sua vivência real.

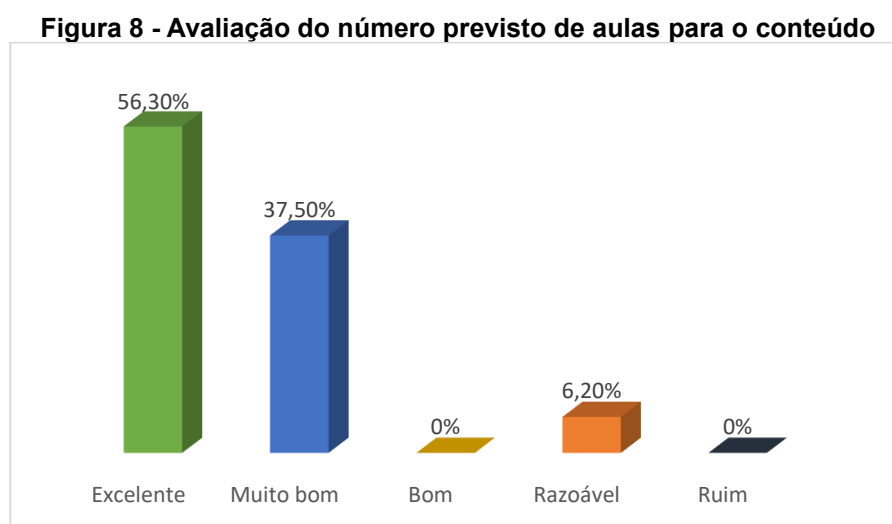
Diante disso, é importante que o número de aulas preparadas para desenvolver conhecimentos seja adequado à dificuldade de assimilação dos estudantes e do

próprio conteúdo estudado, isso é obtido a partir do desenvolvimento de diferentes abordagens que o ensino de química possui no contexto pedagógico.

O ensino de química apresenta três tipos de abordagem: a abordagem fenomenológica, relacionando pontos chave com o conhecimento partindo racionalmente de uma visão concreta. A abordagem teórica busca demonstrar explicações com base em modelos de átomos, íons entre outros capazes de explicar os fenômenos. A abordagem representacional, envolve a linguagem que caracteriza a Química, representada por fórmulas e equações (PRIESS, 2012).

Considera-se que o número de aulas deve ser adequado à necessidade de cada turma, pois o nível de aprendizagem varia entre alunos e turmas, e, mesmo entre escolas. Trata-se de um produto educacional que pode ser adequado pelo professor da disciplina de acordo com a necessidade da turma em que vai ser aplicado, pois em termos pedagógicos nenhum planejamento pode ser fechado, ele deve ser adequado ao plano de aprendizagem de cada turma. Assim, cabe a cada professor identificar as dificuldades dos seus alunos e estabelecer se é necessário mais tempo de ensino para desenvolver satisfatoriamente o conteúdo.

A Figura 8 apresenta o resultado da análise dos pares sobre a quantidade de aulas necessárias para abordar esse tema.



Fonte: Autoria própria (2022)

O professor precisa de autonomia para definir o embasamento teórico, depende de o educador pesquisar para que os conhecimentos ensinados sejam verdadeiros e que possam ser discutidos criticamente a fim de poderem ser

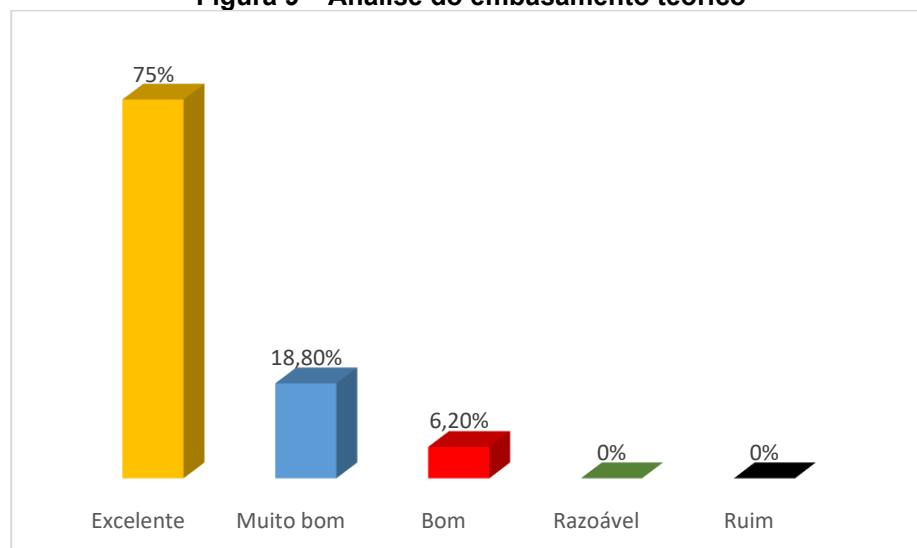
contextualizados e usados no cotidiano. A Figura 9 apresenta a análise dos pares sobre o embasamento teórico.

Da mesma forma, o acesso à pesquisa varia de acordo com a disponibilidade de recurso de cada escola e a habilidade de cada educador em colocar à disposição dos alunos o material necessário para construir conhecimentos.

A realização de aulas invertidas para que os alunos tomem conhecimento do conteúdo que vai ser desenvolvido é uma das atividades previstas, o que exige que o professor investigue antecipadamente as bases teóricas disponíveis da forma digital e livros que podem ser utilizados e que os estudantes possam encontrar os conteúdos previstos.

Não há impedimento para que o professor de química que vai ensinar radioatividade busque e pesquise fontes acessíveis aos alunos de forma que possa otimizar o produto educacional proposto.

Figura 9 – Análise do embasamento teórico



Fonte: Autoria própria (2022)

Foi solicitado aos pares para emitir um parecer a respeito do programa de simulação para a aprendizagem de radioatividade. A Figura 10 apresenta o resultado da análise voltada para a realização de simulação no desenvolvimento da aprendizagem sobre radioatividade. A visão pedagógica é que ao tratar a disciplina voltada para a experiência prática em laboratório, porém é necessário compreender que as práticas são complementos das teorias e, que no contexto da educação básica,

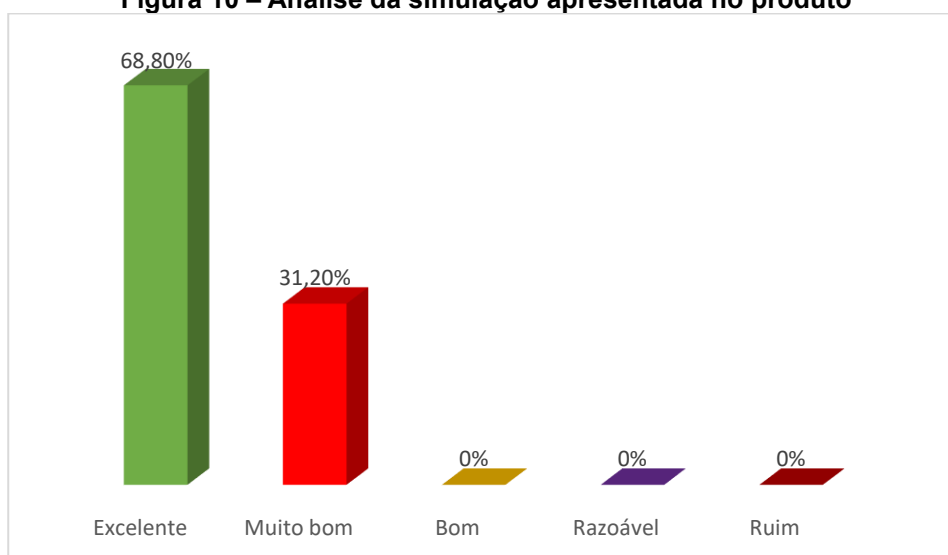
as práticas são desenvolvidas com a finalidade de tornar as teorias de maior compreensão para os aprendizes.

Os estudos de Marcondes (2008) demonstram que a simulação e a experimentação possuem um papel importante no desenvolvimento dos conhecimentos de química, a partir da experimentação o professor busca desenvolver a aprendizagem de conceitos científicos e corrigir os erros de conceituação que os alunos possam apresentar.

De acordo com Santos (2017), a aprendizagem a partir da simulação torna possível ao aluno compreender a natureza da ciência e suas relações com as novas tecnologias, o que permite ao aprendiz aprimorar habilidades de manipulação. As aulas teóricas são modelos que permitem explicar os fenômenos relacionados aos conteúdos estudados, assim o conhecimento teórico registrado e colocado à disposição do estudante representa uma relação com o conhecimento formal.

Os professores também precisam ter autonomia para tornar a simulação um momento de registro do conhecimento. A maioria avaliou como excelente o programa de simulação, mas é importante lembrar que essa simulação pode extrapolar a proposta e torná-la muito mais produtiva quando adaptada à realidade de cada turma e em afinidade com o trabalho de cada professor.

Figura 10 – Análise da simulação apresentada no produto



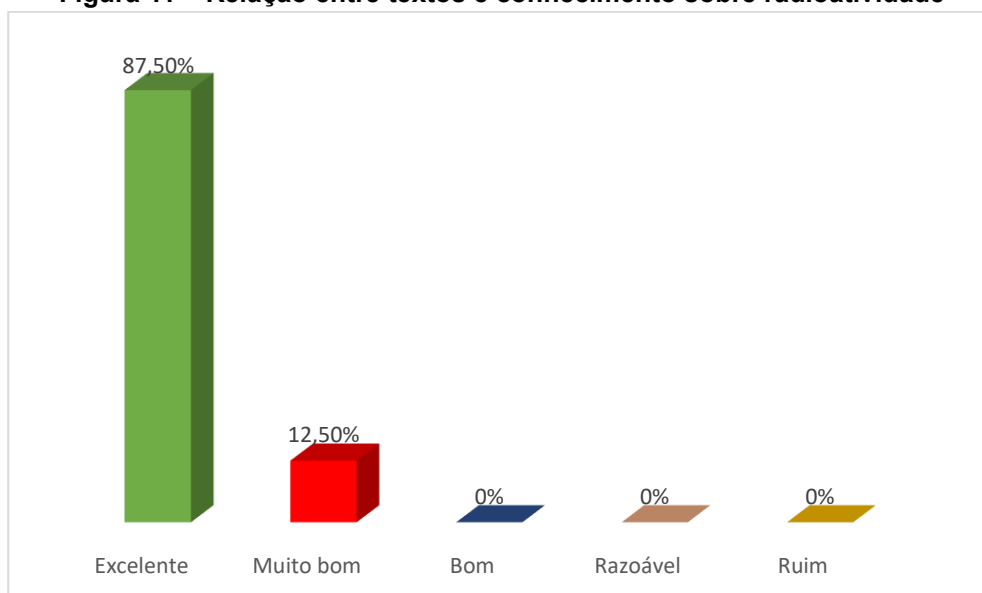
Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 11 apresenta a análise dos pares em relação ao conhecimento pretendido sobre radioatividade. A adequação dos textos deve considerar sempre a acessibilidade de vocabulário, de forma que se torne de fácil compreensão tanto para

os pares quanto para os estudantes, além de também apresentar informações corretas e adequadas à construção do conhecimento.

A meta no ensino de química a respeito da radioatividade será sempre extrapolar o senso comum, despertando para a compreensão do tema, de forma a construir conhecimentos desprovidos de falsos conceitos que possam ocasionar prejuízos e insegurança para as pessoas quando são colocadas em contato com a radioatividade no seu cotidiano.

Figura 11 – Relação entre textos e conhecimento sobre radioatividade



Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 12 apresenta a análise dos pares a respeito do material digital indicado no produto. O conhecimento é necessário a todos os seres humanos e pode ser elemento de inclusão ou de exclusão, isso depende da maneira como é conduzido. Os elementos digitais disponíveis para se construir conhecimento sobre radioatividade precisam ser claros e acessados com facilidade para que todos tenham acesso.

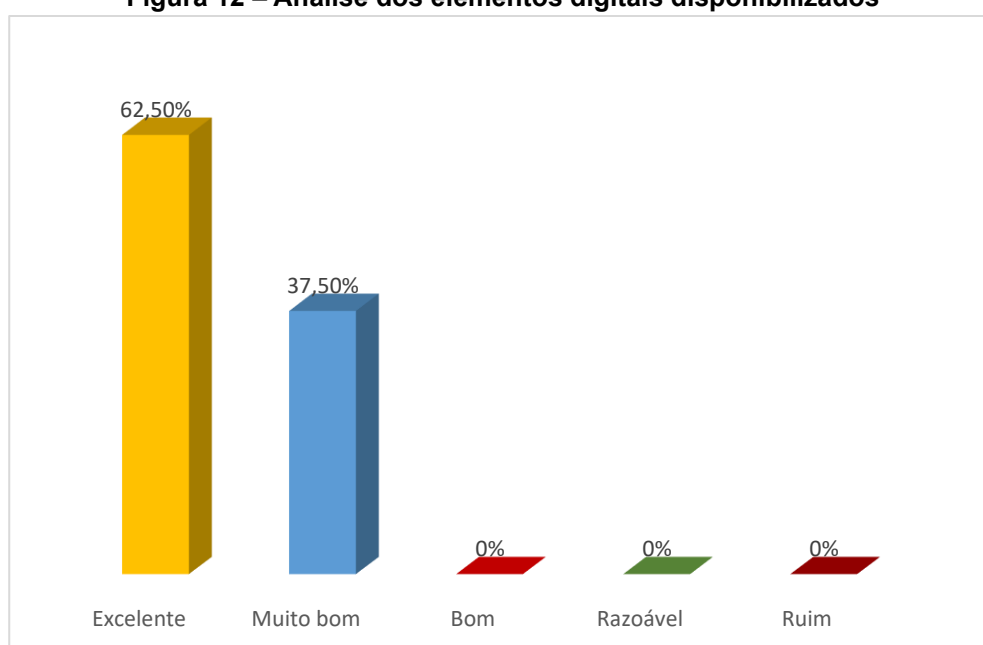
O uso de recursos tecnológicos e a digitalização das pesquisas nem sempre são aprovados pelos professores e pelas escolas, pois ainda há muitos professores que não desenvolveram a habilidade de atuar pedagogicamente com TIC's.

