



## **O ENSINO DA RADIOATIVIDADE NAS ESCOLAS A PARTIR DO EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO**

**Maria Clara Bezerra de Sousa<sup>1</sup> Wilson Seraine da Silva Filho<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal do Piauí, R. Álvaro Mendes, 94 – Centro(sul), Teresina –PI, 64001-270

<sup>2</sup>Instituto Federal do Piauí, R. Álvaro Mendes, 94 – Centro(sul), Teresina –PI, 64001-270  
mclarabsousa@gmail.com

**Palavras-Chave:** Radioatividade, Questões, Radiação, ENEM.

### **RESUMO**

Na atualidade, o uso da radioatividade vem tendo grande destaque, graças a sua gama de funcionalidades nos mais diversos tipos de setores. Apesar disso, grandes são os desafios quanto à disseminação de informações sobre o tema. O Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM, pode ser um grande aliado na construção de conhecimentos voltados para a radioatividade, já que este possui, em seus componentes curriculares, temas que abordam a radioatividade. Com base nisso, este estudo tem como objetivo investigar e analisar a frequência, além das principais características das questões presentes no ENEM. A metodologia utilizada foi a análise qualitativa e quantitativa das questões sobre radioatividade presentes nos últimos onze anos das provas do ENEM (2013 a 2023), por meio da divisão destas questões em categorias, como tipo de resposta, contextualização, interdisciplinaridade, elementos visuais e aplicabilidade das radiações. Os resultados evidenciaram que as questões têm, predominantemente, caráter qualitativo, com enfoque nas preocupações relacionadas ao meio ambiente e às utilizações de tecnologias que usufruem das radiações ionizantes, além disso, elas, quase sempre, possuíram interdisciplinaridade, principalmente entre Física e Química. Normalmente, não há o uso de recursos visuais nas questões e a tecnologia em artefatos bélicos foi a aplicabilidade das radiações mais utilizada. Desse modo, foi possível constatar com a pesquisa que, apesar da quantidade de questões por ano sobre radioatividade ser pequena, o ENEM contempla, de forma satisfatória, contextos relacionados à radioatividade, trazendo perspectivas que englobam as suas aplicabilidades de maneira associada com o desenvolvimento da humanidade e as suas implicações sociais.

### **1. INTRODUÇÃO**

É imprescindível destacar, quando se fala a respeito de radioatividade, sobre a contribuição de Becquerel, Marie Curie e Pierre Curie, que foram os cientistas e pesquisadores pioneiros nos estudos voltados ao fenômeno da radioatividade durante o século 19. Desde a sua descoberta, várias foram as utilizações empregadas para a radioatividade, dentre elas, destacam-se o seu uso para fins medicinais e diagnósticos, como no tratamento de doenças através da radioterapia, e o uso de marcadores radioativos para identificação de doenças, além do seu uso para usinas nucleares e investigações científicas, como no caso das datações de fósseis [1].

Entretanto, apesar da grande contribuição empregada para as diversas funcionalidades da radioatividade durante os anos, a maior parte da população possui baixo conhecimento sobre o tema, o que gera opiniões não baseadas em fatos científicos e avaliações errôneas, que são fruto da falta de informações passadas durante, especialmente, a formação básica, isso pois, dificilmente, os conceitos de radioatividade são aprofundados [1, 8].

Ao analisar o contexto atual, é notório que o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) é, na atualidade, um meio muito importante para testar os conhecimentos dos alunos do Ensino Médio no Brasil, pois possui dois grandes pilares, introduzidos, em 2009, pelo



Ministério da Educação (MEC), que dizem respeito a sistematização e à qualificação das educações básica e superior, sendo os objetivos: "(1) - Servir de referência para potencializar a reestruturação dos currículos utilizados no ensino médio e (2) - criar um processo unificado para selecionar estudantes para as universidades de elevada ocorrência em seus cursos e também os ganhos de uma seleção nos moldes propostos". Dessa forma, o ENEM não somente é uma ferramenta de ingresso em Instituições Públicas e particulares de nível superior, mas também uma forte influência para as Matrizes Curriculares empregadas no Ensino Médio [7].

