

Radioatividade no ENEM: Análise das Questões

Lucas dos Santos Fernandes^{1*} (PG), Angela Fernandes Campos² (PQ)

*E-mail: lucas.fernandes@univasf.edu.br

1. Universidade Federal da Bahia/ Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

2. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.

Palavras-Chave: ENEM, questões, radioatividade.

RESUMO: ESTE ESTUDO REFERE-SE A UMA PESQUISA DOCUMENTAL QUE UTILIZOU O MÉTODO QUALITATIVO PARA ANALISAR OS DADOS COLETADOS. ESTE ESTUDO TEM COMO OBJETIVO GERAL, IDENTIFICAR AS CARACTERÍSTICAS DAS QUESTÕES SOBRE O TEMA RADIOATIVIDADE NO ENEM. PARA ISSO, FORAM ANALISADAS AS QUESTÕES DA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS RELACIONADAS AO TEMA RADIOATIVIDADE. AS QUESTÕES FORAM ANALISADAS A PARTIR DAS SEGUINTE CATEGORIAS: TIPO DE QUESTÃO, CONTEXTUALIZAÇÃO, INTERDISCIPLINARIDADE, RECURSOS VISUAIS, EIXO COGNITIVO E APLICAÇÃO DA RADIOATIVIDADE. OS RESULTADOS OBTIDOS APONTAM O PREDOMÍNIO DE QUESTÕES QUALITATIVAS, CONTEXTUALIZADAS COM O MEIO AMBIENTE, INTERDISCIPLINARES, ENVOLVENDO A QUÍMICA E A BIOLOGIA, PERTENCENTES AO EIXO COGNITIVO DA COMPREENSÃO DOS FENÔMENOS E COM APLICAÇÃO DA RADIOATIVIDADE NA GERAÇÃO DE ENERGIA NUCLEAR. COM A REALIZAÇÃO DESTE ESTUDO ESPERA-SE TER CONTRIBUÍDO PARA O ESCLARECIMENTO DE COMO O TEMA RADIOATIVIDADE VEM SENDO ABORDADO NO ENEM AO LONGO DAS EDIÇÕES DESSE EXAME.

INTRODUÇÃO

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) existe desde 1998 e, atualmente, é a maior avaliação educacional do Brasil. O resultado da avaliação realizada através do ENEM pode ser utilizado para várias finalidades, tais como: certificação do Ensino Médio e inserção no Ensino Superior e Técnico em instituições públicas e particulares. Os conteúdos que constam nas provas do ENEM são definidos a partir de uma Matriz de Referência (BRASIL, 2009), que também apresenta competências, habilidades e eixos cognitivos a serem contemplados nas questões.

No que se refere à Química, a Matriz de Referência para o ENEM apresenta um grupo de conteúdos que serão abordados na parte do exame referente à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Entre os conteúdos de Química, o tema radioatividade aparece em dois tópicos: (i)- transformações químicas e energia; (ii)- Energias químicas no cotidiano. Esse tema foi abordado neste estudo devido às dificuldades de aprendizagem por parte dos estudantes em diferentes níveis de ensino de acordo com a literatura (TEKIN e NAKIBOGLU, 2006).

O estudo da radioatividade envolve conteúdos complexos e abstratos da Química, tais como: estrutura atômica, propriedades periódicas e estudo das radiações eletromagnéticas. Dificuldades de assimilação desses conteúdos podem implicar no surgimento de concepções alternativas sobre radioatividade. Segundo Boo (1998) as concepções alternativas são ideias dos estudantes que estão em desacordo com o que é aceito atualmente pela comunidade científica. Silva, et al, (2013) afirma que a maioria dos estudantes do Ensino Superior possuem compreensões pouco satisfatórias sobre o tema radioatividade.