A formação de educadores ainda é incipiente no desenvolvimento de técnicas que permitam utilizar os recursos digitais como fonte e apoio no desenvolvimento de conhecimentos. É importante e fundamental que o educador busque meios de tornar o conhecimento digital disponibilizado em rede, acessível a todos os alunos, pois enquanto existir aluno que não tenha acesso a esse conhecimento, existirão exclusão

e práticas incapacitantes no desenvolvimento das atividades escolares (MARCONDES, 2008).

Durante muito tempo os conhecimentos disponibilizados em rede não eram explorados porque era desconsiderado por preconceito, muitos educadores consideravam que os alunos utilizavam os recursos limitados pelo ato de copiar e colar. Mas quando ocorre o planejamento desse uso, é possível acessar o conhecimento de forma bem direcionada, de forma a colocar o estudante em contato com as pesquisas científicas já realizadas.

Figura 12 – Análise dos elementos digitais disponibilizados



Fonte: Autoria própria (2022)

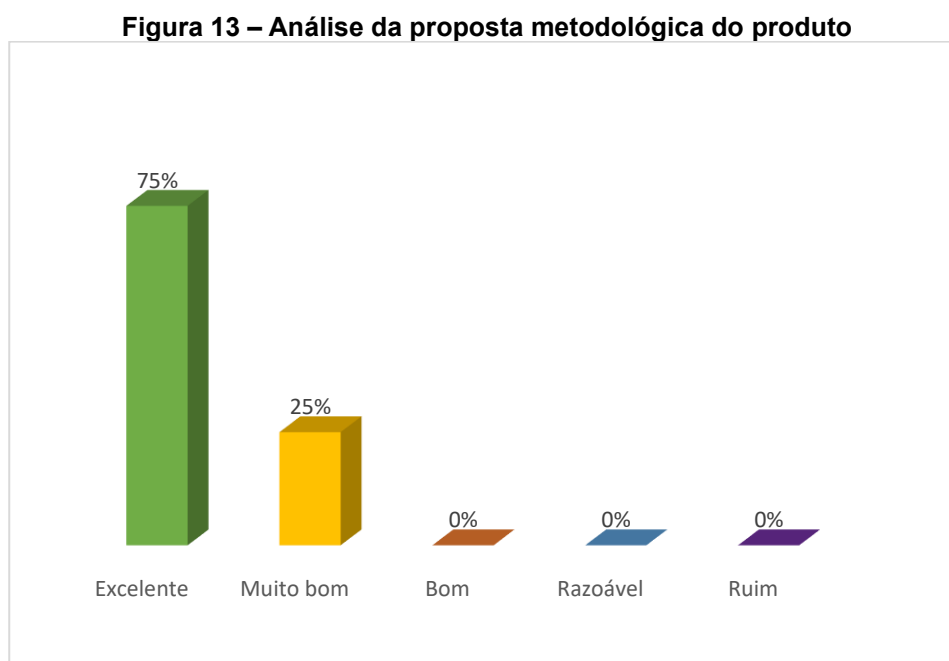
Ao longo dos anos a metodologia de ensino construtivista vem ganhando maior destaque e se tornando mais clara de forma a possibilitar alcançar as dificuldades dos estudantes. Entende-se por metodologia de ensino todos os recursos planejados para alcançar os objetivos propostos desde os objetivos gerais do segmento educacional até os objetivos específicos do conteúdo curricular previsto para ser trabalhado na escola.

Quando se trata de avaliação por pares, Shintaku et al (2020) comenta que muitas propostas de ensino de química desafiam a contribuição metodológica da experimentação e construção do conhecimento desenvolvendo a observação natural. Sabe-se que a construção do conhecimento pode enriquecer com a abordagem

experimental, propiciando a formação do pensamento e de atitudes quando o sujeito promove a interação com os objetos. Mas o conhecimento não possui validade em si mesmo, é preciso contextualizar os saberes construídos para aplicar no cotidiano.

A importância de acrescentar realidade nos currículos de Química, estabelecendo relações entre o dia a dia do aluno e o conhecimento científico, utilizando-se para tal a Química presente no cotidiano, ou seja, trazendo a realidade do aluno para as salas de aula (LISO *et al.*, 2002).

Foi solicitado aos pares que analisassem a proposta metodológica do produto, tendo em vista que o produto apresenta estratégias como aulas invertidas, uso de recursos digitais e audiovisuais, auto avaliação e outros meios que podem contribuir para formar conhecimentos, seja na contextualização ou na experimentação realizada com a finalidade de desenvolver conhecimentos a respeito da radioatividade e seus efeitos na vida das pessoas. A Figura 13 apresenta o resultado da análise da proposta metodológica.



Fonte: Autoria própria (2022)

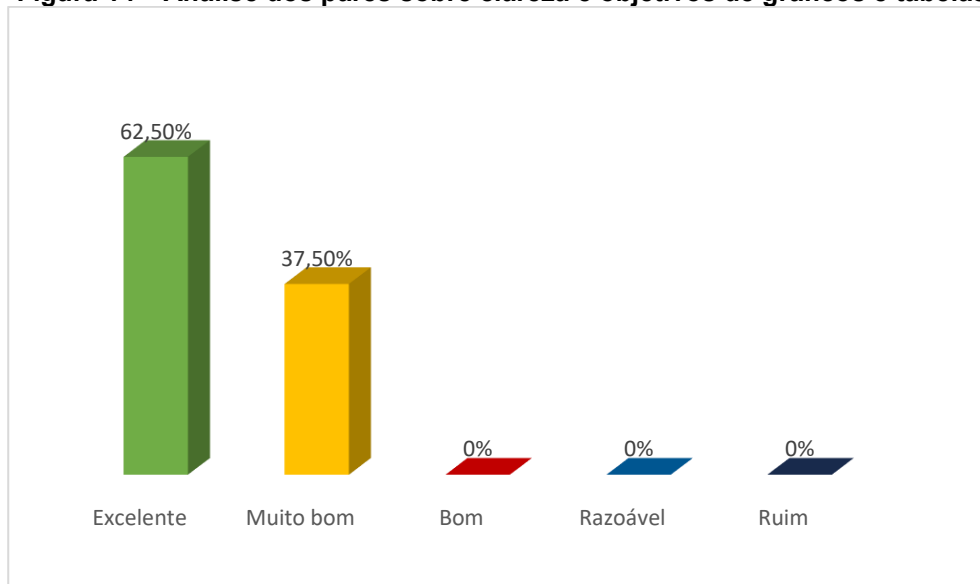
O material possui gráficos e tabelas que podem ser avaliados em sua clareza e seus objetivos. A Figura 14 apresenta a análise dos pares a respeito dos gráficos e tabelas apresentados no produto.

A proposta deste produto educacional foi permitir aos estudantes e professores o acesso ao conhecimento sobre a radioatividade, para isso apresenta subsídios em

forma de textos, vídeos, materiais de experimentação e outros recursos que atuam na promoção do ensino e oportunizam discussões e reflexões a respeito da intervenção que o conhecimento científico realiza na sociedade. Desta forma, pretendeu-se com o produto didático apresentado possibilitar que os aprendizes realizem uma transposição do início até atingir a construção efetiva de conhecimentos a respeito do assunto tema da produção. Assim, o material avaliado pelos pares é referendado para formar opinião dos estudantes a respeito de radioatividade, apresentando o conhecimento construído para a sociedade (SANTOS, 2017).

Atualmente, apesar dos avanços tecnológicos, considera-se que nem todos os estudantes têm acesso às tecnologias pois faltam recursos tecnológicos para acesso ao conhecimento digital, o que limita o desenvolvimento de atividades extraclasse da produção didática, além disso, o acesso digital contribui para que os estudantes realizem a leitura de textos ou assistam vídeos em casa, além de permitir o avanço nas pesquisas. Porém, quando o aluno não tem acesso é preciso que o professor use a criatividade de suprir esse déficit, pois todos os alunos têm direito ao conhecimento.

Figura 14 – Análise dos pares sobre clareza e objetivos de gráficos e tabelas



Fonte: Autoria própria (2022)

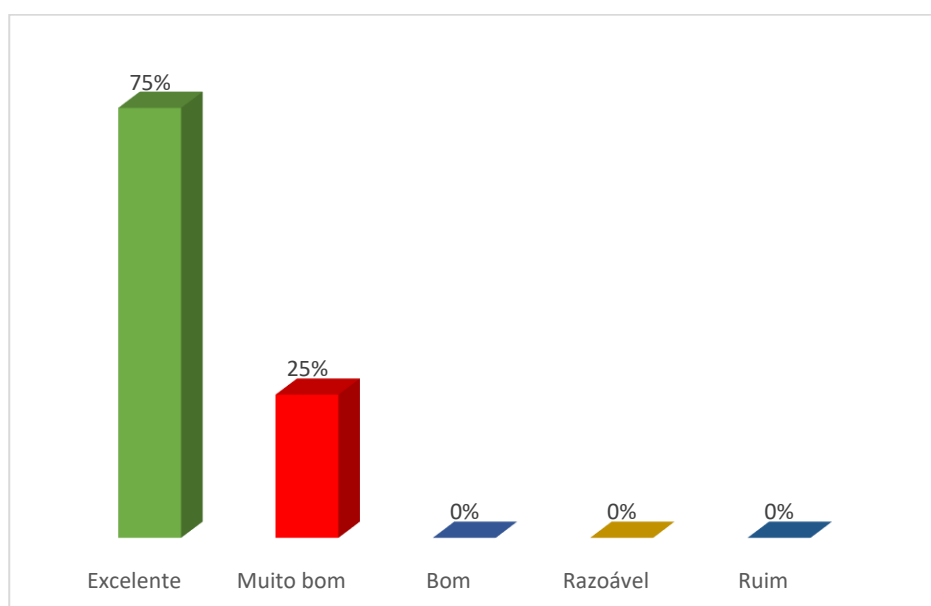
O desenvolvimento de estudos sobre radioatividade nas aulas de química do ensino médio ainda não possui estímulos ideais para sua realização, pois, muitas vezes, aspectos negativos da radioatividade contribuem para obscurecer a necessidade e a validade da radioatividade na vida das pessoas em diferentes

campos de desenvolvimento. Assim, cabe solicitar a análise da relevância desse conhecimento para o desenvolvimento crítico da educação integral das pessoas.

Para Shintaku et al (2020) a realização de avaliação por pares, não tem como finalidade obter a aprovação de uso do material; mas contribuir para que o conhecimento encontre métodos adequados para proporcionar uma educação eficiente e de acesso universal aos estudantes do ensino médio.

A Figura 15 apresenta o parecer dos professores pares a respeito da relevância do produto para o ensino de radioatividade no ensino médio.

Figura 15 – Análise da relevância do produto



Fonte: Autoria própria (2022)

Enfim, foi solicitado aos pares se consideram necessário acrescentar algum conteúdo no produto voltado para o ensino sobre radioatividade e também pedindo uma opinião sobre o que considera adequado acrescentar. Isso representa a abertura que se deve dar ao professor de cada turma para definir a quantidade e a qualidade dos conteúdos.

Os professores puderam então emitir seu parecer, indicando que o produto está completo. O Quadro 4 apresenta integralmente as respostas dos pares na avaliação do produto educacional apresentado.

Quadro 4 – Avaliação dos pares ao produto

Quanto ao conteúdo está ótimo, acredito que quando escrevemos um Produto Educacional com proposta para o ensino médio, muitas vezes nossos orientadores nos direcionam para questões
--

voltadas ao ensino superior, pois a maioria deles nunca deram aula em escolas de ensino médio públicas. Um excelente Produto Educacional, porém, a maioria das atividades requer uso de celular com dados móvel. Sabemos que em escolas públicas nem todos os alunos têm acesso, isso quando a escola não proíbe o uso de celulares. Precisamos fazer uma adaptação para trabalhar, trazer os textos prontos ou compartilhá-los em <i>off line</i> pelo <i>drive</i> , conseqüentemente o tipo de desenvolvimento seria maior. Parabéns pelo produto.
Não. Está excelente.
Está bom, por se tratar de um assunto bastante abstrato no cotidiano do aluno, acredito que está ótimo
Gostaria de ter oportunidade de trabalhar com o contador Geiger.
Acredito que o trabalho está apresentado de forma clara, bem fundamentado, o qual pode ser utilizado, não todo o trabalho, mas partes pois nossa carga horária na disciplina é muito reduzida. É um excelente trabalho.
O material apresentado envolvendo o tema Radioatividade está bem instrutivo e organizado, de forma geral muito bom, não tenho sugestão a fazer, só agradeço por ter compartilhado.
As atividades estão bem claras e são suficientes para trabalhar os conteúdos propostos.
Sem observação.
Na minha opinião não há necessidade de acrescentar nem um produto voltado a radioatividade! Está de Parabéns com seu trabalho!!
O número de aulas previsto e sua estrutura sequencial estão adequados, os recursos utilizados consistentes.
O produto está muito completo!
Pesquisas inovadoras sobre o tema.
Material muito bem elaborado e que poderá ser utilizado perfeitamente para abordar o tema proposto.
Não. Conteúdo suficiente para o ensino médio.
Não acho necessário acrescentar mais informações, pois o trabalho apresenta-se bem estruturado no conhecimento teórico e bem diversificada a forma de avaliar a apropriação do tema pelo educando.
Acredito que dentro do tempo que temos para adequar radioatividade à grade curricular o produto educacional está completo.

Fonte: Autoria própria (2022)

Os comentários apresentados pelos pares são construtivos, a maioria considera o material bem instrutivo e organizado, um bom material que não pede muitas sugestões e nem que sejam acrescentadas mais informações, pois o trabalho apresenta-se estruturado teoricamente e diversificada a forma de avaliar a apropriação do tema pelo educando, tais considerações sugerem a aprovação do material pelos professores que participaram da pesquisa de avaliação por pares. O professor que declarou que não utilizaria o material, não apresentou nenhuma observação, demonstrando desinteresse pelo conteúdo do produto apresentado.

Os pares consideraram os conteúdos adequados, os recursos são consistentes e, por ser um assunto abstrato no conhecimento dos alunos, é um excelente instrumento para desenvolver conhecimentos sobre radioatividade. A aprovação do produto pela maioria dos professores pares, indica que a avaliação foi realizada a contento e oportunizou aos professores da educação básica pensar a respeito das práticas que devem ser realizadas com os alunos neste tipo de conhecimento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de novos saberes a respeito de radioatividade enquanto conteúdo da disciplina de química do Ensino Médio conduz os professores a uma reflexão a respeito dos objetivos que se referem a este fazer, de forma que sejam desenvolvidas ações pedagógicas que permitam facilitar o entendimento de conteúdos mais complexos relacionados à radioatividade.