É indispensável, que durante todas as etapas da Educação Básica, em especial o Ensino Médio, haja um esforço comum entre docentes, para a construção de conhecimento e pensamento crítico dos alunos, para que, desse modo, seja colocado em prática o artigo 2º, prescrito na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), o qual estabelece que a finalidade da educação é “o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para exercício da cidadania e sua qualificação profissional” [4]. Nesse sentido, a Base Nacional Comum Curricular - BNCC, principal documento que orienta os conteúdos que devem compor o currículo das escolas da Educação Básica no Brasil, compreende que assuntos relativos à radioatividade estão incluídos nas aprendizagens essenciais, na qual todos os alunos devem desenvolver [2].

Temas como a Radioatividade estão incluídos, de acordo com a BNCC, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), mais especificamente em Química. De acordo com a competência específica 1, da área de CNT, em sua habilidade 3ª (EM13CNT103), os discentes devem aprender durante o Ensino Médio a “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, na indústria e na geração de energia elétrica” [2]. Sendo assim, é esperado que, durante esta etapa da Educação Básica, o aluno consiga compreender as características de materiais radioativos e as suas influências e implicações sociais no mundo atual. Diante disso, o ensino da Radioatividade no Ensino Médio se faz muito importante, uma vez que o conteúdo envolve diversos temas presentes na sociedade, como acidentes nucleares, geração de energia, meio ambiente, saúde, indústria, logo, a abordagem e a compreensão de como a radioatividade está inserida nesses temas é de grande relevância para a formação social dos alunos como cidadãos, gerando conhecimento sobre diversas situações aplicadas na realidade no mundo inteiro.

Posto isso, o pleno conhecimento das noções básicas de Radioatividade é de extremo interesse para o Curso de Tecnologia em Radiologia do Instituto Federal do Piauí, isso pois, durante todas as disciplinas da grade curricular, faz-se necessária a aplicação destas, sendo uma base indispensável para a formação do profissional da área de Radiologia, pois, ao ingressar na Instituição, é imprescindível que o aluno possua os conhecimentos que devem ser desenvolvidos no ensino médio e, no decorrer do curso, almeja-se que esse conhecimento seja aprimorado e moldado de acordo com as necessidades do curso.

Tendo em vista a importância e impacto das questões de Radioatividade presentes no ENEM, este estudo tem como objetivo investigar e analisar a frequência, além das principais características das questões presentes no ENEM.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo foi a análise qualitativa e quantitativa das questões de Radioatividade presentes nos últimos 11 anos das provas do ENEM, sendo os dados das questões coletadas foram obtidos a partir do site do MEC e do Instituto Nacional de Estudos e



Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Fizeram parte do estudo as provas do ENEM dentro do intervalo de tempo de 2013 a 2023, com foco na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, em especial as questões que estão inseridas no tema radioatividade.

Para a pesquisa, foram analisadas as onze últimas provas de aplicação regular do ENEM, em específico do caderno de questões azul, em que foram encontradas, inicialmente, um universo de 495 questões de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, tendo em vista que, a cada ano, são ofertadas 45 questões da área, entretanto, apenas 10 questões entraram para a análise final, de acordo com os critérios de inclusão utilizados nesta pesquisa. Para a inclusão das questões coletadas, utilizou-se os seguintes critérios:

- A questão foi elaborada com conteúdos específicos de radioatividade.
- A questão envolve impactos causados pelo uso de radiações ionizantes, mesmo que nesta envolva interdisciplinaridade com outras matérias.
- O enunciado da questão direciona para temas de radioatividade.

Para analisar as questões presentes nas provas entre 2013 e 2023, estas foram divididas em categorias, conforme a Fig. 1, que são: contextualização, tipo de resposta, interdisciplinaridade, aplicabilidade das radiações e elementos visuais.

Fig. 1. Divisão de categorias das questões.



A contextualização refere-se ao detalhamento e informações trazidas pelo enunciado das questões, fazendo com que estas sejam inseridas em diferentes contextos, como cunho ambiental, cotidiano, científico, tecnológico e social. Questões que não contavam com contexto em seus enunciados foram classificadas como “sem contextualização”.

Para a categoria “tipo de resposta”, foi levado em consideração se as alternativas da questão eram compostas por textos ou por valores numéricos. Tendo em vista o que sugere a BNCC em sua habilidade EM13MAT305, na qual o aluno deve ser capaz de “resolver e elaborar problemas com funções logarítmicas nos quais é necessário compreender e interpretar a variação das grandezas envolvidas, em contextos como a radioatividade [...]” [2], as questões que apresentaram alternativas com valores numéricos foram classificadas como quantitativas, isso pois, para se chegar à resposta, faz-se necessária a utilização de cálculos matemáticos atrelados aos conhecimentos sobre radioatividade. Já as questões que apresentam alternativas textuais foram consideradas como qualitativas, em razão que, para a resolução destas, é



necessário unir a interpretação de contextos cotidianos com os conteúdos teóricos, utilizando apenas o raciocínio e não fórmulas matemáticas.