A radioatividade consiste em um fenômeno natural que corresponde à emissão de partículas e radiação por átomos que apresentam núcleos instáveis. Somente com o

passar do tempo, os fenômenos radioativos passaram a ser controlados e produzidos artificialmente com fins determinados em benefício da sociedade, como por exemplo: diagnósticos por imagem, esterilização de materiais cirúrgicos, produção de energia nuclear, radioterapia, entre outros. Apesar de ser considerado um fenômeno pouco comum, Aquino e Aquino (2012) afirmam que é impossível não entrar em contato com radiações oriundas de processos radioativos, devido ao contato com isótopos radioativos que existem em proporções mínimas na água, no solo e no ar.

O ensino do tema radioatividade está previsto no currículo de Química e corresponde a uma unidade didática importante, pois nela vários fenômenos podem ser compreendidos, tais como: datação de artefatos arqueológicos, geração de energia nuclear, processos de fusão e fissão nuclear, entre outros. Esse tema pode ser abordado no ensino a partir de várias estratégias de ensino, algumas propostas didáticas já obtiveram êxito nesse sentido, tais como: utilização de Flexquests (VASCONCELOS e Leão, 2012) e a estratégia de resolução de situação-problema (SILVA, et al, 2014).

De acordo com Santos e Schnetzler (2010) o tema radioatividade pode ser abordado em sala de aula como um tema sociocientífico, buscando estabelecer relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (CTS). É importante enfatizar que os aspectos ambientais são intrínsecos ao estudo da radioatividade, tendo em vista que, vários episódios negativos de catástrofes ambientais relacionadas aos fenômenos radioativos foram disseminados pela mídia nos últimos anos.

A partir do exposto sobre o ENEM e sobre a radioatividade, esta pesquisa possui o objetivo de analisar as questões do ENEM, buscando identificar características dos enunciados que possam auxiliar na compreensão de como esse conteúdo vem sendo abordado ao longo das edições desse exame. A seguir serão descritos os procedimentos metodológicos utilizados neste estudo.

METODOLOGIA

Em relação ao tipo de pesquisa, esta investigação consiste em uma Pesquisa documental (GIL, 2010), na qual o corpus de estudo foram as provas do ENEM aplicadas desde 1998. Este estudo pode ser classificado como qualitativo, tendo em vista que, a análise de dados será realizada de forma descritiva e interpretativa (LUDKE e ANDRÉ, 2013).

COLETA DE DADOS

A coleta de dados neste estudo foi realizada a partir do site do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP - <http://portal.inep.gov.br/web/enem/edicoes-anteriores/provas-e-gabaritos>). Todas as provas do ENEM foram analisadas, correspondendo ao período entre 1998 a 2015. Também foram analisadas as provas aplicadas nas edições do ENEM em que o exame foi repetido devido a problemas operacionais.

Para esta pesquisa, foram selecionadas nas provas analisadas apenas as questões da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias relacionadas ao tema radioatividade. As questões selecionadas foram analisadas a partir de seis (06) categorias que serão descritas a seguir.

CATEGORIZAÇÃO

As categorias utilizadas para analisar as questões selecionadas foram: tipo de resposta, contextualização, interdisciplinaridade, recursos visuais, eixo cognitivo e aplicação da radioatividade.

Na categoria tipo de resposta, foi avaliado se as alternativas para responder a questão eram constituídas por números ou textos. Dessa forma, as respostas numéricas caracterizaram as questões classificadas como quantitativas, enquanto que as respostas textuais caracterizaram as questões classificadas como qualitativas.

Quanto à categoria contextualização, considerou-se a definição desse termo proposta por Uehara e Núñez (2011) para analisar questões do ENEM na edição de 2009. De acordo com essa definição, a contextualização consiste no contexto no qual o objeto de conhecimento está situado. Ou seja, o tipo contexto em que o enunciado está inserido (científico, meio ambiente, cotidiano, tecnológico, etc.). As questões que apresentavam um contexto no enunciado foram classificadas como contextualizadas, enquanto que as questões que não apresentavam contexto no enunciado foram classificadas como descontextualizadas. Também foi avaliada a incidência dos contextos nas questões, nesse sentido, os tipos de contexto em que as questões abordavam foram investigados.