Assim, a pesquisa aqui desenvolvida originou um produto educacional sobre o tema Radioatividade. No entanto, é necessária a avaliação das proposições elaboradas para transformar as investigações em conhecimento, o que conduziu à necessidade de se realizar uma avaliação por pares direcionada a professores do Ensino Médio.

O objetivo foi realizar a elaboração de um produto educacional que permitisse aos professores do Ensino Médio obter subsídios para o desenvolvimento de estratégias de ensino-aprendizagem que envolvessem conceitos sobre Radioatividade.

O produto elaborado buscou subsidiar os conhecimentos e esclarecimentos a respeito do assunto, considerando que se trata de um tema que carrega consigo uma carga social de preconceito que estigmatiza a construção de conhecimentos e não permite avançar com a construção de saberes mais profundos a respeito de radiação. Assim, o uso de aulas invertidas e metodologias ativas permitem que os alunos sejam aos poucos despertados para a necessidade de conhecer radioatividade e passem a contextualizar os conhecimentos socialmente.

A análise das muitas estratégias que foram aos poucos sendo pesquisadas para o estudo permitiram que fossem esclarecidos métodos que permitissem ao professor propiciar aos estudantes a compreensão do tema, de modo que possam efetuar cálculos de decaimento radioativo e meia vida, para usar a radioatividade na prática e também valer-se do uso de tecnologia da informação para ampliar os conhecimentos sobre radioatividade.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre tipos de abordagens desenvolvidas em estudos científicos envolvendo o conteúdo de radioatividade e apresentando as estratégias pedagógicas que contribuem para tornar o conhecimento adequado ao alcance do aprendiz.

A pesquisa foi realizada em publicações digitais e versou a respeito do papel do ensino de química quando é abordado o tema radioatividade, foram analisados 37 artigos com diferentes abordagens classificadas no sentido de contextualização, experimentação, uso de tecnologias de informação e metodologia ativa, o que contribuiu para que fossem estimuladas nas estratégias na elaboração do produto educacional. Os resultados da análise dos artigos foram demonstrados em um quadro de análise que considerou as referências indicando o título, autores, instituição e ano de publicação, também foi descrito o contexto de abordagem de cada publicação, os principais assuntos abordados em cada estudo e a finalidade de cada estudo realizado, o que contribuiu para classificar os artigos em relação à contextualização, interatividade, experimentação metodologia ativa, jogos/quiz, TIC's e outras possíveis classificações.

Após selecionar as estratégias para realizar o produto educacional abordando o tema Radioatividade foram desenvolvidas as atividades direcionadas para que despertem o interesse dos estudantes e possam facilitar a aprendizagem.

A validação do material elaborado como recurso pedagógico foi apresentado a 16 professores de química do Ensino Médio para análise e junto ao material acompanhou um questionário para coletar os resultados analíticos dessa avaliação. Os resultados demonstram que 15 dos professores, aos quais foi solicitada a participação, referendaram o produto educacional e recomendaram o uso para ensinar o conteúdo de radioatividade, somente um professor demonstrou desinteresse pelo material, respondendo somente que não utilizaria, mas não demonstrou razões nem críticas para não empreender esse uso.

De tudo o que foi realizado na pesquisa que culminou com a elaboração de um produto educacional sobre o conteúdo de radioatividade no ensino médio, percebe-se que não existem conhecimentos inacessíveis, ao despertar no estudante o desejo de ser um pesquisador, abre-se a possibilidade para construir conhecimento de maneira eficaz e com mais clareza. Novos estudos abordando outros aspectos da radioatividade, que contribuam para desmistificar o conhecimento do conteúdo podem ser desenvolvidos e novas estratégias podem ser criadas para a elaboração de diferentes conceitos e aprendizagens.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, J.C. Radônio. **Química Nova na Escola**. v.32, n.4, nov. 2009
- _____ Rádío. **Química Nova na Escola**. v.32, n.1, fev. 2010
- _____ Polônio. **Química Nova na Escola**. v.33, n.2, mai. 2011
- _____ Astató. **Química Nova na Escola**. v.33, n.4, nov. 2011
- _____ Actínio. **Química Nova na Escola**. v.34, n.1, fev. 2012
- _____ Frâncio. **Química Nova na Escola**. v.34, n.1, fev. 2012
- _____ Protactínio. **Química Nova na Escola**. v.34, v.2, mai. 2012
- _____ Manganês. **Química Nova na Escola**. v.34, n.2, mai. 2012
- _____ Tungstênio. **Química Nova na Escola**. v.35, n.2, mai. 2013
- _____ Cobalto. **Química Nova na Escola**. v.35, n.3, ago. 2013
- _____ Iodo. **Química Nova na Escola**. v.35, v.4, nov. 2013
- ALVES, R. **Conversas com quem gosta de ensinar**. São Paulo: Cortez Editora, 1984.
- ANDRADE, J. B. A avaliação por pares. **Química Nova** [online]. 2005, v. 28, n. 6 [Acessado 27 Abril 2022], pp. 939. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000600001>. Epub 12 Dez 2005. ISSN 1678-7064. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000600001>.
- ANTISZKO, T. R. **Sequência didática para o ensino de radioatividade com enfoque CTS no Ensino Médio**. 123 fl. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) Ponta Grossa-PR: UTFPR, 2016
- ASIMOV, I. The relative contributions of various elements to the earth's radioactivity. **Journal of Chemical Education**. v.31, n.1, 1954
- ASTOLFI, J. **A Didática das Ciências**. Campinas/SP: Papyrus, 1990.
- ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de química questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.
- BARETA, G. R. A contribuição de Marie Skłodowska-Curie para o desenvolvimento da oncologia moderna. **Anal Bioanal Chemical**. v.400, 2011.

BERTON, A. N. B. **A didática no ensino da química**. XII Congresso Nacional de Educação de 26 a 29 de outubro de 2015 - SOCIESC- CURITIBA: PUCPR, 2015.

BIGHETTI, R. C.; SOUZA, P.S.M. MENDONÇA, L. D.; R. M. ARENA; BOMBONATO, M.T. S.; ZULIANE, S. R. Q. A.; LEGENDRE. A.O. Do modelo atômico de Bohr à visão: a experimentação como base para a interdisciplinaridade a partir do tema gerador "luz". **Programa Educativo e Social JC na Escola: Luz, Ciência e Vida**. 2013

BIZZO, N. **Ciências: fácil ou difícil?** São Paulo: Ática, 2002

BOFF, C.A.; BASTOS, R.O.; MELQUIADES, F.L. Práticas experimentais no ensino de física nuclear utilizando material de baixo custo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física** v. 34, n.1, 2017

BRAGA, M. **Breve história da Ciência Moderna**. Vol. 1, Convergência de Saberes. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

CAMPBELL, M. L. Simple Rules for Determining Nuclear Stability and Type of Radioactive Decay. **Journal of Chemical Education**. v.52, n.10, 1995

CARVALHO, A. T.; MENEZES, A. L.T.; SILVA, L. G.; MENDONÇA, M. O.; CASTRO, J. N. P. **Educação inovadora: jogos como alternativa para o ensino de radioatividade**. In: Anais de evento: CONAPESC Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 2018.

CHASSOT, A. I. **Para que(m) é útil o ensino?** Alternativas para um ensino (de química) mais crítico. Canoas – RS: Ed. da ULBRA, 1995.

CHASSOT, A. I. **A ciência através dos tempos**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

CHAVES, T. V., GIMENEZ, A. P., VALLE, D. A., & SILVEIRA, L. DE M. Um estudo sobre o imaginário e as concepções acerca dos conceitos de radiação e radioatividade. **Vivências**. v. 17, n. 32, p. 69-83, 2020

CHRISPINO, A. **O que é química**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1998.

CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E.; PROTI, P. B. **Química**. 1. ed. São Paulo: Moderna, v. 3, 2016.

COELHO, G. M. **A abordagem do ensino da química na formação do cidadão através da preparação de um destilador doméstico**. In: CONIC – SEMESP – 14º Congresso Nacional de Iniciação Científica. São Paulo: UNICID, 2009.

CUNHA FLOR, M. B.; GIORDAN, M.. A Imagem da Ciência no Cinema. **Química Nova na Escola** v. 31, n.1, 2009.

DAFRE, A. L. **Efeitos biológicos da radiação**. 1ª ed. e 2ª reimp. - Florianópolis: BIOLOGIA/EAD/UFSC, 2013.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S.N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p.268 – 288, 2017.

EICHLER, M. L.; JUNGES, F.; DEL PINO, J. C.. O papel do jogo no ensino de radioatividade: os softwares Urânio-235 e Cidade do Átomo. **RENOTE- Revista Novas Tecnologias na Educação** v.3, n.1, p. 1 - 13, 2005.

FELTRE, R. **Fundamentos da Química**. 4 ed. São Paulo: Moderna, 2005.

FERREIRA, M. L.; MARQUES, A. J. A importância do incentivo à pesquisa para o ensino de Química. **Revista Educação Pública**, v. 19, n. 7, p. 1 - 3, 2019.

FILGUEIRAS, C. A. L. **Lavoisier: o estabelecimento da química moderna**. São Paulo: Odysseus Editora, 2002.

FLECK, L. **Gênese e desenvolvimento de um fato científico**: introdução à doutrina do estilo de pensamento e do coletivo de pensamento. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.

FLÔR, C. C. A história da síntese de elementos transurânicos e extensão da tabela periódica numa perspectiva Fleckiana. **Química Nova na Escola**. v. 31, n.4, p. 590 - 601, 2009.

FONSECA, M. R. M. **Química** (Ensino Médio). 1. ed. São Paulo: Ática, 2013.

GALVAO, M. C. B.; PLUYE, P.; RICARTE, I. L. M. Métodos de pesquisa mistos e revisões de literatura mistas: conceitos, construção e critérios de avaliação. **Revista de Ciência da Informação e Documentação**, v. 8, n. 2, p. 4-24, 2017.

GEWEHR, D.; STROHSCHOEN, A. A. G.; MARCHI, M. I.; MARTINS, S. N.; SCHUCK, R. J. Metodologias ativas de ensino e de aprendizagem: UMA abordagem de iniciação à pesquisa. **Revista Ensino & Pesquisa**, v.14 n. 1, p.225-246, 2016.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A. F.; Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2011. Águas de Lindóia. Anais. Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2011.

GONÇALVES, F. P. **O Texto de Experimentação na Educação em Química: Discursos Pedagógicos e Epistemológicos**. 168 fl. (Dissertação de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Florianópolis-SC: UFSC, 2005.

GROMBRADE, R.; SILVA, L. L.. Concepções de alunos do ciclo básico sobre conceitos de radiação e radioatividade. **Revista Valore**, v. 1, p.1481-1490, 2021.

HUGHES, E. A.; ZALTS, A. Radioactivity in the Classroom. **J. Chem. Educ.** v.77, n.5, p.613 - 614, 2000.

HUTTON, B. F. The contribution of Medical Physics to Nuclear Medicine: looking back - a physicist's perspective. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**. v.1, n.1, p. 2, 2014.

LEITE, J. G. "RADIOGAN": ensino de radioatividade a partir de um jogo de tabuleiro. **Expressa Extensão**. v. 24, n.3, p. 107-116, 2019.

LIMA, J. O. G. Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. **Revista Espaço Acadêmico**. n. 136, p. 95 - 101, 2012.

LIMA, R. S.; PIMENTEL, L. C. F.; AFONSO, J. C. O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX. **Química Nova na Escola**. v.33, n.2, p. 93 -99, 2011

MACHADO, A. H. **Aula de química: discurso e conhecimento**. Ijuí – SC: Ed. UNIJUÍ, 1999.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de química**. Ijuí – SC: Ed. UNIJUÍ, 2000.

MARCONDES, M. E. R.. Proposições metodológicas para o ensino de química: oficinas temáticas para a aprendizagem da ciência e o desenvolvimento da cidadania. **EXTENSÃO**, v. 7, n. 1, p. 67 -77, 2008.

MARKER, S.C. Radioactive World: An Extension Activity for Nuclear Chemistry. **J. Chem. Educ.** v.10, n. 96, p. 2238 - 2246, 2019.

MELZER, E. E. M. **O experimento de Rutherford**: transposição e estilos de pensamento na história do livro didático de química In: Encontro Nacional de Ensino de Química, XVIII, 2016, Florianópolis, Anais, Florianópolis, 2016, p. 1-12.

MONTEIRO, M. D.S.; SILVA, S. A.. Sequência de Ensino e Aprendizagem sobre radioatividade pautada na perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). **Dialogia**, n. 36, p. 595-609, 2020.

MÜLLER FIDENCIO, G. Educação Ambiental. **Revista do Seminário de Educação de Cruz Alta - RS**, v. 5, n. 1, p. 153-158, 2017.

NASSI-CALÒ, L. **Avaliação por pares: ruim com ela, pior sem ela** [online]. *SciELO em Perspectiva*, <https://blog.scielo.org/blog/2015/04/17/avaliacao-por-pares-ruim-com-ela-pior-sem-ela/>

NOVAIS, S. A. **"Tabela Periódica"**. Brasil Escola. 2022 Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tabela-periodica.htm>. Acesso em 04 de novembro de 2022

OLIVEIRA, J. R. S. A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de Química. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2013.

PARANÁ. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica para o Ensino de Química**. Curitiba: SEED, 2008.

PEREIRA, A. M. **A física das radiações em sala de aula: do projeto à prática**. 94 fls. (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro: UFRJ, 2011

PINTO, G. T.; MARQUES, D. M., Uma Proposta Didática na Utilização da História da Ciência para a Primeira Série do Ensino Médio: A Radioatividade e o cotidiano, **Revista História da Ciência e Ensino**, v.1, n.1, p. 27-57, 2010.

PRIESS, E. Y. **Didática no Ensino Superior**, edição 1, Sociesc, Joinville- SC, 2012.