A interdisciplinaridade, de acordo com o MEC, tem a intenção de relacionar o conhecimento de várias disciplinas, com o objetivo de sanar problemas ou compreender fenômenos e situações de diferentes perspectivas [5]. Dessa maneira, foram classificadas, nesta categoria, as questões que se associam com outras disciplinas, além da Química, para a resolução do problema, relacionando os conteúdos para sua completa compressão.

Quanto à categoria “aplicabilidade das radiações”, verificou-se as possíveis aplicabilidades e os conhecimentos das radiações ionizantes nas mais diversas áreas da Ciência e Tecnologia. Já para a inclusão das questões na categoria de “elementos visuais”, foram analisados os mais diversos recursos utilizados para ilustração e construção da compressão da resolução da questão, tais quais, tabelas, gráficos, imagens, equações, etc.

### 3. RESULTADOS

De acordo com a coleta de dados, as questões de radioatividade durante o período de 2013 a 2023 foram um total de 10 questões, sendo que, nos anos de 2018 e 2021, não houve questões do tema nas provas.

Tab. 1. Número de questões sobre radioatividade por ano nas provas do ENEM de 2013-2023.

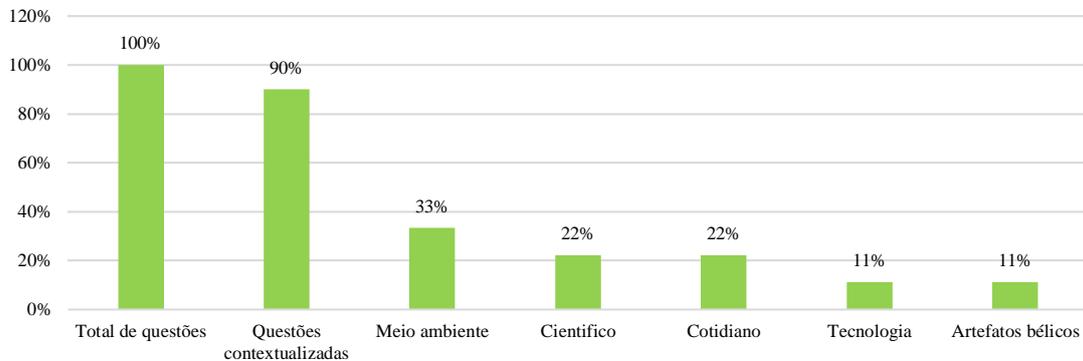
Ano	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Número de questões	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	2

É possível observar, de acordo com a Tab. 1, que as questões sobre radioatividade estão presentes em uma pequena quantidade por ano no ENEM, sendo que, geralmente, pelo menos uma questão é adicionada na prova em cada ano analisado. Excepcionalmente, nos anos de 2018 e 2021, não houve questões que abrangessem o tema de radioatividade de fato, houve apenas questões que traziam no seu enunciado o tema como forma de contextualização para outros temas, não fazendo parte dos critérios de inclusão desta pesquisa. Apenas no ano de 2023 foi possível observar um aumento discreto na quantidade de questões que incluíam o tema de radioatividade, no qual, uma questão a mais foi inserida, fugindo do padrão de uma questão sobre tema por ano.

De acordo com a análise das questões, na categoria contextualização, foi possível observar que, dentre as 10 questões analisadas, nove (9) apresentaram contexto em seus enunciados, enquanto apenas uma (1) questão não apresentou contexto algum, podendo ser classificada como “sem contextualização” e evidenciando um caráter puramente conceitual, em que o discente precisa necessariamente conhecer o conteúdo, não remetendo a concepções de contextualização daquele tema. Dentre as questões contextualizadas, três (3) questões envolveram o contexto de meio ambiente em seu enunciado. Fizeram parte do contexto científico duas (2) questões e, no contexto cotidiano, também se enquadraram esta mesma quantidade de questões. Nos contextos de tecnologia e avanços tecnológicos referentes a artefatos bélicos nucleares, foram encontradas uma (1) questão para cada um destes.