A categoria interdisciplinaridade utilizou como critério para analisar as questões a definição desse termo no contexto de avaliação das provas do ENEM proposta por Marcelino-Júnior (2013), de acordo com esse autor a interdisciplinaridade consiste na integração dos conteúdos de várias disciplinas para compreender e/ou solucionar uma questão. A princípio, todas as questões foram classificadas como referentes à Química, pois na Matriz de Referência para o ENEM (BRASIL, 2009), os conteúdos relacionados ao tema radioatividade foram agrupados nos objetos de estudo da Química. Após foi avaliado se, além da Química, as questões envolviam outras disciplinas. As questões que envolviam outras disciplinas foram classificadas como interdisciplinares, enquanto que as questões que se referiam apenas à Química foram classificadas como disciplinares.

No que se refere à categoria recursos visuais, foi avaliado se a questão apresenta tais recursos, como: imagens, gráficos, figuras, equações, ou quaisquer elementos visuais, além do texto, que pudessem ser utilizados na compreensão e na resolução.

A categoria eixo cognitivo refere-se aos cinco (05) tipos de enunciado que as questões do ENEM podem apresentar de acordo com a Matriz de Referência (BRASIL, 2009): (i)- domínio da linguagem (domínio e uso das linguagens: matemática, artística, Língua Portuguesa, etc.); (ii)- Compreensão de fenômenos (construir e aplicar conceitos das diversas áreas do conhecimento para a compreensão dos fenômenos); (iii)- Resolução de situações-problema (tomada de decisão a partir da seleção, organização, relação e interpretação das informações); (iv)- Construção de argumentação (relacionar informações de forma consistente para construir argumentos); (v)- Elaboração de propostas (elaboração de propostas de intervenção na sociedade a partir dos conhecimentos escolares). A categorização das questões quanto ao eixo cognitivo permite identificar o tipo de raciocínio que a questão exige para ser solucionada.

Em relação às aplicações da radioatividade, foram avaliadas as possibilidades de aplicação dos processos nucleares na Ciência e na Tecnologia. A partir desse sistema de categorias foram obtidos os resultados a seguir.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao total foram identificadas doze (12) questões relacionadas à radioatividade após a análise de todas as provas do ENEM. Observa-se que ao longo do tempo o tema radioatividade esteve presente nas provas com frequência irregular. O quadro 1, a seguir, apresenta a distribuição temporal das questões sobre radioatividade nas provas do ENEM de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no período de 1998 a 2015.

Quadro 1: Distribuição das questões sobre radioatividade ao longo das edições do ENEM.

Fonte: Própria.

Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Número de questões	00	00	02	01	00	01	01	01	01
Ano	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Número de questões	00	00	01	00	00	01	01	01	01

De acordo com o quadro 1, as questões sobre radioatividade estão presentes em pequena quantidade do ENEM, geralmente, apenas uma (01) questão por ano, mesmo em anos em que houve dupla aplicação da prova devido a problemas operacionais. Apenas no ano 2000, o tema radioatividade foi contemplado com duas (02) questões. Além disso, é possível observar que em alguns anos, o tema radioatividade não esteve presente no ENEM, contudo, nos últimos quatro (04) anos a radioatividade foi contemplada com uma (01) questão anual.

Quanto ao critério referente ao tipo de questão, dez (10) foram classificadas como qualitativas, enquanto que apenas duas (02) questões foram consideradas quantitativas. A seguir um exemplo de questão qualitativa identificada neste estudo.

(ENEM - 2014) A elevação da temperatura de rios, lagos e mares diminui a solubilidade de oxigênio, pondo em risco as diversas formas de vida aquática que dependem desse gás. Se essa elevação de temperatura acontece por meios artificiais, dizemos que existe poluição térmica. As usinas nucleares, pela própria natureza do processo de geração de energia, podem causar esse tipo de poluição. Que parte do ciclo de geração de energia das usinas nucleares está associada a esse tipo de poluição?

