



ANÁLISE DIDÁTICA, CONTEXTUAL E CRÍTICA DAS QUESTÕES SOBRE RADIOATIVIDADE NAS PROVAS DO ENEM 2014-2024: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Sabrina F. Silva¹; Mateus S. Manguinho¹; Gabriel de O. Coutinho¹; Flávia Cristina Gomes Catunda de Vasconcelos¹

*1. Departamento de Química, UFRPE.
Sabrinaft09@gmail.com*

Palavras-Chave: Contextualização, Ensino de Química, Exame Nacional do Ensino Médio.

Introdução

A prova do Exame Nacional do Ensino Médio foi criada em 1998 com fins de se avaliar o desempenho dos estudantes do Ensino Médio no Brasil. Sendo uma prova não obrigatória, usada como instrumento de análise do ensino médio no país. Desde o ano de 2009, o Ministério da Educação (MEC) apresentou a proposta de unificar o vestibular das universidades federais, utilizando um novo modelo de prova para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), o qual era utilizado como acesso para o ensino superior. Com o Sistema de Seleção Unificada (Sisu) foi possível ampliar a oferta de vagas e uma mobilidade entre os estudantes nas diversas instituições do ensino superior no Brasil e em Portugal (GOMES, BORGES, 2009; SILVEIRA, *et al.* 2015). Ao mesmo tempo, seus resultados são utilizados pelo governo brasileiro como ferramenta de avaliação da qualidade geral do ensino médio no país, orientando as políticas educacionais do Brasil.

Com a reformulação, o exame passou a ter 180 questões objetivas e uma redação, sendo estas divididas em quatro áreas do conhecimento: Linguagens, códigos e suas tecnologias, em que está incluída a redação; ciências humanas e suas tecnologias; Ciências da Natureza e suas tecnologias; e matemática e suas tecnologias. Este modelo de prova é constituído a partir de uma matriz de referência, a qual contempla a possibilidade de identificação das competências e habilidades gerais dos alunos.

De acordo com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira (INEP) a prova do ENEM segue um modelo que o difere dos processos avaliativos tradicionais, uma vez que ela se baseia na interdisciplinaridade e contextualização dos fatos, colocando os estudantes frente a situações-problema e valorizando sua autonomia para fazer escolhas e tomar decisões.

Tendo em vista que o ENEM vem substituindo os vestibulares, isso provoca um movimento no currículo educacional. Dessa forma, é necessário compreender quais são as perspectivas de contextualização e interdisciplinaridade em que esse exame se fundamenta. Considerando esse raciocínio, as questões do ENEM apresentam-se como um conjunto de perguntas relacionadas a um contexto, e a partir das quais é possível identificar nos alunos a capacidade de interpretar, aplicar e contextualizar conceitos científicos (SILVA, 2015; COSTA *et al.* 2016).

Ademais, considerando que para Filho *et al.* (2011) a aprendizagem é a construção do conhecimento e não algo pronto que o professor impõe, é preciso realizar atividades e ações que levem os a agirem como sujeitos ativos neste processo. Nesse contexto, é fundamental o papel do professor não como o detentor do conhecimento, mas mediador que auxilia, dá suporte e estimula os alunos na construção de seus conceitos.

Para tal feito, o professor pode explorar os assuntos a partir de contextos, utilizando materiais do dia a dia, notícias de jornal, rótulos de alimentos, dentre outros. Nos temas que possibilitam discussões mais polêmicas, tem-se a Radioatividade, que pode representar para muitas pessoas como algo perigoso, relacionando com a bomba atômica ou acidentes como no caso do cézio em Goiânia (1987) e o da usina de Chernobyl (1986). Inevitavelmente, a população em massa, pouco sabe das aplicações benéficas da radioatividade. É comum estas

informações serem evidenciadas nos livros didáticos, como uma tentativa de contextualização, podendo gerar uma falsa impressão em alunos e professores pouco informados, de que os fenômenos relacionados a energia nuclear, de modo geral, causam danos a saúde, gerando riscos para toda uma população.

