

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

MARIA CONCEIÇÃO TORRES DA SILVA

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A ABORDAGEM DA FISSÃO E DA
FUSÃO NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO**

Recife

2019

MARIA CONCEIÇÃO TORRES DA SILVA

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A ABORDAGEM DA FISSÃO E DA
FUSÃO NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito necessário para obtenção de grau de licenciada em Química.

Orientador: Prof. Dr. Jose Euzebio Simões Neto

Recife

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

U48s

Silva, Maria

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A ABORDAGEM DA FISSÃO E DA FUSÃO NUCLEAR NO
ENSINO MÉDIO / Maria Silva. - 2019.

57 f. : il.

Orientadora: Jose Euzebio Simoes Neto.
Inclui referências e apêndice(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Licenciatura em Química, Recife, 2020.

1. Sequência didática. 2. fissão e fusão nuclear. 3. Situação-problema. I. Neto, Jose Euzebio Simoes,
orient. II. Título

CDD 540

MARIA CONCEIÇÃO TORRES DA SILVA

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A ABORDAGEM DA FISSÃO E DA
FUSÃO NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO**

Aprovada em: 18/12/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Euzebio Simões Neto (Orientador)

Departamento de Química/UFRPE

Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior (Examinador Interno)

Departamento de Química/UFRPE

Profa. Dra. Flávia Cristiane Vieira da Silva (Examinador Externo)

Unidade Acadêmica de Serra Talhada/ UFRPE

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Doutor, orientador e amigo Euzebio Simões pela paciência, empenho e ajuda na realização deste sonho.

Agradeço a minha mãe, meu pai e irmão por me auxiliarem a construir mais um degrau na subida para o meu êxito.

Agradeço ao meu noivo e amigo Blender que em tantos momentos de aflição me ajudou a enxergar uma saída e me proporcionou os melhores conselhos e conforto quando necessário.

Agradeço a minha tia Paula Rejane, bibliotecária da Universitária Federal de Pernambuco, por toda ajuda e conselhos para a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus familiares por todo apoio.

Agradeço a todos os amigos que construí ao longo da minha graduação por todo carinho e ajuda.

Agradeço a mim por ter praticado com afinco a resiliência em todos os momentos que era preciso.

Dedico este trabalho principalmente a Deus e a minha mãe e avó paterna, uma vez que elas sempre foram as pessoas que mais me incentivam e acreditam que lecionar é uma das profissões mais belas que existe. Dedico também ao meu pai, irmão e noivo.

“Eu, um universo de átomos, um átomo no universo.
”

Richard Feynman

RESUMO

O presente estudo analisar as contribuições de uma sequência didática com base nos três momentos pedagógicos na construção dos conceitos de fissão e fusão nuclear do Ensino Médio. Para isso, utilizamos a pedagogia dos três momentos pedagógicos, tendo entre as estratégias associadas uma situação-problema sobre os riscos provocados por energia nuclear. Na intervenção aulas teóricas e vídeos sobre o uso benéfico da fissão e fusão nuclear também compunham o material proposto, que tinha o objetivo de enriquecer as discussões que aconteceram sobre a temática e possibilitar a construção de conceitos necessários para resolução da situação-problema. Participaram da pesquisa 24 alunos, do 2º ano do Ensino Médio. Para coleta e construção dos dados foram utilizadas duas formas de registro: o escrito e gravações em áudio. Os dados foram analisados qualitativamente para que assim os resultados fossem sistematizados, com destaque para a categorização prévia utilizada para a análise das respostas dadas a situação-problema. A participação dos alunos foi constante e significativa em cada etapa realizada o que possibilitou boa construção e reconstrução do conhecimento deles. O levantamento de hipóteses possibilitou no estruturamento da resposta final a partir da construção do conhecimento ao longo da realização das atividades propostas. As respostas dadas a situação-problema mostram que os alunos utilizaram as informações trazidas nos três diferentes momentos que compõem a sequência. Destacamos o trabalho em equipe e o desejo em aprender os conceitos científicos, por parte dos estudantes, que a todo momento mostravam-se interessados com a abordagem realizada. Por fim a construção de uma situação-problema a partir de um contexto real nos parece uma boa alternativa para a construção de conceitos gerais de radioatividade, principalmente sobre fissão e fusão nuclear, pois permite o desenvolvimento dos conceitos científicos e a construção do conhecimento de uma perspectiva ampla e diferenciada.

Palavras-Chave: Sequência didática. Situação-problema. Fissão e Fusão nuclear.

ABSTRACT

This study to analyze the contributions of a didactic sequence based on the three pedagogical moments in the construction of the concepts of fission and nuclear fusion in high school. For this, we use the pedagogy of the three pedagogical moments, having among the associated strategies a problem situation about the risks caused by nuclear energy. The lectures and videos on the beneficial use of nuclear fission and fusion also comprised the proposed material, which aimed to enrich the discussions that took place on the subject and enable the construction of concepts necessary to solve the problem situation. Twenty-four students from the second year of high school participated in the research. For data collection and construction, two forms of registration were used: writing and audio recordings. The data were analyzed qualitatively so that the results were systematized, highlighting the previous categorization used for the analysis of the answers given the problem situation. The students' participation was constant and significant in each stage, which allowed a good construction and reconstruction of their knowledge. The hypothesis survey made possible the structuring of the final answer from the knowledge construction along the proposed activities. The answers given to the problem situation show that the students used the information brought in the three different moments that make up the sequence. We highlight the teamwork and the desire to learn the scientific concepts on the part of the students, who were always interested in the approach taken. Finally the construction of a problem situation from a real context seems to us a good alternative for the construction of general concepts of radioactivity, mainly about nuclear fission and fusion, as it allows the development of scientific concepts and the construction of knowledge of a broad and differentiated perspective.