- A fissão do material radioativo.
- B condensação do vapor-d'água no final do processo.
- C conversão de energia das turbinas pelos geradores.
- D aquecimento da água líquida para gerar vapor-d'água.
- E lançamento do vapor-d'água sobre as pás das turbinas.

Figura 1: Questão do ENEM classificada como qualitativa.

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

Ao longo deste estudo foi observado que existe o predomínio das questões qualitativas sobre o tema radioatividade no ENEM. O exemplo da figura 1 ilustra esse dado, nesta questão é preciso estar familiarizado com o funcionamento de um reator de geração de energia nuclear. O caráter conceitual das questões analisadas reflete que a

compreensão dos fenômenos radioativos é importante e deve ser valorizado no ensino do tema radioatividade. Além disso, nas poucas questões quantitativas que as provas apresentaram, era necessário entender como ocorrem os processos nucleares para prosseguir com a resolução utilizando os dados numéricos.

Quanto à contextualização, esta pesquisa apontou que onze (11) questões foram consideradas contextualizadas e apenas uma (01) não apresenta contexto. Esse dado reforça uma recomendação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (1999) para que os conteúdos químicos sejam ensinados de forma contextualizada. No que se refere ao contexto adotado nas questões, o meio ambiente esteve presente em cinco (05) enunciados. O contexto cotidiano e o tecnológico foram identificados em duas (02) questões cada. O contexto científico apareceu em apenas uma (01) questão, assim como o contexto relativo ao funcionamento de artefatos bélicos.

O contexto ambiental nas questões sobre radioatividade no ENEM envolve conhecimentos químicos e sobre os impactos ambientais causados pelas radiações no meio ambiente. Historicamente, vários acidentes em usinas de energia nuclear (Chernobyl, Fukushima) ocasionaram mortes e contaminação ambiental devido ao efeito das radiações emitidas a partir de elementos químicos radioativos utilizados nos reatores para gerar energia. Diversos ecossistemas são alterados significativamente quando entram em contato com radiações emitidas por isótopos radioativos. Ar, solo, água, flora e fauna sofrem efeitos devastadores quando expostos à radiação do tipo gama. A seguir um exemplo de questão contextualizada com o meio ambiente.

(ENEM - 2013) Na música "Bye, bye, Brasil", de Chico Buarque de Holanda e Roberto Menescal, os versos

"puseram uma usina no mar talvez fique ruim pra pescar"

poderiam estar se referindo à usina nuclear de Angra dos Reis, no litoral do Estado do Rio de Janeiro. No caso de tratar-se dessa usina, em funcionamento normal, dificuldades para a pesca nas proximidades poderiam ser causadas

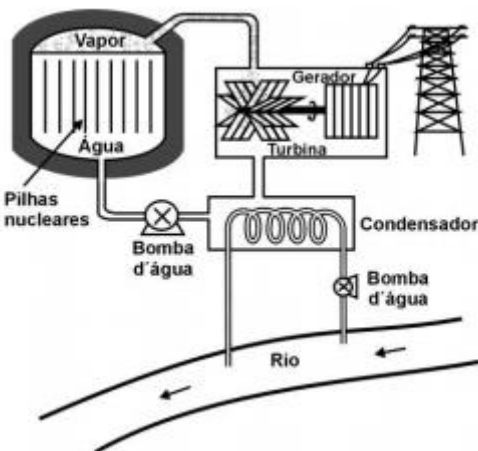
- (A) pelo aquecimento das águas, utilizadas para refrigeração da usina, que alteraria a fauna marinha.
- (B) pela oxidação de equipamentos pesados e por detonações que espantariam os peixes.
- (C) pelos rejeitos radioativos lançados continuamente no mar, que provocariam a morte dos peixes.
- (D) pela contaminação por metais pesados dos processos de enriquecimento do urânio.
- (E) pelo vazamento de lixo atômico colocado em tonéis e lançado ao mar nas vizinhanças da usina.