Logo, a temática da radioatividade se destaca por sua relevância histórica, social e tecnológica. Trata-se de um conteúdo que atravessa diversas esferas do conhecimento — da produção de energia à medicina nuclear — e que, por isso, oferece amplo potencial para o desenvolvimento de competências ligadas à análise crítica, à resolução de problemas e à compreensão dos impactos da ciência no cotidiano. No ENEM, espera-se que os estudantes consigam interpretar situações-problema e tomar decisões fundamentadas com base em conhecimentos científicos, conforme estabelecem as matrizes de referência da prova. As questões de Ciências da Natureza e suas tecnologias se baseiam em oito competências, subdivididas em trinta habilidades, que passam a exigir dos estudantes a capacidade de análise e reflexão sobre diferentes situações problemas (ANTUNES, 2014; COSTA-BEBER & MALDANER, 2015).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma análise didática e contextual a partir das questões da área de Ciências da Natureza que abordam o tema da Radioatividade no ENEM, dentro do período de 2014 a 2024. A análise contempla aspectos como a forma de abordagem do conteúdo e da contextualização, buscando-se compreender as estratégias avaliativas adotadas, a coerência com as competências e habilidades propostas pelo exame e os desafios enfrentados pelos estudantes na resolução dessas questões.

Material e Métodos

Este trabalho caracteriza-se como um estudo documental, conforme definido por Gil (2010), utilizando como corpus de análise as edições do ENEM aplicadas entre o período de 2014 a 2024 (sendo incluídas as provas que tiveram segunda aplicação, como a de 2016 e 2023). Tendo uma investigação de natureza qualitativa, visto que a interpretação dos dados foi uma abordagem descritiva e interpretativa, conforme os pressupostos de Lüdke e André (2013).

Para a coleta de dados, foram acessadas as provas do ENEM (caderno amarelo) a partir do site oficial do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira (INEP), sendo selecionadas as questões correspondentes à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias da prova regular, das edições do ENEM abrangendo o período de 2014 a 2024, com o tema sobre Radioatividade. A partir desta análise inicial, foram construídas categorias de análise, as quais buscou-se identificar aspectos referentes a: contextualização; interdisciplinaridade; os conceitos da temática e as habilidades exploradas.

No que se refere à categoria de contextualização, adotou-se a definição apresentada por Uehara e Núñez (2013), a qual diz respeito ao ambiente em que o objeto de conhecimento se encontra inserido. Em outras palavras, trata-se do tipo de contexto (científico, ambiental, cotidiano, tecnológico, entre outros) no qual o enunciado está situado. No quesito da interdisciplinaridade, a análise das questões baseou-se em Marcelino Jr (2013), segundo o qual, a interdisciplinaridade envolve a integração de conteúdos de diferentes áreas do conhecimento com o objetivo de compreender ou resolver uma determinada problemática. Com isso, buscou-se identificar se as questões relacionadas à radioatividade estabeleciam conexões com outras disciplinas, como Física e/ou Biologia, por exemplo. Quando a abordagem se restringia apenas à Química dentro do tema da Radioatividade, as questões foram classificadas como disciplinares.

Em relação aos tipos de conteúdo, as questões foram categorizadas a partir dos conceitos fundamentais de radioatividade (meia-vida, decaimento radioativo, tipos de radiação), aplicações tecnológicas, riscos e benefícios, e aspectos históricos (SANTOS & MORTIMER, 2002).

Na elaboração dos enunciados, foi realizada uma análise levando em consideração o tipo de linguagem utilizada, a acessibilidade, termos técnicos adequados e a presença de elementos gráficos (imagens, tabelas ou esquemas). No critério dos comandos exigidos será levado como abordagem a análise dos comandos utilizados nas questões, como por exemplo “calcular”, “justificar”, “analisar”, “relacionar”, conforme a tipologia de Bloom revisada (ANDERSON *et al.*, 2001). Por fim, foram identificadas as habilidades de cada questão, partindo da Matriz de Referência de Química do ENEM (BRASIL, 2012). Além disso o resultado reforça a tendência do ENEM em articular o conhecimento químico com questões de cidadania e CTS, conforme defendido por Santos e Schnetzler (2003).