Gráf. 1. Divisão de categorias das questões.



Foi possível verificar, baseado no Gráf. 1, que 90% das questões de radioatividade entre os anos de 2013 e 2023 no ENEM possuem contextualização, sendo que, entre estas, 33% englobam o contexto de meio ambiente; estão voltadas para o contexto 22% das questões, assim como para o contexto de cotidiano; para os contextos de tecnologia e artefatos bélicos, fazem parte 11% das questões, em cada um destes. Estes dados permitem perceber que o ENEM possui características alinhadas com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – PCNEM [5], que reforçam que os assuntos da educação básica precisam ser associados com situações diversas do cotidiano, em que o melhor entendimento dos discentes será possível mediante a contextualização, que vai atuar de maneira a facilitar o aprendizado e a associar as aplicações do conteúdo de radioatividade, de maneira a valoriza-las [6].

Foi possível observar, durante a construção desta análise, que a contextualização das questões de radioatividade no ENEM está, na maior parte, abordando a preocupação da utilização das radiações ionizantes e dos seus possíveis impactos no meio ambiente e na segurança dos organismos vivos, sejam esses impactos causados por geração de energia através de recursos nucleares sejam pelo uso de artefatos bélicos. As questões podem trazer, também, contextualizações voltadas para utilizações tecnológicas e científicas das radiações.

Quadro 1. Exemplo de questão com contexto meio ambiente, questão 126.

(ENEM – 2020) Embora a energia nuclear possa ser utilizada para fins pacíficos, recentes conflitos geopolíticos têm trazido preocupações em várias partes do planeta e estimulado discussões visando o combate ao uso de armas de destruição em massa. Além do potencial destrutivo da bomba, uma preocupação associada ao uso é a poeira radioativa deixada após a bomba ser detonada.

Qual é o processo envolvido na detonação dessa bomba?

- Fissão nuclear do urânio, provocada por nêutrons.
- Fusão nuclear do hidrogênio, provocada por prótons.
- Desintegração nuclear do plutônio, provocada por elétrons.
- Associação em cadeia de chumbo, provocada por pósitrons.
- Decaimento radioativo do carbono, provocado por partículas beta.

Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

Na questão 126 do ENEM 2020, no quadro 1, nota-se que a contextualização seguiu um contexto ligado ao aspecto de problemas ambientais, que podem ser ocasionados pela detonação de uma bomba nuclear, problemas estes causados pelo grande poder de destruição do artefato. Desta forma, a questão em pauta foi categorizada como contextualizada, tendo utilizado o contexto de tecnologia em artefato bélico. Para resolução dessa questão, é necessário que o



aluno possua conhecimento sobre os conceitos e as aplicações dos temas de fissão e fusão nuclear. Além disso, é importante que o aluno possua domínio sobre a habilidade de número 22, listada na Matriz curricular de referência do ENEM [3]. A habilidade 22 está relacionada à capacidade de compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações naturais ou tecnológicas em suas implicações ambientais ou biológicas.

A partir dos dados coletados, é possível notar que, na categoria “tipo de questão”, seis (6) questões foram categorizadas como qualitativas e outras quatro (4) questões remanescentes foram classificadas como quantitativas. Houve, dessa forma, majoritariamente, questões que, em seu enunciado, há conteúdo textual, no qual se faz necessário que o discente interprete todo o contexto empregado no desenvolvimento da questão, além de possuir conhecimento teórico do conteúdo, que é a utilização das radiações ionizantes, aliando o “background” fornecido pela questão e pela teoria.

#### Quadro 2. Exemplo de questão qualitativa, questão 70.

(ENEM – 2016) Pesquisadores recuperaram DNA de ossos de mamute (*Mammuthus primigenius*) encontrados na Sibéria, que tiveram sua idade de cerca de 28 mil anos confirmado pela técnica do carbono-14.

FAPESP. DNA de mamute é revelado. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br>. (adaptado).

A técnica de datação apresentada no texto só é possível devido à

- proporção conhecida entre carbono-14 e carbono-12 na atmosfera ao longo dos anos.
- decomposição de todo o carbono-12 presente no organismo após a morte.
- fixação maior do carbono-14 nos tecidos de organismos após a morte.
- emissão de carbono-12 pelos tecidos de organismos após a morte.
- transformação do carbono-12 em carbono-14 ao longo dos anos.

Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

No quadro 2, é apresentada uma questão que foi enquadrada como qualitativa, estando relacionada com o uso da técnica de carbono-14 para a realização de datação de fósseis. A alternativa correta só pode ser alcançada se o aluno estiver habituado com o conteúdo de datação de fósseis pela técnica de carbono-14, para conseguir realizar a diferenciação das alternativas. O candidato deve apresentar domínio sobre a habilidade 18, possuindo a capacidade de fazer relações entre as propriedades da técnica de carbono-14 e as suas finalidades, que é a datação fóssil.

#### Quadro 3. Exemplo de questão quantitativa, questão 104.

(ENEM – 2017) A técnica do carbono-14 permite a datação de fósseis pela medição dos valores de emissão beta desse isótopo presente no fóssil. Para um ser em vida, o máximo são 15 emissões beta/(min g). Após a morte, a quantidade de  $^{14}\text{C}$  se reduz pela metade a cada 5 730 anos.

A prova do carbono 14. Disponível em: <http://noticias.terra.com.br>. (adaptado).

Considere que um fragmento fóssil de massa igual a 30 g foi encontrado em um sítio arqueológico, e a medição de radiação apresentou 6 750 emissões beta por hora. A idade desse fóssil, em anos, é

- 450.
- 1 433.
- 11 460.
- 17 190.
- 27 000.

Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.



Ainda na categoria “tipo de resposta”, no quadro 3, consta o exemplo de uma questão classificada como quantitativa, isto é, que necessita do uso de cálculos matemáticos para sua resolução. A questão também traz a utilização do carbono-14 para a datação de fósseis, entretanto, a questão expõe vários dados que serão utilizados para o cálculo da meia-vida física de um fragmento fóssil. Essa questão exige uma avaliação do método de datação pelo carbono-14, que contribuirá para diagnosticar a idade do fóssil, tendo implicações de ordem social, encaixando-se na habilidade 19.

Já na categoria “Interdisciplinaridade”, entre as 10 questões analisadas, sete (7) foram consideradas questões que possuem alguma conexão com outras disciplinas, enquanto apenas três (3) foram classificadas como disciplinares, isso é, que estão ligadas apenas à Química. Dentre as sete questões interdisciplinares encontradas, quatro (4) foram identificadas com ligação entre as disciplinas de Química e Física, enquanto as outras três (3), apresentaram interdisciplinaridade entre Química e Biologia.

#### Quadro 4. Exemplo de questão interdisciplinar entre Física e Química, questão 73.

(ENEM – 2015)

A bomba reduz neutros e neutrinos, e abana-se com o leque da reação em cadeia

ANDRADE, C. D. *Poesia completa e prosa*. Rio de Janeiro: Aguilar, 1973 (fragmento).

Nesse fragmento de poema, o autor refere-se à bomba atômica de urânio. Essa reação é dita “em cadeia” porque na

- fissão do  $^{235}\text{U}$  ocorre liberação de grande quantidade de calor, que dá continuidade à reação.
- fissão de  $^{235}\text{U}$  ocorre liberação de energia, que vai desintegrando o isótopo  $^{238}\text{U}$ , enriquecendo-o em mais  $^{235}\text{U}$ .
- fissão do  $^{235}\text{U}$  ocorre uma liberação de nêutrons, que bombardearão outros núcleos.
- fusão do  $^{235}\text{U}$  com  $^{238}\text{U}$  ocorre formação de neutrino, que bombardeará outros núcleos radioativos.
- fusão do  $^{235}\text{U}$  com  $^{238}\text{U}$  ocorre formação de outros elementos radioativos mais pesados, que desencadeiam novos processos de fusão

Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

Na questão acima (quadro 4), é evidenciada a interdisciplinaridade entre as disciplinas de Química e Física, pois, para a completa compreensão do funcionamento “em cadeia”, referido no enunciado, é necessário ter conhecimentos sobre o processo de fissão nuclear, que ocorre nas bombas atômicas, sendo que este tema possui enfoque na Física. Deste modo, a questão em destaque vai exigir que o aluno aplique as habilidades 22 e 18 para a sua resolução, atrelando os fenômenos causados pela radiação e as suas propriedades físicas aos fins desejados.