Figura 2: Questão do ENEM classificada como contextualizada com o meio ambiente.
Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

Na figura 2 é apresentada uma questão classificada como contextualizada com o meio ambiente. Nessa questão são abordados os efeitos causados ao ecossistema marinho causado pela instalação de uma usina de energia nuclear perto do litoral. A preocupação com o meio ambiente é uma questão central nas questões do ENEM relacionadas com o tema radioatividade. Nas edições do ENEM de 2000, 2001, 2003, 2004 e 2005 o tema radioatividade foi abordado juntamente com as questões ambientais. Nas últimas edições desse exame, o aspecto ambiental esteve ausente nas questões sobre radioatividade, embora os debates sobre os fenômenos nucleares sejam constantes nas esferas científicas, ambientais, econômicas e políticas.

Quanto à interdisciplinaridade, apenas quatro (04) questões foram classificadas como disciplinares, ou seja, só envolviam conhecimentos de Química. A interdisciplinaridade foi identificada entre a Química e a Biologia em sete (07) questões e entre a Química e a Física em apenas uma (01) questão. O predomínio de questões interdisciplinares é um indicativo presente nas Orientações Curriculares Nacionais (2006). A interdisciplinaridade envolvendo a Química e a Biologia identificada nas questões sobre radioatividade no ENEM é favorecida pelos aspectos ambientais presentes nos enunciados desse exame. A figura 3 a seguir é um exemplo de questão interdisciplinar envolvendo a Química e a Biologia.

(ENEM - 2000) A energia térmica liberada em processos de fissão nuclear pode ser utilizada na geração de vapor para produzir energia mecânica que, por sua vez, será convertida em energia elétrica. Abaixo está representado um esquema básico de uma usina de energia nuclear.



Com relação ao impacto ambiental causado pela poluição térmica no processo de refrigeração da usina nuclear, são feitas as seguintes afirmações:

I o aumento na temperatura reduz, na água do rio, a quantidade de oxigênio nela dissolvido, que é essencial para a vida aquática e para a decomposição da matéria orgânica.
II o aumento da temperatura da água modifica o metabolismo dos peixes.
III o aumento na temperatura da água diminui o crescimento de bactérias e de algas, favorecendo o desenvolvimento da vegetação.

Das afirmativas acima, somente está(ão) correta(s):

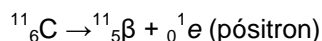
(A) I.
(B) II.
(C) III.
(D) I e II.
(E) II e III.

Figura 3: Questão classificada com interdisciplinar envolvendo a Química e a Biologia.
Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

Observa-se na questão da figura três a interdisciplinaridade entre a Química e a Biologia. Os aspectos ambientais nesse enunciado exigem conhecimentos sobre o funcionamento de um reator nuclear e sobre o ecossistema aquático. Ao estabelecer relações entre esses conhecimentos abordados em disciplinas diferentes, essa questão sugere que o ensino de radioatividade, visando o ENEM, seja pautado na interdisciplinaridade.

Ao longo de todas as edições do ENEM, as questões sobre radioatividade apresentaram recursos visuais em apenas quatro (04) questões. Duas (02) questões estavam relacionadas a apenas uma figura. Enquanto que gráficos e equações só foram identificados em apenas uma (01) questão cada. A seguir um exemplo de questão que fez uso de recursos visuais.

(ENEM - 2013) Glicose marcada com núclídeos de carbono-11 é utilizada na medicina para se obter imagens tridimensionais do cérebro, por meio de tomografia de emissão de pósitrons. A desintegração do carbono-11 gera um pósitron, com tempo de meia-vida de 20,4 min, de acordo com a equação da reação nuclear:



A partir da injeção de glicose marcada com esse núclídeo, o tempo de aquisição de uma imagem de tomografia é de cinco meias-vidas. Considerando que o medicamento contém 1,00 g do carbono-11, a massa, em miligramas, do núclídeo restante, após a aquisição da imagem, é mais próxima de

- A 0,200.
- B 0,969.
- C 9,80.
- D 31,3.
- E 200.