Resultados e Discussão

A partir da análise das provas do ENEM, identificou-se 8 questões envolvendo a temática de Radioatividade. No quadro 1, identifica-se a distribuição destas questões de acordo com o ano de aplicação do exame. Nos anos de 2018, 2019 e 2021, não foram identificadas questões sobre o tema, e mesmo em anos em que houve dupla aplicação das provas, como em 2016 e 2023, ainda se percebe uma temática pouco explorada neste exame.

Quadro 1: distribuição das questões de radioatividade dos anos de 2014 a 2024.

Ano	2014	2015	2016	2017	2020	2022	2023	2024
Quantidade de Questões	01	01	01	01	01	01	01	01

Ao se analisar a abordagem da temática, foram identificadas 3 questões envolvendo cálculos e 5 questões que exploram mais informações contextualizadas sobre o assunto. Como pode ser visto na questão 53 da prova de 2015, na qual se identifica um fragmento do poema de Carlos Drummond de Andrade relacionando arte e literatura com ciência. Essa abordagem contextualiza o conteúdo de fissão nuclear de maneira interdisciplinar, viabilizando também uma aproximação com a cultura, visto que pode possibilitar uma reflexão sobre os impactos do uso da bomba atômica, que é apresentada no poema. Em uma perspectiva de compreensão do conteúdo presente na questão, o estudante precisa saber o funcionamento de uma bomba atômica, qual o material utilizado nesse tipo de armamento e do conceito de fissão nuclear.

Na Questão 99 da prova do ano de 2020 (Figura 2), é perceptível a contextualização no quesito histórico e geopolítico sobre o tema de radioatividade, nesse caso, com o conteúdo de processos nucleares de fissão e fusão nuclear. Além disso, identifica-se a habilidade 17 (H17) “Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.” da competência 5 (C5) da Matriz de Referência para o ENEM 2009. Visto que se relaciona o fenômeno do decaimento radioativo com o trecho do poema. Tem-se também a habilidade 20 (H20) “Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes” da Competência 6 (C6), “Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas”, a qual mesmo esteja dentro da competência que se refere mais a física, o assunto de Radioatividade também é explorado na aprendizagem da Química na educação básica.

Figura 1: Questão do ENEM 2015 classificada como qualitativa

- QUESTÃO 53** ◇◇◇◇◇
- 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
- A** fissão do ^{235}U ocorre liberação de grande quantidade de calor, que dá continuidade à reação.
 - B** fissão de ^{235}U ocorre liberação de energia, que vai desintegrando o isótopo ^{238}U , enriquecendo-o em mais ^{235}U .
 - C** fissão do ^{235}U ocorre uma liberação de nêutrons, que bombardearão outros núcleos.
 - D** fusão do ^{235}U com ^{238}U ocorre formação de neutrino, que bombardeará outros núcleos radioativos.
 - E** fusão do ^{235}U com ^{238}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 (INEP).

Figura 2: Questão do ENEM 2020 classificada como qualitativa

- Questão 99** 2020enem2020enem2020enem
- 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 atômica, uma grande preocupação associada ao emprego desse artefato bélico é a poeira radioativa deixada após a bomba ser detonada.
- Qual é o processo envolvido na detonação dessa bomba?
- A** Fissão nuclear do urânio, provocada por nêutrons.
 - B** Fusão nuclear do hidrogênio, provocada por prótons.
 - C** Desintegração nuclear do plutônio, provocada por elétrons.
 - D** Associação em cadeia de chumbo, provocada por pósitrons.
 - E** Decaimento radioativo do carbono, provocado por partículas beta.

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

Figura 3: Questão do ENEM 2017 classificada como quantitativa

QUESTÃO 102

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}C se reduz pela metade a cada 5 730 anos.