Poucas questões de radioatividade nos últimos 11 exames trouxeram algum tipo de elemento visual, sendo que, entre as 10 questões analisadas neste estudo, apenas duas (2) foram classificadas nesta categoria. Uma (1) questão apresentou o recurso visual de equação para o desenvolvimento da pergunta, enquanto a outra questão expôs uma tabela. A seguir, é exposto um exemplo de questão que utiliza recursos visuais.



Quadro 5. Exemplo de questão com elemento visual, questão 109.

(ENEM – 2022) O elemento iodo (I) tem função biológica e é acumulado na tireoide. Nos acidentes nucleares de Chernobyl e Fukushima, ocorreu a liberação para a atmosfera do radioisótopo  $^{131}\text{I}$ , responsável por enfermidades nas pessoas que foram expostas a ele. O decaimento de uma massa de 12 microgramas do isótopo  $^{131}\text{I}$  foi monitorado por 14 dias, conforme o quadro.

Tempo (dia)	Massa residual de $^{131}\text{I}$ ( $\mu\text{g}$ )
0	12,0
2	10,1
4	8,5
5	7,8
6	7,2
8	6,0
14	3,6

Após o período de 40 dias, a massa residual desse isótopo é mais próxima de

- a) 2,4  $\mu\text{g}$ .
- b) 1,5  $\mu\text{g}$ .
- c) 0,8  $\mu\text{g}$ .
- d) 0,4  $\mu\text{g}$ .
- e) 0,2  $\mu\text{g}$ .

Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

A questão do quadro 5 utilizou como elemento visual uma tabela para listar os dados necessários para a construção da sua resolução, em que a tabela se faz de extrema importância, já que as informações contidas nela serão utilizadas para chegar ao resultado da alternativa correta. Nesta questão, é importante que a habilidade 17 seja cumprida, pois esta está associada com a capacidade de relacionar informações presentes em diferentes formas de linguagem e representações usadas nas ciências da natureza, tais quais textos, tabelas, equações, figuras, etc.

Na categoria “aplicabilidade das radiações”, oito (8) questões foram incluídas, e apenas duas (2) questões não traziam o emprego das radiações em suas possíveis áreas de atuação. Em três (3) questões, as aplicabilidades da radioatividade para a finalidade de artefatos bélicos foram abordadas. Aplicações na área de investigação científica foram utilizadas em duas (2) questões, além de outras duas (2) questões que evidenciaram a funcionalidade da radioatividade para a produção de energia de origem nuclear. Ademais, uma (1) questão apenas abordou o uso das radiações ionizantes e a sua aplicabilidade na área da medicina.

Quadro 6. Exemplo de questão com aplicação da radioatividade, questão 49.

(ENEM – 2023) A utilização de tecnologia nuclear é um tema bastante controverso, por causa do risco de acidentes graves, como aqueles ocorridos em Chernobyl (1986), em Goiânia (1987) e em Fukushima (2011). Apesar de muitas desvantagens, como a geração de resíduos tóxicos, a descontaminação ambiental dispendiosa em caso de acidentes e a utilização em armas nucleares, a geração de energia nuclear apresenta vantagens em comparação a outras fontes de energia.

A geração dessa energia tem como característica:

- a) Formar resíduos facilmente recicláveis.
- b) Promover o aumento do desmatamento.
- c) Contribuir para a produção de chuva ácida.
- d) Emitir gases tóxicos que são lançados no ambiente.
- e) Produzir calor sem o consumo de combustíveis fósseis.

Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

É apresentada, nesta questão, a aplicabilidade da radioatividade para geração de energia de origem nuclear, que é uma das principais aplicações das radiações na atualidade. A questão trata, em seu texto, das possíveis características negativas que o uso deste tipo de energia pode apresentar para o meio ambiente, além de citar as tragédias de maior destaque ocasionadas pelo



uso da tecnologia de usinas nucleares, que são os casos dos acidentes de Chernobyl e Fukushima. Apesar do contexto negativo e estereotipado do uso das radiações ionizantes, ao final do texto, a questão levanta o sentido de que a utilização de energias provenientes de fontes nucleares possui vantagens sobre outros tipos de fontes energéticas.

É necessário, para a resolução desta questão, que o aluno tenha conhecimento prévios sobre as características desta aplicação da radioatividade. Desta maneira, o domínio da habilidade 22 se prova de vital importância para a compreensão deste tema, além da habilidade 12, que prevê que o aluno consiga avaliar impactos causados em ambientes naturais decorrentes de atividades econômicas, como no caso das usinas nucleares de geração de energia.