Figura 4: Questão que apresenta recurso visual do tipo equação.

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

Observa-se na questão da figura 4 a equação nuclear que representa a desintegração do radioisótopo ${}^{11}_{6}\text{C}$. Essa questão foi classificada como quantitativa e o recurso visual é essencial para a compreensão do enunciado e para a resolução. A ausência de recursos visuais nas questões sobre radioatividade no ENEM indica que esse recurso deve ser incorporado, cada vez mais, nas questões, a fim de contribuir para a compreensão do enunciado e para o processo de resolução das questões.

De acordo com a Matriz de Referência para o ENEM existem cinco (05) eixos cognitivos em que as questões são classificadas. O eixo cognitivo relativo à compreensão dos fenômenos foi identificado em sete (07) questões. O eixo referente ao domínio da linguagem foi observado em dois (02) enunciados. Os eixos, resolução de situações-problema, construção de argumentação e elaboração de propostas só foram identificados apenas uma (01) vez cada. Em algumas questões mais de um eixo cognitivo pode ser identificado, contudo, a classificação realizada neste estudo levou em consideração o eixo cognitivo predominante nas questões analisadas. Nessa categoria de análise foi observado que as questões sobre radioatividade analisadas contemplam a todos os eixos cognitivos previstos na Matriz de Referência para o ENEM (BRASIL, 2009). No entanto, existe o predomínio do eixo referente à compreensão dos fenômenos. O eixo cognitivo da compreensão dos fenômenos presente na maior parte das questões do ENEM sobre radioatividade aponta para a relevância do aspecto conceitual no ensino dos processos nucleares. Esse aspecto das questões analisadas é importante e chama a atenção para o ensino desse tema, visto que, existem muitas concepções alternativas associadas a esse tema (SILVA, et al, 2013).

A seguir, a figura 5 apresenta uma questão que foi classificada no eixo da compreensão dos fenômenos.

(ENEM - 2005) Um problema ainda não resolvido da geração nuclear de eletricidade é a destinação dos rejeitos radiativos, o chamado "lixo atômico". Os rejeitos mais ativos ficam por um período em piscinas de aço inoxidável nas próprias usinas antes de ser, como os demais rejeitos, acondicionados em tambores que são dispostos em áreas cercadas ou encerrados em depósitos subterrâneos secos, como antigas minas de sal. A complexidade do problema do lixo atômico, comparativamente a outros lixos com substâncias tóxicas, se deve ao fato de

- (A) emitir radiações nocivas, por milhares de anos, em um processo que não tem como ser interrompido artificialmente.
- (B) acumular-se em quantidades bem maiores do que o lixo industrial convencional, faltando assim locais para reunir tanto material.
- (C) ser constituído de materiais orgânicos que podem contaminar muitas espécies vivas, incluindo os próprios seres humanos.
- (D) exalar continuamente gases venenosos, que tornariam o ar irrespirável por milhares de anos.
- (E) emitir radiações e gases que podem destruir a camada de ozônio e agravar o efeito estufa.

Figura 5: Questão relacionada ao eixo da compreensão dos fenômenos.
Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

A figura 5 apresenta uma questão que se refere ao armazenamento de rejeitos radioativos. Essa questão requer conhecimentos sobre o período de desintegração de radioisótopos e sobre sua composição. Além disso, é preciso conhecer as formas de realizar o descarte dos materiais radioativos. A compreensão sobre o decaimento radioativo de radioisótopos é fundamental para resolver esse enunciado. É possível identificar que nessa questão o foco está na compreensão dos fenômenos nucleares, em especial, a cinética dos processos radioativos.