RESQUETTI, S. O. **Uma sequência didática para o ensino da radioatividade no nível médio, com enfoque na história e filosofia da ciência e no movimento CTS**. 281 fl. (Tese de Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática). Maringá: UEM, 2013.

RESQUETTI, S. O. **Sequência de ensino-aprendizagem sobre radioatividade: uma proposta metodológica para o ensino de química**. Anais de evento: **X Colóquio Internacional "Educação e Contemporaneidade"**. v.10, n.1, set. 2016

ROMANELLI, L. I. **Aprendendo Química**. Ijuí – SC: Ed. UNIJUÍ, 1997.

ROSSI, P. **O nascimento da ciência moderna na Europa**. Bauru. EDUSC, 2001.

SANTIAGO, A. **Quais os perigos da Radiação Ionizante? Radioproteção na prática**. (2021). Disponível em: <https://radioprotecaonapratica.com.br>. Acesso em 06 mar 2022.

SANTOS, A.O. **A importância da radioatividade na educação escolar: os processos radioativos através de recursos audiovisuais e lúdicos**. Niterói: [s. n.], 2017.

SANTOS, W. L. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. Ijuí – SC: Ed. UNIJUÍ, 2000.

SANTOS, C. E. de M; LEITE, B. S. Construção de um jogo educativo em uma plataforma de desenvolvimento de jogos e aplicativos de baixo grau de complexidade: o caso do Quizmica – Radioatividade. **Revista Renote**, v. 17 n.1, p. 193 – 202, p. 2019.

SANTOS, W.L.P; MÓL, G. S. **Química cidadã**. 2ª ed. São Paulo: AJS, 2013

SAVIANI, D. **Do senso comum à consciência filosófica**. Campinas: autores Associados, 1993

SCHNEIDER, M. H.; DUTRA, Â. M.; MAGALHÃES, C. R. **Metodologias ativas no ensino de bioquímica: abordagens articuladas ao cotidiano profissional**. CIDU 2018 Porto Alegre (BRASIL), 2018.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa no ensino de Química e a importância da Química Nova na escola. **Química Nova na Escola**, v. 25, n. 20, p. 14-24, 2004.

SHAPIN, S. Nunca Pura: **Estudos históricos de Ciência como se fora produzida por pessoas com corpos, situadas no tempo, no espaço, na cultura e na sociedade e que se empenham por credibilidade e autoridade**. Belo Horizonte: Fino Traço, 2013.

SHINTAKU, M.; FAGUNDES DE BRITO, R.; SEABRA FERREIRA JR.; R., BARRAVIERA, B. Avaliação aberta pelos pares no âmbito da ciência aberta: revisão e reflexão. **BIBLOS**, v. 34, n. 1, p. 161-175, 2020.

SILVA, V. G. **A importância da experimentação no ensino de química e ciências**. Bauru-SP: UNESP, 2016.

SILVA, C. S. Questões de química no concurso vestibular da Unesp: desempenho dos estudantes e conceitos exigidos nas provas. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 1, p. 14-21, 2010.

SOARES, A. R. Jogo da datação radioativa. **PHET Interactive Simulations**. 2012

STRATHERN, P. **O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar. 2002.

USBERCO, J; SALVADOR, E. **Química Essencial**, volume único, Saraiva, São Paulo- SP, 2007.

VASCONCELOS, F. C. G. C. **Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia FlexQuest sobre radioatividade**. 215 fl. (Dissertação de Mestrado). Recife – PE: UFRPE, 2011.

VINCENT, B.B.; STENGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

VISWESWARAN, S.; KANAGARAI, K.; SANTHOSH J., PERUMAL, V. Medical Imaging: Contribution toward Background Radiation and Human Exposure. **Journal of Radiation and Cancer Research**. v.9, p.177-182, 2018.

XAVIER, A. R., FIALHO, L. M. F., LIMA, V. F. Tecnologias digitais e o ensino de Química: o uso de softwares livres como ferramentas metodológicas. **Foro de Educación**, v. 17, n. 27, p. 289-308, 2019.

APÊNDICE A – AVALIAÇÃO POR PARES

Apêndice A – AVALIAÇÃO POR PARES

1) Há quanto tempo atua como docente na área de ciências naturais?

2) Assinale o segmento educacional que atua:

ENSINO FUNDAMENTAL

ENSINO MÉDIO

ENSINO SUPERIOR

3) Você trabalha o tema radioatividade em sala de aula? Em caso afirmativo, você utilizaria esse produto em suas aulas? Por quê?

4) Avalie como está a apresentação gráfica dos recursos utilizados (figuras, fluxogramas, mapas conceituais, entre outros) do produto sob seu ponto de vista?

Excelente

Muito bom

Bom

Razoável

Ruim

5) Em relação à clareza dos objetivos do produto:

Excelente

Muito bom

Bom

Razoável

Ruim

6) Em relação à adequação do título ao tema, o produto está:

Excelente

Muito bom

Bom

Razoável

Ruim

7) Dê a sua opinião sobre a estrutura sequencial do produto?

Excelente

Muito bom

Bom

Razoável

Ruim

8) A quantidade de aulas previstas no produto para abordar o tema e conteúdos abordados é:

Excelente

Muito bom

Bom

Razoável

Ruim

9) Analise o embasamento teórico para o professor trabalhar o tema.

Excelente

Muito bom

Bom

Razoável

Ruim

10) Como você considera o programa de simulação para a aprendizagem de radioatividade.

Excelente

Muito bom

Bom

Razoável

Ruim

11) Analise os textos do material em relação ao conhecimento pretendido sobre radioatividade.

Excelente

Muito bom

Bom

Razoável

Ruim

12) Considerando os links e outros materiais digitalizados apresentados neste produto, a acessibilidade apresenta-se:

Excelente

Muito bom

Bom

Razoável

Ruim

13) Em relação à proposta metodológica, considera o produto:

Excelente

Muito bom

Bom

Razoável

Ruim

14) Analise as tabelas e gráficos em relação à clareza e objetivos: *

Excelente

Muito bom

Bom

Razoável

Ruim

15) Em relação à relevância do produto como você avalia: *

Excelente

Muito bom

Bom

Razoável

Ruim

16) Você considera que seria necessário acrescentar algo no produto voltado ao conhecimento de radioatividade? Apresente sua opinião.

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL – PROFQUI

**QUÍMICA: ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DE RADIOATIVIDADE
NO ENSINO MÉDIO**

**CHEMISTRY: STRATEGIES FOR TEACHING RADIOACTIVITY IN
HIGH SCHOOL**

Tipo de produto: Educacional

Autores: Elcio Vinicius Althoff (Orientado), Renata Mello Giona (Orientadora); Ana
Cristina Trindade Cursino (Co-orientadora)

Banca Examinadora: Renata Mello Giona - UTFPR (Presidente), Juliane Maria
Bergamin Bocardi – UTFPR (Membro) e Cristiana da Silva – UFGD (Membro)

*PRODUTO EDUCACIONAL DESENVOLVIDO NA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA
FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS MEDIANEIRA*

Título da Dissertação relacionada: **RADIOATIVIDADE: A ELABORAÇÃO DE UM
PRODUTO COMO CONTRIBUIÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS**
(defendida em 26/07/2022)

MEDIANEIRA - PR

2022



[4.0 Internacional.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho licenciado para fins não comerciais, com crédito atribuído ao autor. Os usuários não têm que licenciar os trabalhos derivados sob os mesmos termos estabelecidos pelo autor do trabalho original. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

SUMÁRIO

AULA 1 – Avaliação do conhecimento prévio dos discentes sobre radioatividade.....	03
AULA 2 – Radioatividade e Gamificação – Kahoot.....	08
AULA 3 – Isótopos.	13
AULA 4 – Construindo um gráfico de decaimento radioativo	19
AULA 5 - Trabalhando o decaimento radioativo beta: conceito de meia vida por simulação interativa PHET.....	25

AULA 1 – Avaliação do conhecimento prévio dos discentes sobre radioatividade.

TEMPO	01 aula (50min)
OBJETIVOS	
Geral	Específicos
Diagnosticar o nível de conhecimento dos alunos a respeito do tema radioatividade.	<ul style="list-style-type: none">- Identificar por meio de avaliação diagnóstica, o nível de conhecimento prévio dos alunos sobre radiatividade.- Compreender a concepção que os discentes têm sobre o conceito de radioatividade.

Quadro 1 - Objetivos. Fontes: autoria própria.

CONTEÚDOS	Conceituais	Compreender as estruturas atômicas, definição de isótopos, história da radioatividade, decaimento de uma massa radioativa.
	Procedimentais	Compreender e analisar as características dos elementos químicos radioativos, suas formas de mutação, bem como suas emissões alfa, beta, gama e a meia vida de um núcleo radioativo.
	Atitudinais	Analisar a evolução dos conceitos de radioatividade, relacionando-os com suas aplicações tecnológicas atuais.

Quadro 2 - Conteúdos. Fontes: autoria própria.

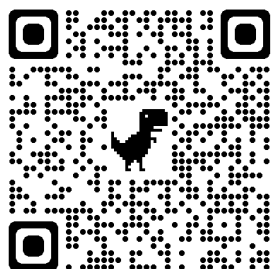
1. Apresentação

Como primeira atividade, propõe ao professor que seja aplicado um questionário para a verificação dos conhecimentos prévios dos alunos em relação ao conteúdo de Radioatividade, utilizando alguns aplicativos como: *Mentimeter* (*Nuvens de palavras*) ou *Google Forms* e uso de textos para servir como base para a correção das questões respondidas por eles.

2. Desenvolvimento

O professor deverá solicitar, com antecedência, que os alunos tragam o celular como material pedagógico, a fim de ser utilizado de forma individual. Utilizando os aplicativos indicados, o professor, criará as perguntas que os alunos responderão interativamente e simultaneamente, estando conectados à internet pelo celular:

- **Mentimeter** (Nuvem de palavras): <https://www.mentimeter.com/pt-BR>



- Qual a melhor palavra você escolheria para descrever Radioatividade?

- **Google Forms** (pergunta aberta e objetivas): <https://www.google.com/intl/pt-BR/forms/about/>

- O fenômeno conhecido como radioatividade faz parte do seu cotidiano? Cite um exemplo?

- Que pessoa pode ser relacionada à descoberta da radioatividade?

() Marie Curie

() Jonh Dalton

() Karl Marx

- Qual termo pode ser aplicado para caracterizar o número de núcleos de uma substância radioativa que se desintegra por unidade de tempo?

() Decaimento radioativo

() Meia-vida

() pH de uma substância

- Qual a cidade brasileira que ficou conhecida por ter sido palco de um acidente radioativo numa usina nuclear e que teve grande repercussão:

() Angra dos Reis

() Goiânia

() Brumadinho

3. Análise do conhecimento prévio dos alunos

Após os alunos responderem as questões de conhecimento prévio por meio dos aplicativos, o professor deve analisar e indicar as respostas que melhor definem o conteúdo de Radioatividade, de acordo com os discentes.

Em seguida, o professor pode sugerir aos alunos que acessem os textos que estão na sequência, para servir de base para complementação das respostas e a compreensão do tema, a partir de sua leitura como revisão bibliográfica e fonte de pesquisa:

- **Texto 1: Aston e a descoberta dos isótopos: As tentativas de Aston na procura dos isótopos** (Sugerida a leitura das páginas 35 e 36). Disponível em: <http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc10/historia.pdf>. (acesso em 09/08/2021).



- **Texto 2: A radioatividade e a história do tempo presente: Considerações finais** (Sugerida a leitura das páginas 29 e 30). Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a08.pdf> . (acesso em 09/08/2021).



- **Texto 3: Apostila Educativa Radioatividade**, de CARDOSO e demais colaboradores (2012), da Comissão Nacional de Energia Nuclear, os seguintes itens, disponível no link abaixo: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/avulsos/apostila-educativa-aplicacoes-pdf/view> (acesso em 09/08/2021).

- **Isótopos:** Sugerida a leitura da página 11;

- **Radioatividade e partículas:** Sugerida a leitura das páginas 15 e 16;

- **Datação:** Sugerida a leitura da página 46;



- Vídeo: Tudo se Transforma, Radiações, Marie Curie (12min); disponível no Link: <https://www.youtube.com/watch?v=tO3QMblAhRI> acesso em 07/10/2021.



Para a próxima conferência: utilizando o método da aula invertida (conforme explicado no infográfico seguinte), o professor recomendará previamente aos alunos que façam as leituras de forma mais atenta e minuciosa dos textos acima, assistam ao vídeo e também solicitará aos alunos que tragam o telefone celular, para que, conectado à internet, possa ser usado no jogo/game *Kahoot*.

A aula invertida pode ser entendida a partir do seguinte esquema:



Fonte: Autoria Própria

Conversa de Professor: Essa aula deve promover no aluno a vontade de compreender mais sobre a radioatividade e os elementos que a tornam um conhecimento vantajoso para os diagnósticos da saúde ou um risco de contaminação se usado de maneira inadequada. O Professor é o motivador dessa formação, o que requer pesquisa de elementos prévios e formação do professor, é ele o profissional preparado para despertar a curiosidade que promove a busca desse conhecimento.

Referências

CARDOSO, Eliezer de Moura. (org). A energia nuclear. **Apostila Educativa Radioatividade**. Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN. 3.ed.- Rio de Janeiro: CNEN, 2012. 52 p. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/avulsos/apostila-educativa-aplicacoes-pdf/view> Último acesso em 09/08/2021.

MEDEIROS, Alexandre. **Aston e a descoberta dos isótopos**. História da Química. Química Nova na Escola. N.º 10. 1999. Disponível em: <http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc10/historia.pdf>. Último acesso em 09/08/2021.

MERÇON, Fábio. QUADRAT, Samantha Viz. **A radioatividade e a história do tempo presente**. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico. 2015. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a08.pdf> . Último acesso em 09/08/2021.

- Vídeo: Tudo se Transforma, Radiações, Marie Curie; disponível no Link: <https://www.youtube.com/watch?v=tO3QMblAhRI> acesso em 07/10/2021.

<https://www.google.com/intl/pt-BR/forms/about/>

<https://www.mentimeter.com/pt-BR>

AULA 2 – Radioatividade e Gamificação – Kahoot

TEMPO	01 aula (50min)
OBJETIVOS	
Geral	Específicos
Abordar os conteúdos referentes à Radioatividade.	- Identificar as correlações entre a história e o conceito da Radioatividade.