A prova do carbono 14. Disponível em: <http://noticias.terra.com.br>. Acesso em: 9 nov. 2013 (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

- A** 450.
- B** 1 433.
- C** 11 460.
- D** 17 190.
- E** 27 000.

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

Na Questão 102 da prova de 2017 (Figura 3), há a contextualização explorando o fenômeno da radioatividade a partir da técnica de datação do Carbono-14, que é utilizado para fazer a datação de fósseis de madeira, papiros e animais de valor histórico. O carbono-14 resulta da absorção contínua de nêutrons dos raios cósmicos pelos átomos de nitrogênio, que ao se combinar com o oxigênio forma o gás carbônico ($^{14}\text{CO}_2$), que é absorvido pelas plantas durante a fotossíntese. O ^{14}C tem meia-vida de 5730 anos, o que permite a medição desse material na amostra, ‘sabendo’ a possível idade da mesma (XAVIER et al, 2007; CARDOSO, 2006).

Sendo assim, o aluno necessita compreender a resolução de problemas matemáticos, aplicando o conceito de tempo de meia-vida para poder chegar a resposta do problema apresentado. O enunciado também fornece as informações necessárias para resolução da questão matemática, exigindo a idade do fóssil encontrado a partir da interpretação da resolução. A habilidade cobrada está relacionada à competência 7 da matriz de referência, a qual diz “Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico tecnológicas.”, especificamente a habilidade 26 (H26), “Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.” – além de envolver o raciocínio matemático extremamente necessário para realização da questão.

Na questão 130 da prova 2022, são explorados de forma contextualizada os acidentes nucleares ocorridos nas usinas nucleares de Chernobyl (1986) e Fukushima (2011). Identifica-se, informações sobre a liberação de ^{131}I e os impactos na saúde (enfermidades). A aplicação prática do conceito de decaimento radioativo torna a questão relevante ao cotidiano e à saúde pública. No que tange a interdisciplinaridade, sendo na verdade, multidisciplinaridade, a questão envolve i) a química nuclear com o decaimento radioativo do ^{131}I ; ii) a física através do comportamento exponencial da meia-vida; iii) a matemática com a interpretação de tabela e cálculo de massa residual por proporção e progressão exponencial e, iv) a biologia e saúde com o papel do iodo na tireoide e impactos no corpo mediante a exposição à radiação. Deste modo, identifica-se a habilidade 25 (H5), a qual explora “Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.”.

Figura 4: Questão do ENEM 2022 classificada como quantitativa**QUESTÃO 130**

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}I , responsável por enfermidades nas pessoas que foram expostas a ele. O decaimento de uma massa de 12 microgramas do isótopo ^{131}I foi monitorado por 14 dias, conforme o quadro.

Tempo (dia)	Massa residual de ^{131}I (μg)
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 μg .
- B 1,5 μg .
- C 0,8 μg .
- D 0,4 μg .
- E 0,2 μg .

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

Para este trabalho, foi realizado um recorte para compor a análise aqui apresentada. Mediante o que foi visto, identificou-se que as questões com cálculos matemáticos, foram contextualizadas com temas interdisciplinares, e com temas sociais e ambientais, o que é coerente com o objetivo do estudante saber resolver problemas referentes à impactos sociais de forma crítica. Além do mais, percebe-se como o caráter da prova vai além da mera memorização de conceitos, considerando as correlações feitas entre as diversas disciplinas da área de ciências da Natureza, bem como com a matemática e história, por exemplo.

No que tange a análise dos enunciados, percebeu-se que eles realmente eram contextualizados, claros e que apresentam informações adicionais. Uma crítica importante para o desenvolvimento das questões do ENEM, tange o excesso de textos em algumas questões, pois o tempo médio para resolução consciente de uma questão é em torno de 3 (três) minutos, então enunciados que não contribuem para uma resolução adequada da questão é um problema para o estudante durante a prova.

Por fim, as questões analisadas exemplificam como o ENEM aborda a radioatividade e a radiação de forma contextualizada, interdisciplinar e aplicada, exigindo do estudante não apenas o conhecimento teórico, mas também a capacidade de interpretar situações do cotidiano e avaliar riscos e benefícios da ciência e da tecnologia.