No que se refere à aplicação da radioatividade, apenas uma (01) questão não apresentou um contexto de utilização de fenômenos nucleares. Em sete (07) questões foi mencionada a produção de energia nuclear. Em três (03) questões foi identificada aplicações da radioatividade na medicina. Em apenas uma (01) questão, a radioatividade foi empregada no contexto dos artefatos bélicos.

A aplicação da radioatividade na produção de energia nuclear enfatizada nas questões do ENEM que foram analisadas sugere o debate sobre o uso desse tipo de energia na sala de aula. Em muitos países, as usinas nucleares correspondem à maior parte da matriz energética. No Brasil existem duas usinas nucleares em operação no Estado do Rio de Janeiro, as usinas de Angra I e Angra II, porém existem projeções para a instalação de, pelo menos, mais uma usina de energia desse tipo (BRASIL, 2008). A utilização de energia nuclear na matriz energética é fonte de grandes controvérsias entre os especialistas. De acordo com Vichi e Mansor (2009) existem debates entre especialistas sobre o uso da energia nuclear, enquanto alguns especialistas querem erradicar essa forma de produzir energia, destacando o risco de acidentes, outros afirmam que a energia nuclear é uma forma de energia que não contribui para a produção de gases que geram o efeito estufa, portanto é uma forma menos poluente de produção de energia. Outro aspecto importante nesse debate é o descarte dos resíduos gerados pelas usinas nucleares, esse tipo de material é altamente perigoso e pode contaminar o meio ambiente por muitos anos.

A seguir a figura 6 apresenta um exemplo da aplicação da energia nuclear em uma questão do ENEM.

(ENEM - 2006) O funcionamento de uma usina nucleoeletrica típica baseia-se na liberaçao de energia resultante da divisao do núcleo de urânio em núcleos de menor massa, processo conhecido como fissao nuclear. Nesse processo, utiliza-se uma mistura de diferentes átomos de urânio, de forma a proporcionar uma concentraçao de apenas 4% de material fissil. Em bombas atômicas, são utilizadas concentraçoes acima de 20% de urânio fissil, cuja obtençao é trabalhosa, pois, na natureza, predomina o urânio não-fissil. Em grande parte do armamento nuclear hoje existente, utiliza-se, então, como alternativa, o plutônio, material fissil produzido por reaçoes nucleares no interior do reator das usinas nucleoeletricas. Considerando-se essas informaçoes, é correto afirmar que

A a disponibilidade do urânio na natureza está ameaçada devido à sua utilizaçao em armas nucleares.

B a proibição de se instalarem novas usinas nucleoeletricas não causará impacto na oferta mundial de energia.

C a existência de usinas nucleoeletricas possibilita que um de seus subprodutos seja utilizado como material bélico.

D a obtençao de grandes concentraçoes de urânio fissil é viabilizada em usinas nucleoeletricas.

E a baixa concentraçao de urânio fissil em usinas nucleoeletricas impossibilita o desenvolvimento energético.

Figura 6: Questão relacionada à aplicação da radioatividade à geração de energia nuclear.
Fonte: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira.

A figura 6 apresenta uma questão em que a radioatividade é aplicada à geração de energia nuclear. Nessa questão são enfatizados os aspectos técnicos dos radioisótopos necessários para a produção de energia nuclear. Além da aplicação na matriz energética, a radioatividade pode ser utilizada na esterilização de materiais cirúrgicos, diagnóstico de doenças e radioterapia. De acordo com Aquino e Aquino (2012) as aplicações da radioatividade contribuem para sociedade, no sentido de produzir equipamentos e tecnologias que podem contribuir para melhorar a qualidade de vida.