Quadro 3 - Objetivos. Fontes: autoria própria.

CONTEÚDOS	Conceituais	Analisar a organização e a estrutura de um átomo considerado estável e/ou instável, bem como suas interações acerca da radioatividade.
	Procedimentais	Interagir com os alunos, por meio de uma aula invertida e de um aplicativo; avaliar os conhecimentos e aplicar os conteúdos aprendidos.
	Atitudinais	Construir a compreensão do conhecimento sobre radioatividade e seus conteúdos correlacionados.

Quadro 4 - Conteúdos. Fontes: autoria própria.

1. Apresentação

A proposta dessa aula consiste em dois momentos:

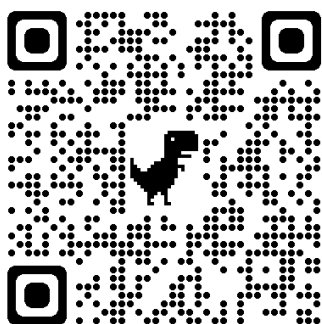
a) Criar um ambiente virtual de gamificação usando o aplicativo *Kahoot (Quiz Interativo)*, em que os alunos poderão consolidar a aprendizagem por meio da interação com os demais, estimulando a utilização das tecnologias e mídias digitais para uma competição saudável entre eles. As aulas realizadas com a utilização de *Quiz* interativo apresentam-se como uma oportunidade de se construir conhecimentos utilizando jogos interativos que permita aos alunos construir conhecimentos e realizar pesquisas que respondam às dúvidas que os mesmos possam ter em relação ao conteúdo e aos conceitos de radioatividade.

b) Projeção de vídeos sobre a História da Radioatividade (Mundial) e do Acidente Radioativo ocorrido em Goiânia/GO (Brasil - 1987), e, a partir deles, mediação do professor em um debate entre os alunos.

2. Desenvolvimento

Sugere-se ao professor criar um jogo por meio do aplicativo Kahoot, sendo uma forma de atrair a atenção dos alunos para que participem da aula virtualmente e simultaneamente com os demais da turma, respondendo às questões referentes aos textos indicados na aula anterior.

Para criar o jogo, o professor precisa acessar o site do aplicativo disponível no link: <https://kahoot.com/> e caso tenha dúvidas, poderá acessar o tutorial, disponível no Canal do site Youtube **DeProfPraProf**, disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=6MWUMYmAlmo>.



Para que os alunos possam jogar simultaneamente, deverão entrar no site <https://kahoot.it/>, e acessar com uma senha ou pin específico do jogo. Já dentro do ambiente, eles encontrarão um game em que será mostrada a pergunta e um tempo limite dado pelo professor para que respondam as perguntas de acordo com o conhecimento adquirido na leitura dos textos. A cada resposta dada é apresentado aos alunos se acertou ou errou automaticamente, e ainda será mostrado um ranking de qual deles está com maior número de respostas corretas.

Como sugestão, seguem as perguntas para a criação do jogo, ressaltando que no ambiente, ao criar o jogo, o professor precisa marcar qual será a opção correta. Aqui, as opções corretas serão destacadas em *itálico*.

1) Pode-se definir como isótopos:

- Átomos com massas atômicas diferentes, porém com números atômicos iguais*
- Átomos com mesmo número de nêutrons e mesmo número de massa*
- Átomos que emitem energia elétrica*
- Átomos que sempre geram partículas alfa*

2) A massa de um átomo é constituída de?

- Prótons e nêutrons*
- Nêutrons e Elétrons*
- Prótons e Elétrons*
- Somente de Prótons*

3) Partículas com carga positiva +2 e número de massa 4, chamados de núcleos de Hélio também são chamados de?

- Radiação Alfa*
- Radiação Beta*
- Partículas de alto impacto*
- Partículas Neutrinas*

4) Que elemento radioativo é comumente procurado para datar o tempo de existência de um fóssil ou um achado arqueológico?

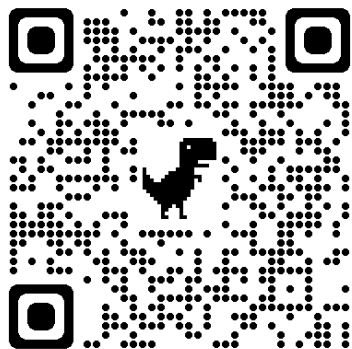
- Carbono-14*
- Carbono-12*
- Núcleo de Hélio*
- Berílio*

5) Comumente, que nome recebe o fenômeno que descreve um núcleo instável de um átomo que emite ondas e partículas na tentativa de atingir sua estabilidade?

- Radioatividade*
- Tempo de meia vida*
- Isótopos*
- Curva de decaimento*

MOMENTO B) O professor irá mediar um debate em aula, a partir do vídeo que será projetado nesse momento da aula, bem como do vídeo solicitado na aula anterior:

1. Vídeo: Césio 137 em Goiânia: a cronologia do maior desastre radiativo do Brasil (10min); disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=4xcZQ9ufxfk> acesso em 07/10/2021.



Os alunos deverão arguir acerca das questões que o professor irá apresentar no decorrer do debate:

- Tanto há cem anos como na atualidade as informações e os conhecimentos acerca da radioatividade eram iguais? O que mudou?
- Hoje em dia milhares de pessoas devem a vida aos efeitos da radioterapia. Quem foram as primeiras pessoas a estudar esses efeitos radioativos, que tem inclusive, aplicação médica?
- Madame Curie, como era conhecida Marie Curie, foi laureada com dois prêmios Nobel, o primeiro em física e o segundo em química. Pela perspectiva histórica da época em que ela viveu, associado ao fato de ser mulher, era relativamente fácil ou difícil estudar, trabalhar e colocar em prática os conhecimentos científicos que ela mesma estava ajudando a descobrir? Comente sobre sua resposta.
- A população de modo geral, hoje, pode ter mais informação no que diz respeito a radioatividade? E conhecimento?
- Uma vez confirmado que hoje se tem mais informações sobre radioatividade, a população de modo geral trata o assunto radioatividade com maior ou menor interesse que tratava no passado?
- Nos dias atuais as pessoas estão mais preparadas para lidarem com possíveis acidentes que envolvam materiais radioativos?
- Como seria possível justificar que o assunto Radioatividade além de ser Técnico também pode ser considerado um tema Ético?

Esses procedimentos investigativos devem promover a criticidade do aluno, bem como uma maturidade científica, por meio de conjunturas históricas e as que se apresentam nos dias atuais para melhor poder se posicionar e atuar num futuro próximo. O professor poderá solicitar que os alunos façam uma pesquisa a fim de identificarem os diversos usos da radioatividade na saúde, na geração de energia, na arte, na história, nos alimentos, nos materiais bélicos, entre outros, e confeccionem painéis ou cartazes para serem fixados nas dependências do colégio.

Referências:

DeProfPraProf, [KAHOOT: Como usar nas aulas presenciais ou online - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=6MWUMYmAlmo)
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6MWUMYmAlmo> Acesso em 12/08/2021.

CARDOSO, Eliezer de Moura. (org). **Apostila Educativa Radioatividade**.
Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN. Disponível em:
https://www.inf.unioeste.br/~reginaldo/FisicaModerna/reginaldo/apostila_cnen1.pdf.
Último acesso em 09/08/2021.

MEDEIROS, Alexandre. **Aston e a descoberta dos isótopos**. História da Química. Química Nova na Escola. N.º 10. 1999. Disponível em:
<http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc10/historia.pdf>.
Último acesso em 09/08/2021.

MERÇON, Fábio. QUADRAT, Samantha Viz. **A radioatividade e a história do tempo presente**. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico. 2015. Disponível em:
<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc19/a08.pdf> . Último acesso em 09/08/2021.

Vídeo:

1. Césio 137 em Goiânia: a cronologia do maior desastre radiativo do Brasil; disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=4xcZQ9ufxfk> acesso em 07/10/2021.

AULA 3 – Isótopos.

TEMPO	01 aula (50min)
OBJETIVOS	
Geral	Específicos
Compreender e aplicar os conceitos referentes aos isótopos	Utilizar o aplicativo Isótopos e Massa Atômica a fim de realizar experiências interativas para que o discente avalie conceitos relacionados aos isótopos.

Quadro 5 - Objetivos. Fontes: autoria própria.

CONTEÚDOS	Conceituais	Compreender as estruturas atômicas e reconhecer as subpartículas atômicas, diferenciar e representar os isótopos.
	Procedimentais	Por meio de um simulador, aplicar o conceito de isótopos, criar modelos das subpartículas atômicas.
	Atitudinais	Promover um momento em que, virtualmente, o discente possa aplicar os conceitos aprendidos sobre os isótopos.

Quadro 6 - Conteúdos. Fontes: autoria própria.

1. Apresentação

O professor irá usar o aplicativo **Isótopos e Massa Atômica**, do site “PHET INTERACTIVE SIMULATIONS”, que é um site em que os usuários podem encontrar simuladores para experimentos que abordam conteúdos diversos.

2. Desenvolvimento

O professor pode solicitar que os discentes utilizem seus celulares ou notebook para acessar o link

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/isotopes-and-atomic-mass do simulador selecionado (caso perceba que não são todos os discentes que possuem

tais equipamentos, pode solicitar que façam em duplas ou grupos), orientando os mesmos de como proceder para utilização do aplicativo.

Na Figura 1, tem-se um tutorial de utilização do simulador, para instrução dos alunos que o utilizarão. No 1º passo, os alunos deverão acessar o link https://phet.colorado.edu/pt_BR/. No 2º passo, acionar o ícone de **QUÍMICA**, dentre as várias áreas do conhecimento que ali se apresentam. No 3º passo, conforme aponta a seta vermelha, deve-se selecionar o Simulador desejado, no caso dessa aula, **Isótopos e Massa Atômica**, em que os alunos terão a experiência de formar novos isótopos, podendo ver sua estabilidade ou instabilidade, bem como, a sua abundância na natureza.

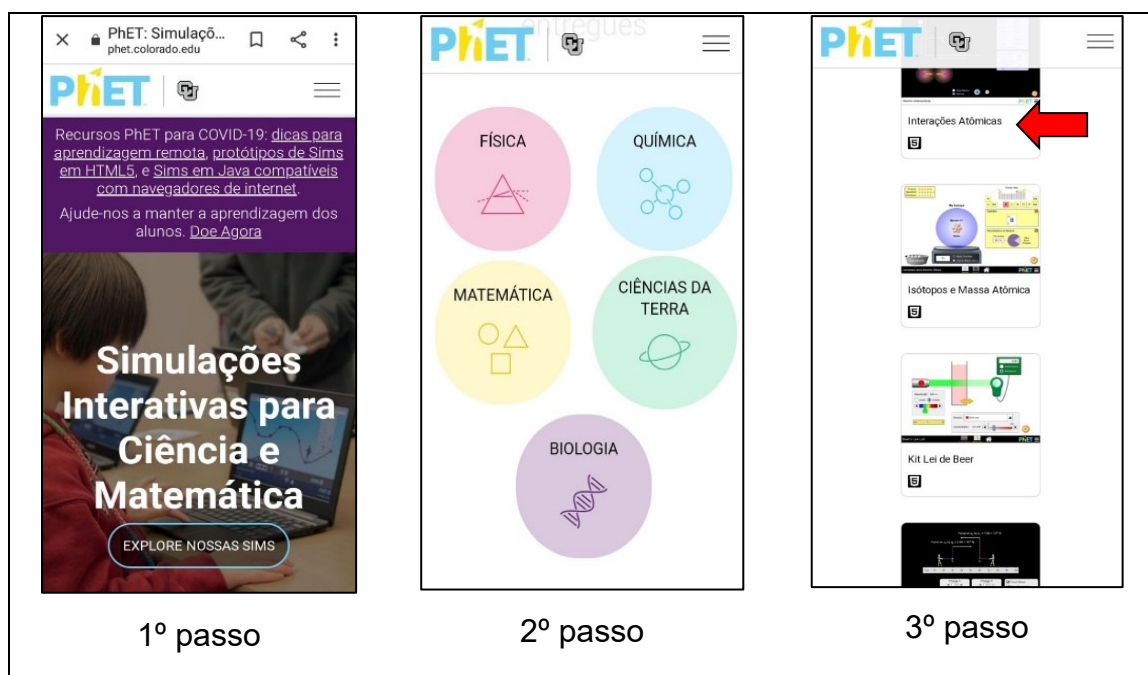
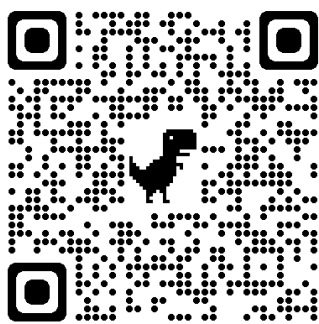


Figura 1. Tutorial de utilização do simulador.

3. Roteiro de Investigação

Uma vez no simulador, o professor deverá solicitar aos alunos que cliquem no ícone **Isótopos**, conforme mostra a Figura 2, e que interajam a fim de obter as respostas das seguintes perguntas:



Figura 2. Ambiente do Simulador, onde os alunos devem escolher o ícone *isótopos*.

- Qual a abundância em porcentagem na natureza dos isótopos do hidrogênio que possuem número de massa atômica 1, 2, 3, e 4 respectivamente? Quais deles são estáveis e quais são instáveis?
- Descrever as notações científicas dos isótopos dos hidrogênios que visualizaram na investigação anterior.
- Qual a maior massa possível que o átomo de berílio pode apresentar estando estável?
- Que número de massa atômica e que número atômico deve apresentar o átomo de Neônio que é responsável por 0,27% desse elemento na natureza?

Anotadas as devidas investigações, na próxima etapa, os alunos deverão escolher o ícone **Misturas** e, em seguida, selecionar o item **Mix na Natureza (Figura 3)**, respondendo as próximas perguntas investigativas:

- a) Qual a porcentagem do Hélio-3 e do Hélio-4 encontrados?
- b) Quantos tipos de isótopos do Berílio a natureza apresenta?
- c) Qual a quantidade de nêutrons dos respectivos isótopos do Oxigênio?