Através desta pesquisa, compreende-se que as questões de radioatividade no ENEM têm, predominantemente, caráter qualitativo, com enfoque nas preocupações relacionadas ao meio ambiente e às utilizações de tecnologias que usufruem das radiações ionizantes. As questões de Radioatividade quase sempre apresentaram interdisciplinaridade, principalmente entre Física e Química. Normalmente, as questões do tema não fazem o uso de recursos visuais. Ademais, fica evidente que a aplicabilidade das radiações mais utilizadas nas questões foi a de tecnologia em artefatos bélicos.

#### 4. CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos nesta pesquisa, pode-se constatar que, apesar da quantidade de questões por ano sobre radioatividade ser pequena, o ENEM contempla, de forma satisfatória, contextos relacionados à radioatividade, trazendo perspectivas que englobam as suas aplicabilidades de maneira associada com o desenvolvimento da humanidade e às suas implicações sociais. De acordo com o exposto, fica nítido que o Exame segue as instruções dadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, abordando questões de radioatividade de forma contextualizada. Consequentemente, entende-se que as escolas devem preparar os alunos de modo a compreender os acontecimentos e as tendências no mundo ao seu redor, que, possivelmente, podem fazer parte do ENEM, possuindo a capacidade de analisar, interpretar e investigar diferentes temas, como a radioatividade, e as suas aplicações e como estas podem interferir nos contextos social, econômico, etc.

Ademais, é possível verificar, observando o padrão das questões apresentadas, que o principal desafio dos discentes, perante o tema de radioatividade, é possuir uma bagagem ampla dos conteúdos abordados no Exame, o que implica diretamente na qualidade esperada de ensino que é ofertado pelos docentes sobre estes conteúdos. É fundamental que os educadores possuam um entendimento adequado sobre a temática das radiações ionizantes, tanto quanto ao seu contexto histórico, propriedades específicas, efeitos biológicos e aplicabilidades, afim de compartilhar de forma satisfatória tal repertório, além de possuírem abordagens de ensino que visem a capacidade crítica e de reflexão dos alunos.

A aplicação do tema de radioatividade nas salas de aula do Ensino Básico de forma coesa implica não somente na capacidade dos alunos conseguirem resolver questões, mas implica, especialmente, em participar da construção da identidade destes alunos como indivíduos conscientes e que conseguem pensar de forma independente e questionar aspectos relativos à radioatividade, além de serem importantes fontes de combate à desinformação sobre o tema e disseminadores de informação.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] T. V. Bez et al. A radioatividade na visão dos alunos de um curso de licenciatura em Ciências da Natureza. Revista Técnico-Científica do IFSC. Ed. 2013, Núm. 2, Vol. 2 - Sul. Santa Catarina (2013).



- [2] BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília (2018).
- [3] BRASIL. Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Exame Nacional do Ensino Médio: Documento Básico. Brasília (2002).
- [4] BRASIL. Ministério de Educação. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) - Lei nº 9394/96. Brasília. (1996).
- [5] BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília (1999).
- [6] C. S. Fernandes e C. A. Marques. Noções de contextualização nas questões relacionadas ao conhecimento químico no Exame Nacional do Ensino Médio. Química Nova na Escola, São Paulo, Vol. 37, p. 294-304 (2015).
- [7] L. S. Fernandes e A. F Campos. Análise das questões sobre radioatividade no Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM. Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, Vol. 13, Núm. 25, p. 62-74, ISSN 2317-5125. dez., Belém (2016).
- [8] R. Gombrade e L. Londero. Percepções de estudantes sobre usinas nucleares e o resíduo radioativo. Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, 17(2), pp. 286-299. (2022).
- [9] F. S. Pinto et al. Análise de competências e habilidades de itens associados ao ensino de Química na prova de Ciências da Natureza do Enem aplicados nos anos de 2013 a 2016. Brazilian Journal of Development, Vol. 6, Núm. 2, p. 7358–7366. (2020).
- [10] I. C. Romão et al. Análise da contextualização dos conteúdos de química nas questões do exame nacional do ensino médio (ENEM). Brazilian Journal of Development, Vol. 7, Núm. 1, p. 10215–10224. (2021).
- [11] F. C. V. Silva et al. Concepções alternativas de licenciandos em Química sobre radioatividade. Experiências em Ensino de Ciências, Vol. 8, Núm. 1, p. 87-97 (2013).