A partir das discussões realizadas, pode-se identificar algumas características das questões do ENEM referentes ao tema radioatividade:

- A maior parte das questões é do tipo qualitativa;
- Predominam as questões contextualizadas com o meio ambiente;
- A maioria das questões envolve a interdisciplinaridade entre a Química e a Biologia;
- Os recursos visuais (figuras, esquemas, gráficos, tabelas, equações, etc.) são utilizados em poucas questões;
- Compreensão dos fenômenos é o eixo cognitivo mais presente nos enunciados;
- A geração de energia nuclear é a aplicação mais citada nas questões.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização deste estudo, pretende-se contribuir na compreensão de como o tema radioatividade é abordado no ENEM. As características das questões obtidas nos resultados desta pesquisa são úteis no sentido de posteriormente sugerir ações para alinhar o ensino desse tema com o tipo de avaliação que é adotado pelo ENEM. Nesse sentido, os resultados apresentados neste estudo são importantes para os professores e para os estudantes, à medida que, podem ser consultados no momento de planejamento das aulas sobre radioatividade e também durante o estudo desse tema visando o ENEM.

Analisar as questões do ENEM no cenário educacional do Brasil é relevante no sentido de promover reflexões acerca da principal avaliação nacional, voltada para estudantes que estão concluindo o ensino Médio e para pessoas que já concluíram esse nível de ensino. As provas do ENEM são realizadas anualmente e contam com milhões de inscritos que possuem objetivos distintos, tais como: ingressar no Ensino Superior numa instituição pública ou privada, participar de programas sociais de financiamento do Ensino Superior ou ainda obter a certificação de conclusão do Ensino Médio. A importância do ENEM para os estudantes e a abrangência desse exame, são indicadores da necessidade de pesquisar como essa avaliação vem sendo aplicada ao longo dos anos. Nesse sentido, este estudo não esgota a possibilidade de análise das questões, outras pesquisas são necessárias e poderão contribuir sobremaneira para esclarecer as formas de avaliação utilizadas no ENEM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉ, M. E. D. A.; LUDKE, M. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 2013.

AQUINO, K. A. S.; AQUINO, F. S. **Radioatividade e meio ambiente: os átomos instáveis da natureza**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2012.

BOO, H. K. Students' understandings of chemical bonds and the energetic of chemical reactions. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 5, p. 569-581, 1998.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte III Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 1999.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Vol. 2. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2006.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de Referência para o ENEM 2009**. Brasília, Distrito Federal, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

MARCELINO-JÚNIOR, C. A. C. A Interdisciplinaridade nas questões do ENEM 2009. In: RAMALHO, B. L.; NÚÑEZ, I. B. **Aprendendo com o ENEM: Reflexões para melhor se pensar o ensino e a aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática**, 2013, Brasília: Liber Livro Editora, 2013.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em química: compromisso com a cidadania**. Ijuí: Unijuí, 2010.

SILVA, F. C. V.; CAMPOS, A. F.; ALMEIDA, M. A. V. Concepções alternativas de licenciandos em Química sobre radioatividade. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 1, p. 87-97, 2013.

SILVA, F. C. V.; ALMEIDA, M. A. V.; CAMPOS, A. F. O trabalho com situação-problema utilizando elementos do ensino por pesquisa: análise das impressões de futuros professores de química. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 5, n. 1, p. 37-48, 2014.

TEKIN, B. B.; NAKIBOGLU, C. Identifying students' misconceptions about Nuclear Chemistry. A study of turkish High School students. **Journal of Chemical Education**, v. 83, n. 11, p. 1712-1718.

UEHARA, F. M. G.; NÚÑEZ, I. B. A contextualização do conteúdo e o uso de situações-problema na prova de Ciências Naturais do ENEM 2009. In: RAMALHO, B. L.; NÚÑEZ, I. B. **Aprendendo com o ENEM: Reflexões para melhor se pensar o ensino e a aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática**, 2013, Brasília: Liber Libro Editora, 2013.

VASCONCELOS, F. C. G. C.; LEÃO, M. B. C. Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia Flexquest sobre radioatividade. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 37-58, 2012.

VICHI, F. M.; MANSOR, M. T. C. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 757-767, 2009.