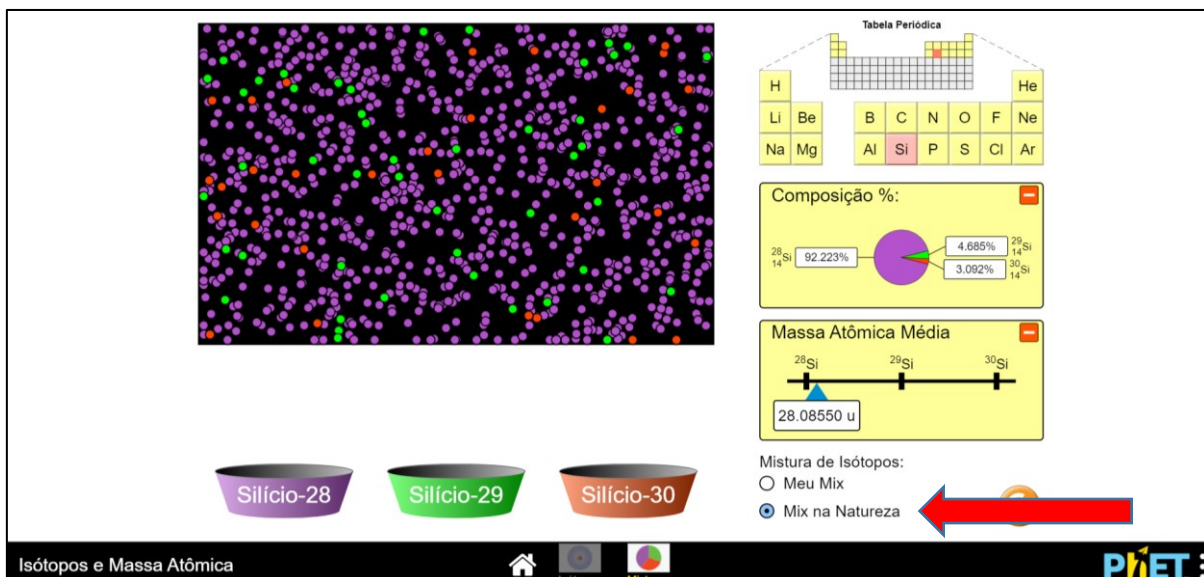


Figura 3. Mix na natureza, no ambiente do Simulador.

Após os alunos devem selecionar o item **meu mix**, conforme indicado na Figura 4 e responder as seguintes questões:

- Qual a quantidade de átomos de Carbono-12 e de Carbono-13 deverão ser utilizados para que a composição em porcentagem se assemelhe ao encontrado em “Mix na Natureza”?
- Qual a massa atômica média dos isótopos de Cloro será visualizada quando for acrescentado 75 átomos de Cloro-35 e 25 átomos de Cloro-37?

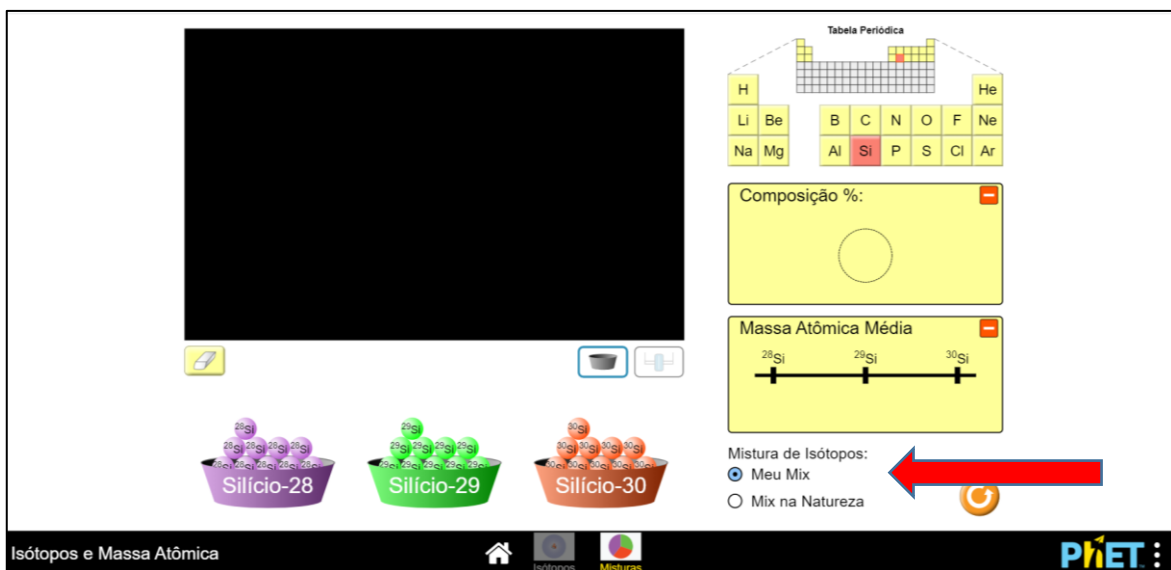


Fig. 4. Meu Mix, no ambiente do Simulador.

Conversa de Professor: Esses procedimentos investigativos devem promover a reflexão sobre o papel dos isótopos dentro dos estudos relacionados à radioatividade. Essa aula tem o intuito de criar a construção dos conhecimentos de maneira lúdica; construída pelos próprios alunos. O professor poderá solicitar que os alunos formem grupos para juntos criarem um curta metragem com o tema “Isótopos na medicina”, para ser apresentado numa outra aula ou momento ou ainda postado em alguma mídia que por ventura o colégio possua.

Para a próxima aula: O professor irá enviar o link do texto abaixo para leitura, estudo e pesquisa; bem como solicitará os materiais para trabalhar em sala de aula:

- “A química do tempo”, de Farias (2002), disponível no link:

<http://qnint.s bq.org.br/novo/index.php?hash=conceito.44>



- Materiais a serem utilizados: duas tiras coloridas de papel 1,5m x 2,5cm cada. Uma folha de papel rígido (aproximadamente 1,6m x 1m), tesoura, cola, fita métrica, lápis de escrever.

Referências

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/isotopes-and-atomic-mass Último acesso em 10/08/2021.

FARIAS; Robson Fernandes de. A química do tempo. **Química Nova na Escola**. n° 16, pág. 6, novembro 2002. Disponível em: <http://qnint.sbq.org.br/novo/index.php?hash=conceito.44> último acesso em 20/09/2021.

AULA 4 – Construindo um gráfico de decaimento radioativo

TEMPO	01 aula (50min)
OBJETIVOS	
Geral	Específicos
Identificar e aplicar o conceito de meia vida.	- Analisar o decaimento radioativo e a meia vida de um núcleo radioativo. - Criar gráficos que representem as curvas de decaimento radioativo

Quadro 7 Objetivos. Fontes: autoria própria.

CONTEÚDOS	Conceituais	Avaliar os parâmetros conceituais da meia vida de um núcleo radioativo, métodos de datação de um objeto ou corpo.
	Procedimentais	Interagir com os alunos e confeccionar um gráfico com materiais concretos, palpáveis e de forma alternativa.
	Atitudinais	Correlacionar escalas para criar a analogia entre os conceitos que envolvem radioatividade e tempo de meia vida.

Quadro 8 Conteúdos. Fontes: autoria própria.

1. Apresentação

Esta é uma aula adaptada do artigo “*Radioactivity in the Classroom*”, de Hughes e Zalts (2000), (disponível no QR Code abaixo) em que os alunos terão a oportunidade de adquirir conhecimentos acerca do conteúdo de tempo meia vida e o decaimento radioativo e aplicar de forma concreta por meio da construção de um gráfico, os conceitos que envolvem a datação por Carbono-14.



2. Desenvolvimento

Em sala de aula, formando grupos de 5 pessoas, os alunos confeccionarão um gráfico do decaimento radioativo em função do tempo de meia vida do Carbono-14, com os materiais solicitados previamente, utilizando as explicações, espera-se que os gráficos confeccionados pelos alunos se apresentem de forma semelhante ao ilustrado na Figura 1, seguindo o passo a passo:

- Passo 1: Desenhe um conjunto de eixos x, y no papel rígido, a aproximadamente 5 cm das bordas.
- Passo 2: Na abcissa, faça marcas a cada 10 cm (Fig. 1 a).
- Passo 3: Cole uma das tiras sobre a ordenada.
- Passo 4: Dobre a outra tira ao meio, marcando cuidadosamente o meio. Corte de modo a obter duas tiras mais curtas de 75 cm cada (Fig. 1 b).
- Passo 5. Cole uma dessas tiras verticalmente sobre a primeira marca na abcissa.
- Passo 6. Pegue a metade restante; dobre e corte em dois.
- Passo 7. Cole um deles sobre a próxima marca (Fig. 1 c).
- Passo 8. Repita as etapas 6 e 7 até que a última tira também seja pequeno para manusear corretamente. Deve haver 8 ou 9 tiras coladas para o gráfico.

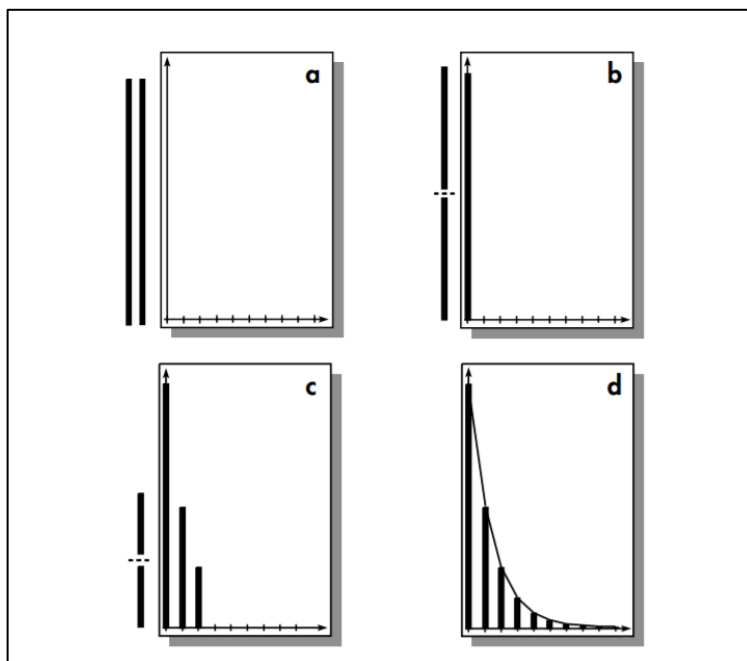


Figura 1 - Construção do gráfico passo a passo.

Fonte: HUGHES E ZALTS (2000).

Após a construção do gráfico, o professor poderá pedir aos alunos que ajustem o gráfico, o qual se apresentará o mais próximo possível ao da Figura 2.

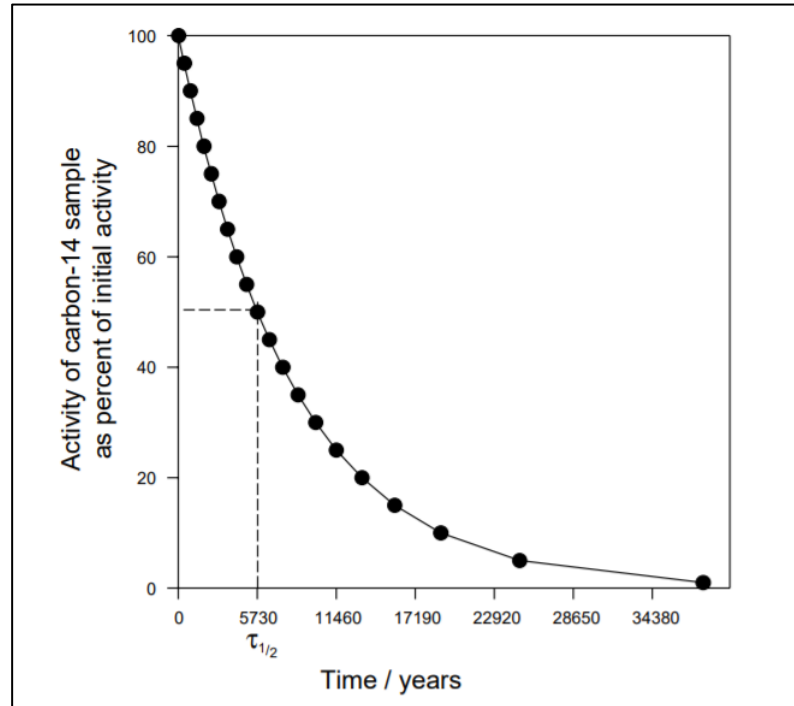


Figura 2 -Curva de Decaimento Radioativo do Carbono-14.

Fonte: HUGHES E ZALTS (2000).

3. Roteiro de Investigação

No desenvolvimento da atividade, sugere-se ao professor apresentar resumidamente, as equações que descrevem o decaimento radioativo. O decaimento radioativo pode ser expresso pela equação 1, (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016):

$$N = N_0 \cdot e^{-k \cdot t} \quad (1)$$

Em que N é o número de átomos de um elemento químico, t representa o tempo, contado a partir do momento inicial em que se tinha N_0 átomos (quantidade inicial) e k é a constante de decaimento radioativo do isótopo em questão. Essa

expressão vale tanto para o número de átomos quanto para a massa ou o volume da amostra, pois todas essas grandezas são diretamente proporcionais.

Uma das definições para o estudo do decaimento radioativo é a seguinte, a velocidade de desintegração v está diretamente relacionada à quantidade N de átomos de um material radioativo. Assim, sempre que relacionamos essas duas grandezas, o resultado é uma constante, denominada constante radioativa k .

$$k = \frac{v}{N} \quad (2)$$

Portanto, a velocidade de desintegração é a relação entre o número de átomos e a variação de tempo, assim é possível afirmar que a constante radioativa indica a fração de átomos de um determinado isótopo radioativo, em uma dada unidade de tempo. Outra característica da cinética radioativa é a intensidade radioativa I , que está diretamente relacionada à quantidade de partículas alfa e beta emitidas por um isótopo radioativo durante determinado tempo.

Dessa forma, trata-se de uma propriedade diretamente relacionada à constante radioativa k e ao número de átomos N do isótopo radioativo. Conforme a equação 3.

$$I = k \cdot N \quad (3)$$

Com essas informações podemos definir que, quanto maior o número de átomos, maior será a massa da amostra radioativa, conseqüentemente, maior será a intensidade radioativa, e, maior será a quantidade de radiações alfa e beta emitidas.