Conclusões

Considerando as questões analisadas sobre a temática de Radioatividade no ENEM 2014-2024, se identificou um baixo quantitativo de questões exploradas na área de Ciências da Natureza. Ainda assim, a contextualização se fez presente, sendo explorados aspectos ambientais, tecnológicos e sociais, estando em conformidade com as diretrizes da abordagem



CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente), contribuindo para a construção de aprendizagens mais significativas e para a formação de um pensamento crítico e reflexivo por parte dos estudantes.

Observou-se, ainda, uma presença expressiva da interdisciplinaridade, especialmente nas relações estabelecidas entre a Química e outras áreas como Física e Biologia. Essa integração de saberes reforça a proposta do ENEM de avaliar competências amplas e interligadas, conforme estabelecido na Matriz de Referência para o exame, reforçando, também, os dois pilares principais preconizados nos documentos oficiais.

Quanto aos assuntos relacionados a temática de radioatividade, identifica-se que foram explorados conceitos fundamentais, como: tipos de radiação e meia-vida, embora também tenham sido abordadas aplicações tecnológicas e implicações sociais e ambientais. Tal constatação aponta para uma predominância de abordagens conceituais, mas com inserções pontuais de elementos CTS, o que sinaliza um caminho possível para o aprofundamento dessa perspectiva nas avaliações futuras.

Além disso, a partir da análise das categorias (contextualização, interdisciplinaridade, tipos de conteúdo e habilidades), afirma-se que se teve a contemplação dos três modos de conhecimento químico presentes: macroscópico (fenomenológico), microscópico (teórico) e representacional (simbólico). Portanto, 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

- ANDERSON, L. W. & Krathwohl, D. R. A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Nova York: Addison Wesley Longman, 2001. 336 p.
- ANDRÉ, M. E. D. A; LUDKE, M. Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 2013.
- ANTUNES, Murilo Tissone. Ser Protagonista Química: Competências ENEM. 1ª ed. São Paulo: Edições SM LTDA, 2014. p. 10-73.
- BRASIL. Matriz de Referência para o ENEM. Senado Federal, Brasília, DF: Ministério da Educação, 2012. p. 8-10.
- CARDOSO, 2006. Apostila Educativa: Aplicações da Energia nuclear. (Comissão Nacional de Nuclear, rio de Janeiro), < <https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/centro-de-informacoes-nucleares/material-didatico-1/apostila-educativa-radioatividade.pdf> > 18 acesso 30 ago. 2025.
- COSTA-BEBER, Laís Basso & MALDANER, Otávio Aloísio. Um Estudo sobre as Características das Provas do Novo ENEM: Um Olhar para as Questões que Envolvem Conhecimentos Químicos. Química Nova na Escola, v. 37, n. 1, p. 44-52, 2015.
- Est. Aval. Educ., São Paulo, v. 20, n. 42, p. 73-88, jan./abr. 2009 O Enem é uma avaliação educacional construtivista? Um estudo de validade de construto CRISTIANO MAURO ASSIS GOMES OTO BORGES
- 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, Wildson Luiz Pereira dos.; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2002.
- SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Educação em Química: Compromisso com a cidadania. 3 a ed. Ijuí, RS: Editora Unijuí, 2003.



SILVA, Rayane Cristian Ferreira; Análise do Conteúdo de Radioatividade em Livros Didáticos de Química tendo como base as Competências e Habilidades do ENEM. 2015. Monografia – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

UEHARA, F. M. G.; NÚÑEZ, I. B. A contextualização do conteúdo e o uso de situações-problema na prova de Ciências da Natureza do ENEM. 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, 2017.

XAVIER, A.M.; LIMA, A.G.; VIGNA, C.R.M.; VERBI, F.M.; BORTOLETO, G.G.; GORAIEB, K.; COLLINS, C.H.; BUENO, M.I.M.S. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. Química Nova, vol. 30, n. 1, p. 83-91, 2007.