Outra definição importante para o nosso estudo é o conhecimento da Vida média V_m , essa propriedade cinética radioativa indica o tempo necessário que os átomos de certo isótopo radioativo levam para desintegrar-se. Isso significa que a vida média é o inverso da constante radioativa conforme é apresentado a seguir:

$$V_m = \frac{1}{k} \quad (4)$$

Para esse conceito é importante ter bem definido que a vida média não especifica o tempo que um átomo do isótopo leva para desintegrar, e sim o tempo que

um grande número de átomos leva para desintegrar-se, estatisticamente essa é a informação que vamos precisar para o estudo do decaimento no simulador.

A atividade de uma amostra radioativa (A) é a quantidade de átomos que sofrem desintegração na unidade de tempo (equação 5),

$$A = -\frac{dN}{dt} \quad (5)$$

O uso do cálculo integral permite demonstrar os passos apresentados nas equações anteriores, definindo assim a lei da desintegração radioativa seja expressa de forma genérica em termos de atividade (equação 6):

$$N = N_0 \cdot e^{\frac{(-0,693 \cdot t)}{t_{\frac{1}{2}}}} \quad (6)$$

Em que $t_{\frac{1}{2}}$ é o tempo de meia-vida do elemento químico. Essa equação pode ser definida partindo das leis das velocidades, utilizando-se das ferramentas matemáticas, o professor pode definir a sua origem no quadro caso assim desejar.

Atividade 1:

O professor deverá aplicar aos alunos a seguinte questão:

Partindo das informações obtidas no gráfico da figura 2, e com base na primeira meia vida do Carbono-14, calcular a taxa da constante de desintegração utilizando a equação (1).

Resolvendo, temos a equação (1):

$$N = N_0 \cdot e^{-k \cdot t}$$

E as informações coletadas se referem a:

$$N = 50$$

$$N_0 = 100$$

$$t = 5730$$

$$k = ?$$

Resolvendo temos:

$$50 = 100 \cdot e^{-k \cdot 5730}$$

$$\frac{50}{100} = e^{-k \cdot 5730}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-k \cdot 5730}$$

$$\ln \frac{1}{2} = -k \cdot 5730$$

$$-0,693 = -k \cdot 5730$$

$$\frac{0,693}{5730} = k$$

$$k = 1,2 \times 10^{-4} \text{ átomos/anos}$$

Obtêm-se a taxa da constante de desintegração do Carbono-14 $k = 1,2 \times 10^{-4}$. Esse valor encontrado, deve ser frisado, já que se trata de uma constante específica dessa substância e os alunos irão utilizar ela na sequência das investigações.

Atividade 2:

O professor poderá ainda solicitar aos alunos que resolvam a nova atividade:

Partindo das informações do gráfico da figura 2 e levando em consideração a constante k encontrada no exercício anterior, e tendo como base uma amostra de cem partículas, calcular o tempo de decaimento que esta amostra leva até chegar a dez por cento das partículas restantes.

Para solucionar a atividade, partimos da equação que descreve o decaimento radioativo:

Resolvendo, temos a equação (1):

$$N = N_0 \cdot e^{-k \cdot t}$$

E as informações coletadas se referem a:

$$N = 10$$

$$N_0 = 100$$

$$t = ?$$

$$k = 1,2 \times 10^{-4}$$

Resolvendo temos:

$$10 = 100 \cdot e^{-1,2 \times 10^{-4} \cdot t}$$

$$\ln \frac{10}{100} = -1,2 \times 10^{-4} \cdot t$$

$$\ln 0,1 = -1,2 \times 10^{-4} \cdot t$$

$$-2,3 = -1,2 \times 10^{-4} \cdot t$$

$$\frac{2,3}{1,2 \times 10^{-4}} = t$$

$$t = 19167 \text{ anos}$$

Logo obtêm-se o resultado aproximado de tempo em 19167 anos.

Conversa de Professor: Esses procedimentos investigativos auxiliam os alunos a compreenderem gráficos e escalas e analisar possíveis problemas propostos de cunho conceitual sobre radioatividade e tempo de meia vida, e de forma concreta e muito mais próxima da realidade, estimarem possíveis datações. O professor poderá em outras circunstâncias solicitar aos alunos que pesquisem a respeito do fóssil chamado “Luzia” e perguntar qual a sua importância para a ciência mundial.

Referências

FARIAS; Robson Fernandes de. A química do tempo. **Química Nova na Escola**. n° 16, pág. 6, novembro 2002.

HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, WALKER, Jearl. **Fundamentos de física:** óptica e física moderna; (Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi). - 10. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.

HUGHES; Enrique A. ZALTS; Anita. *Radioactivity in the Classroom*, **Journal of Chemical Education**. Vol. 77 N° 5. May 2000.

AULA 5 - Trabalhando o decaimento radioativo beta: conceito de meia vida por simulação interativa PHET.

TEMPO	02 aulas (50min cada)
OBJETIVOS	
Geral	Específicos
Compreender e analisar as principais características dos elementos radioativos.	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender e analisar massa atômica. - Analisar e criar modelos de isótopos. - Avaliar as radiações: alfa, beta e gama. - Criar graficamente o decaimento radioativo e a meia vida de um núcleo radioativo.

Quadro 9 Objetivos. Fontes: autoria própria.

CONTEÚDOS	Conceituais	Compreender e avaliar as estruturas atômicas e organização das cargas elementares, interações da radiação com os diversos tipos de materiais, ler e criar graficamente o decaimento de uma massa radioativa, avaliar as unidades de medidas para radiação.
	Procedimentais	Por meio de um simulador, analisar as características dos elementos químicos radioativos, suas formas de mutação, valor energético liberado durante o decaimento, criar modelos e formas matemáticas para emissão das radiações alfa, beta, gama e assim como a meia vida de um núcleo radioativo.
	Atitudinais	Avaliar a fundamentação da evolução das ciências para correlacionar com as aplicações e inovações tecnológicas.

Quadro 10 Conteúdos. Fontes: autoria própria.

1. Apresentação

Esta atividade tem como proposta analisar decaimento radioativo utilizando um simulador como ferramenta facilitadora do ensino aprendizagem em sala de aula, visando proporcionar uma aula interativa e investigativa, na qual o discente passa ser responsável direto pelo seu aprendizado e o professor atua como um mediador do processo.

O recurso de ensino aprendizagem utilizado nesta aula pode ser encontrado no site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Os professores e discentes podem ter acesso a simuladores específicos das diversas áreas da ciência, além de dicas para utilização dos mesmos.

O simulador utilizado para esta aula é: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/beta-decay. Ao ter acesso ao site aparecerá uma imagem, conforme a Figura 1, na qual deve-se clicar para começar a atividade e o discente pode acessar informações do início da investigação do simulador.



Figura 1: Imagem da página de acesso ao simulador.

Conforme a Figura 2, o discente visualizará quais são as ferramentas e possibilidades do uso do simulador durante a aula. Para o estudo deve-se considerar a aba "Vários átomos".

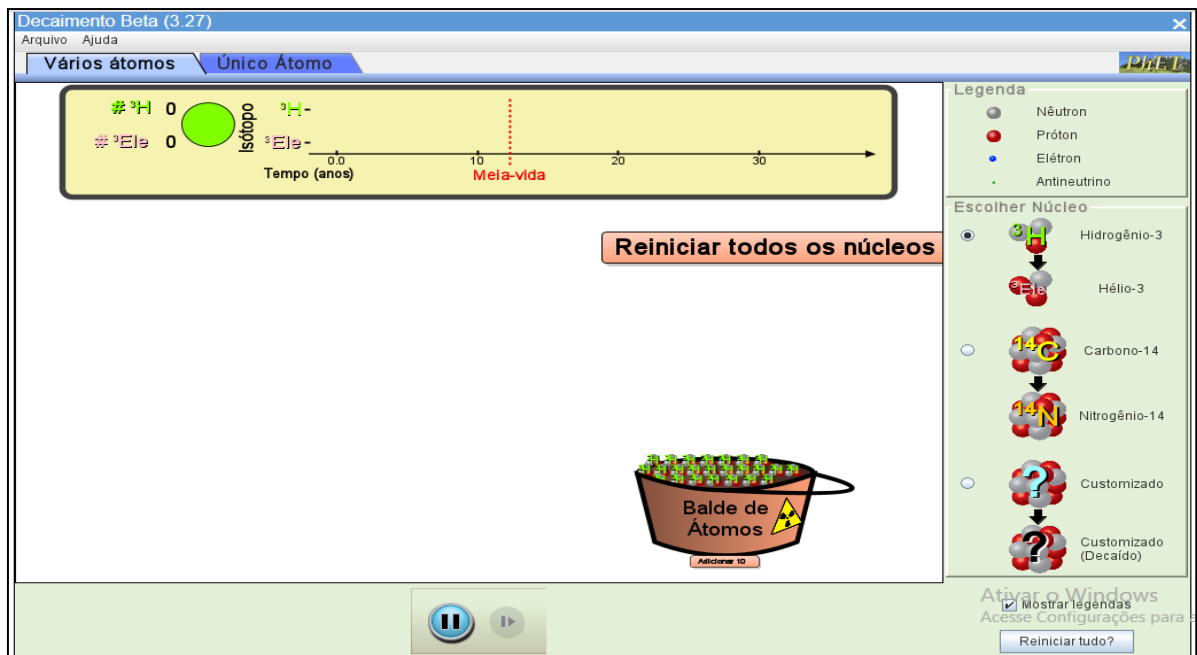


Figura 2: Layout de início da simulação

A seguir, encontra-se uma breve descrição para utilização do aplicativo, conforme a **Figura 3**:

- **Marcação 1** (seta vermelha): Na parte inferior da tela, encontra-se uma figura descrita como **Balde de átomos**, que pode ser acessado por meio de um clique. Conforme for a necessidade, o usuário deverá clicar no balde para que sejam adicionados mais dez átomos. Podem ser acrescentados mais átomos até descarregar todo o balde, pois são esses átomos retirados do balde que serão as referências para desenvolver o conceito de meia vida.

- **Marcação 2** (seta verde): Na parte inferior, encontram-se dois ícones, sendo o primeiro de avançar e/ou pausar e o segundo só pode ser usado quando “a reação” estiver em pausa, pois esse faz o simulador avançar somente durante os cliques. É um recurso que o professor pode utilizar para apresentar a partícula emitida durante o decaimento.

- **Marcação 3** (seta azul): No lado superior direito, o quadro legenda informa a cor de referência para cada elemento que forma o átomo, exemplo na cor vermelha o próton, logo abaixo existe um quadro chamado escolher núcleos, que informa quais são os núcleos que podem ser utilizados. Note que existem dois núcleos conhecidos e suas respectivas mutações durante o decaimento. O terceiro núcleo do mesmo

quadro possui um ponto de interrogação, ou seja, é aquele que o professor pode definir qual será a meia vida e assim problematizar com os alunos.

- **Marcação 4** (seta amarela): No canto inferior direito encontra-se o ícone de reiniciar tudo que volta para a configuração inicial do simulador. Logo acima desse tem-se o item mostrar legendas que indica a formula molecular do elemento químico.

- **Marcação 5** (seta roxa): O quadro na parte superior informa sobre o isótopo e seu tempo de meia vida. Assim, é possível acompanhar quantos átomos decaíram e quantos ainda restam, podendo também ser trabalhado o conceito de probabilidade e de média de isótopos decaindo.

- **Marcação 6** (seta preta): Utilizando o botão preto e vermelho, pode-se reiniciar todos os núcleos e, cada vez que é clicado, se inicia uma nova contagem com o mesmo número de átomos.

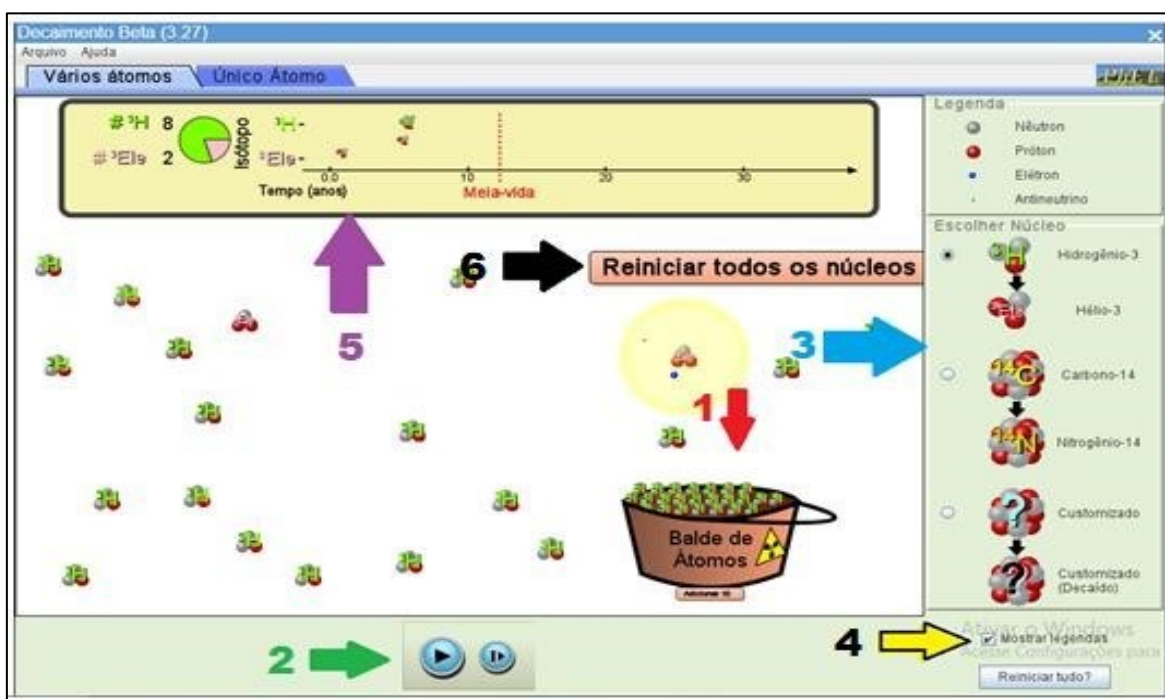


Figura 3: Marcação das informações referentes às ferramentas do simulador.

4. Desenvolvimento da investigação

O usuário do simulador, ao inicia-lo deve procurar utilizar a maior quantidade de átomos possíveis, no caso, 100 átomos. Inicia-se o simulador na seta (2), conforme a Figura 3, de início (play). Caso tenha perdido a contagem, poderá reiniciar a simulação clicando no botão reiniciar todos os núcleos na seta (6).

É necessário acompanhar a simulação na barra onde informa o número de isótopos que sofrem mutação em função do tempo do decaimento. A barra que indica o tempo da meia vida pode ser dividida em intervalos de tempo menores, conforme mostrado na Figura 4. Para esses intervalos é utilizado o botão de pausa e executado a contagem de núcleos que sobraram não decaídos. O professor deve destacar para os discentes que será utilizada uma aproximação do tempo e, com isso, os valores serão aproximados. A Figura 4 descreve as etapas do decaimento do Hidrogênio-3: na primeira etapa (A) é apresentado um tempo próximo a 5 anos, restando 79 átomos; na segunda etapa (B) o tempo de meia vida é descrito em aproximadamente 12,5 anos, restando 43 átomos, um pouco menos da metade; e na última etapa (C), é apresentado o segundo tempo de meia vida, restando assim 19 átomos.

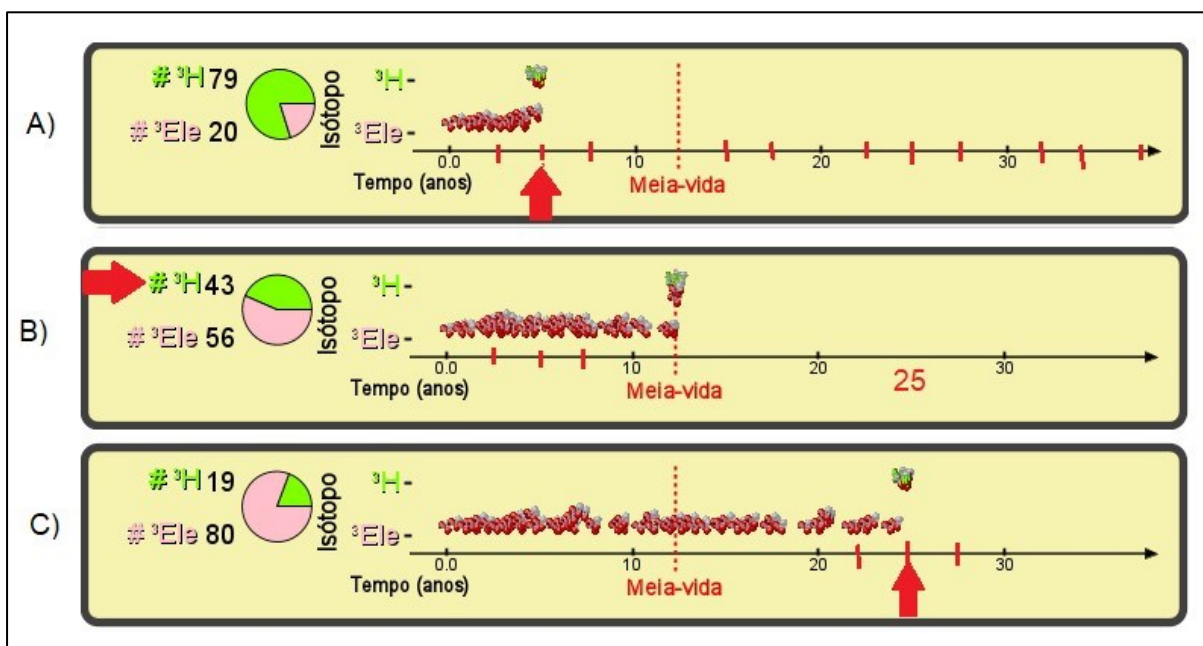


Figura 4: Etapas do decaimento do hidrogênio-3.

5. Análise das informações coletadas do simulador

Nessa etapa o professor deve realizar com os alunos as atividades sugeridas no Roteiro de investigação, (vide Tópico 4 desta aula), explorando o simulador sobre o decaimento beta apresentado anteriormente.

Essa atividade pode ser realizada de maneira individual ou em dupla, caso o professor opte por outra dinâmica de trabalho, pode solicitar aos alunos que levem os

celulares ou, se existir sala de informática da escola, a atividade pode ser realizada em grupos de 3 ou 4 alunos, dependendo do número de computadores disponíveis.

Ao explorar o simulador, dependendo de onde eles colocarem a seta, os alunos podem encontrar valores muito próximos aos descritos na Tabela 1.

Vale ressaltar que o elemento Trítio é isótopo do Hidrogênio com massa atômica igual a 3 que possui a sua meia vida referenciada na literatura como 12,5 anos, assim é possível utilizar os dados da tabela para investigar um pouco mais sobre os valores apresentados. Pode ser sugerido que os discentes façam sua própria tabela, coletando 18 pontos que julgarem pertinentes, respeitando a ordem crescente de tempo (anos).

Número de partículas	Tempo (anos)
100	0
91	2,5
80	5
68	7,5
61	10
49	12,5
42	15
38	17,5
33	20
30	22,5
28	25
23	27,5
21	30
18	32,5
18	35
17	37,5

Tabela 1: Dados do decaimento do Hidrogênio-3 em Hélio-3.

Fonte: Autoria Própria

Com os valores obtidos durante a investigação, pode-se solicitar aos estudantes que construam um gráfico, devendo-se obter uma curva exponencial decrescente, conforme é apresentado na Figura 4. A sugestão é de que se utilize da planilha do Excel ou calculadora, visto que a maioria dos alunos já estão mais familiarizados com essas ferramentas (computadores e alguns celulares possuem). Utilizando-se da ferramenta de linearização do Excel, foi possível ajustar o gráfico para confrontar os dados obtidos no simulador com o existente na literatura, de acordo com SANTOS (2005, p. 712).

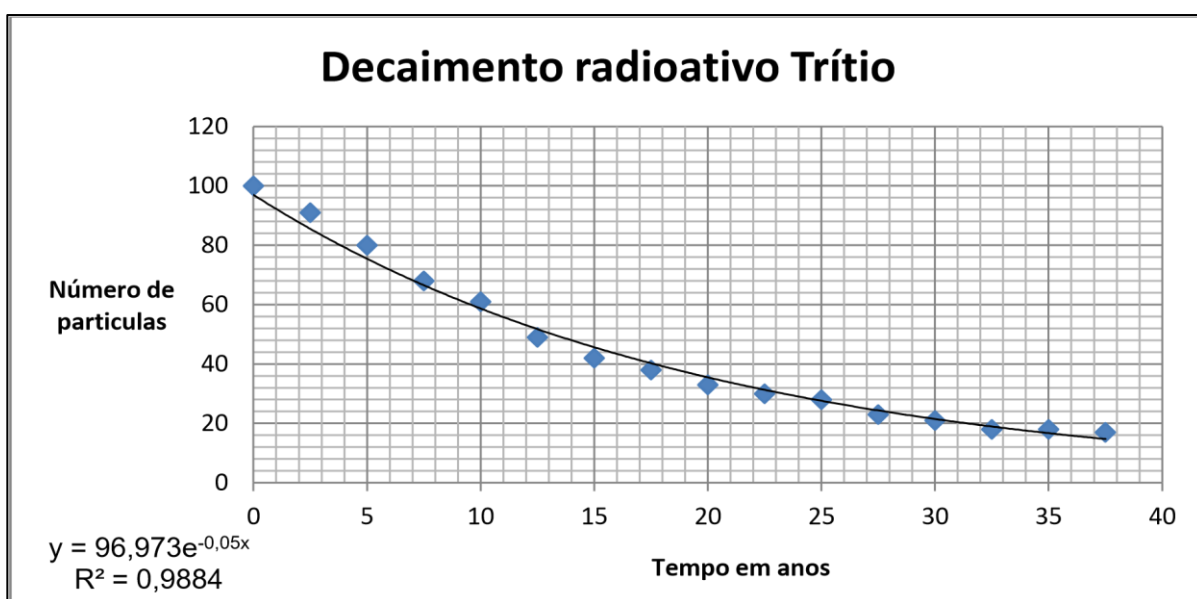


Figura 4: Gráfico representando o número de desintegração do em função do tempo. (Autoria Própria)

No Excel, fazendo uso da ferramenta: *formatar linha de tendência do gráfico*, marca-se as opções de exibir equação do gráfico e exibir valor de R-quadrado, encontrando-se uma curva cujo valor de R^2 é 0,9884, muito próximo de 1, indicando que os valores aferidos são adequados ao esperado, representando um gráfico muito próximo ao obtido por SANTOS (2005).

Outra importante informação obtida pela mesma ferramenta é a equação apresentada na figura 4:

$$y = 96,973e^{-0,05x}$$

Apropriando-se da equação descrita acima o professor pode pedir que se resolva o seguinte exercício:

Utilizando as informações obtidas no gráfico da figura 4, calcule o tempo de meia vida para o decaimento da amostra do trítio.

Utilizando a equação 1, podemos definir o valor da constante radioativa k , que é $-0,05 x$, que em comparação com a equação é $-kt$, assim definir o tempo da meia vida do elemento utilizado no simulador de forma muito simples.

Para obtermos a constante de decaimento radioativo temos o seguinte valor:

$$k = 0,05$$

Logo para definição do tempo de meia vida é buscado analogia a equação 6 que permite obter o cálculo da meia vida a partir das informações dos expoentes, assim o k representa a constante de decaimento que pode ser aplicada para o obter o tempo de meia vida conforme a seguir:

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{k} \rightarrow \frac{0,693}{0,05} \rightarrow t_{\frac{1}{2}} = 13,86 \text{ anos}$$

Observe que esse valor é muito próximo do valor indicado no simulador que era de 12,5 anos.

Para concluir, pode-se notar um erro de aproximadamente 10%, provavelmente proveniente da dificuldade de leitura na barra de tempo do simulador, o que pode ser melhorado executando várias medidas dos mesmos pontos e trabalhando com a média dos valores encontrados.

6. Roteiro de investigação

Ao iniciar atividade problematizar com as seguintes perguntas: Como podemos descrever o decaimento radioativo de um elemento químico? No seu cotidiano, onde você incluiria o “tempo de meia-vida”?

1) Depois de uma breve apresentação do simulador de decaimento beta, solicitar aos alunos que se organizem em grupos de no máximo 04 alunos e que busquem o conhecimento das principais ferramentas para uso do simulador. Pedir que descrevam

a função de pelo menos duas delas. (Sugestão: o professor pode projetar o simulador no grande grupo questionando a função de cada ferramenta)

2) Indagar se aluno sabe qual é o tipo de elemento químico usado no simulador e depois pedir para descrever sua massa e o seu número atômico.

3) Sugerir que acrescentem uma porção de 10 átomos, observando o que acontece com esses átomos conforme o tempo passa. Perguntar qual é o tipo de partícula que é liberada durante todo o intervalo da linha de tempo? Esses átomos podem ser considerados radioativos? Por quê?

4) Repetir o processo anterior, observando no quadro de isótopos, que os números mudam. O que significa essa mudança? Por que o número de cima diminui e o número na parte de inferior aumenta?

5) Utilizando 20 átomos do balde, o que os alunos podem relatar sobre o número de átomos de hidrogênio-3 que cruzam a linha pontilhada da meia vida?

6) Repetir o processo anterior usando 40 e depois 80 átomos. Fazer que tentem prever o número de átomos sobre a linha da meia vida. Qual foi esse número? Eles acertaram ou chegaram muito próximo?

7) Na linha de evolução do tempo, sugerir que tentem determinar o valor do tempo de meia vida representado no simulador. Em seguida, pedir para que descrevam como chegaram a essa conclusão.

8) Solicitar que façam uma breve pesquisa sobre o tempo de meia vida do hidrogênio-3. Pode-se questionar se existe outro elemento químico que tenha o mesmo tempo de meia vida?

9) Na sequência perguntar em que parte da linha de tempo é possível observar onde ocorre uma segunda marcação de meia vida? Pedir para que respondam novamente o item 6 da atividade considerando agora essa segunda linha de meia vida.

10) Solicitar que acrescentem todos os átomos do balde (100), procurem demarcar 10 pontos intermediários aos existentes na linha de tempo. Depois construir uma tabela com o número de átomos existentes em cada marcação de tempo. (Sugestão: peça que outros integrantes do grupo repitam a investigação, façam a contagem do número de partículas para a mesma marcação.

Exemplo:

Número de partículas	Tempo (anos)
100	0

11) Solicitar que os alunos construam um gráfico usando as informações coletadas na tabela do item 10 e questioná-los: se os eixos do gráfico são grandezas diretamente proporcionais ou inversamente proporcionais.

12) Nesta etapa, pressupõem-se que já haja conhecimento suficiente para explorar outros núcleos do simulador. Incentivar que façam uso do carbono-14 ou então customizar o seu próprio átomo, repetindo os itens do 8 ao 11.

13) Solicitar que expliquem o tempo de meia vida de um elemento químico radioativo.

14) O modelo matemático usado para descrever o decaimento radioativo de uma substância utiliza grandezas físicas diretamente proporcionais ou inversamente proporcionais?

Conversa de Professor: Esses procedimentos investigativos devem promover a reflexão sobre o comportamento das mutações dos núcleos atômicos e identificar as concepções iniciais dos estudos acerca do conceito e do comportamento energético da emissão das partículas bem como suas interações. Pode-se utilizar essa atividade como referência e propor que os alunos em grupo efetuem uma pesquisa sobre como é feita a proteção das pessoas que trabalham com elementos radioativos nocivos à saúde, que pode ser apresentada em uma aula posterior.

Método avaliativo para fechamento da proposta: Solicitar aos alunos que formem grupos para a confecção de vídeos, nos quais eles abordem os conteúdos trabalhados ao longo dessas aulas, para que sejam apresentados aos demais em sala e, posteriormente, postados nas redes sociais, que porventura o Colégio possua.

Referências

PHET Interactive Simulations. *University Of Colorado Boulder.* 2002-2021.
Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/ último acesso em 13/07/2021.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. MÓL, Gerson de Souza (organizadores).
Química. Projeto de Ensino de Química e Sociedade (PEQUIS). São Paulo/SP:
Nova Geração. 2005.