Keywords: Didactic sequence. Problem situation. Nuclear fission and fusion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Poder de penetração das partículas alfa e beta e do raio gama.....	19
Figura 2 -	Processo de fusão nuclear.....	19
Figura 3 -	Processo de fissão nuclear.....	20
Figura 4 -	Losango didático que descreve o planejamento sequência didática.....	22
Figura 5 -	Esquematização da dinâmica em sala.....	27
Figura 6 -	Rompimento do antigo saber e construção do conhecimento científico.....	27
Figura 7 -	As etapas de desequilíbrio e equilíbrio, segundo a teoria de Piaget.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Momentos da sequência didática segundo Cruz.....	24
Quadro 2 -	Questões para levantamento de concepções.....	29
Quadro 3 -	Ordem sistemática de apresentação do conteúdo científico..	31
Quadro 4 -	Situação-problema.....	35
Quadro 5 -	Acertos e erros de cada questão.....	37
Quadro 6 -	Análise da situação-problema.....	39
Quadro 7 -	Resposta final dos grupos para a pergunta “Apenas desativar uma usina nuclear é garantia da extinção das catástrofes nucleares e problemas socioambientais provenientes dessas unidades de produção de energia?”.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 Fissão e Fusão	
Nuclear.....	17
2.2 Sequência Didática.....	22
2.3 Três Momentos	
Pedagógicos.....	24
3 METODOLOGIA.....	28
3.1 Contexto da Pesquisa.....	28
3.2 Elaboração da Sequência Didática.....	28
3.2.1 Problematização Inicial.....	28
3.2.2 Organização do Conhecimento.....	31
3.2.3 Aplicação do Conhecimento.....	32
3.3 Aplicação da Sequência Didática.....	35
3.3.1 Primeiro Momento.....	36
3.3.2 Segundo Momento.....	36
3.3.3 Terceiro Momento.....	36
3.4 Análise dos Dados Obtidos.....	37
3.4.1 Análise do Questionário de Levantamento das Concepções	
Prévias.....	37
3.4.2 Análise do Momento de Discussão da estratégia	
didática.....	37
3.4.3 Análise das Respostas a Situação-Problema.....	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
4.1 Análise das Questões.....	40
4.2 Análise do Debate	43
4.3 Análise do Momento de Organização do Conhecimento.....	45
4.4 Análise das Respostas a Situação-Problema.....	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48

REFERÊNCIAS.....	50
APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS.....	52
APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA.....	55
APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	56

1 INTRODUÇÃO

Assim como as bombas nucleares as usinas nucleares também são movidas a partir da energia emitida por um processo de fissão nuclear, que acontece quando um átomo de urânio-235 é atingido por um nêutron. A soma dos dois pedaços do átomo mais os nêutrons soltos dá uma massa menor do que a do urânio original, e essa diferença é transformada em energia (Goldemberg, J. 2011).

Uma das vantagens da obtenção de energia por uma usina nuclear é que ela pode ser construída em qualquer lugar, e além do seu combustível ser encontrado abundantemente basta apenas poucos quilos para se ter a geração de energia. Uma das principais desvantagens são os acidentes que podem acontecer, como por exemplo os das usinas de Chernobyl, na Ucrânia, e Fukushima, no Japão, e os diversos tipos de resíduos e materiais radioativos que elas produzem chamados de “lixo nuclear”, que precisam ser armazenados cuidadosamente, pois oferecem riscos de contaminação durante longos períodos de anos (Goldemberg, J. (2011).

Recentemente, a desativação de usinas nucleares em massa se tornou recorrente, após os vários acidentes que ocorreram ao longo da história. As três maneiras mais seguras utilizadas para a desativação de usinas nucleares são: desmantelamento, armazenamento seguro e encapsulamento, que são constantemente utilizadas por países que estão mudando de fonte de energia.

Do ponto de vista didático, a radioatividade é um conteúdo abordado apenas no final do ano letivo, não é trabalhado com tanto tempo e dedicação quando comparado aos outros assuntos e por isto resolvemos trabalhar com essa temática. Visando fornecer um olhar diferenciado para o conteúdo, propomos uma sequência didática baseada nos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009), para assim proporcionar uma discussão sobre os conceitos de fissão e fusão nuclear.

Nos referenciando nos problemas listados na utilização e no ensino de radioatividade no Ensino Médio, temos o seguinte problema de pesquisa: **De que forma uma sequência didática baseada no modelo dos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009), associada a uma**

situação-problema pode auxiliar na construção do conhecimento de fissão e fusão nuclear?

Diante do que foi exposto acima trazemos traçamos objetivos gerais para responder essa problemática, que são:

- a) Identificar as concepções previas dos estudantes sobre fissão e fusão nuclear a partir de quatro questões do Enem apresentadas e discutidas em sala de aula;
- b) Analisar as contribuições de uma sequência didática com base nos três momentos pedagógicos na construção dos conceitos de fissão e fusão nuclear do Ensino Médio.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apresentaremos neste tópico os pressupostos teóricos escolhidos para a justificação do nosso trabalho sobre a abordagem da fissão e da fusão nuclear no Ensino Médio.

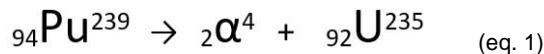
2.1 Fissão e Fusão Nuclear

Os primeiros relatos sobre a radioatividade ocorreram após a descoberta dos Raios-X pelo físico alemão Roentgen. Após isto uma série de investigações a respeito da natureza atômica, mais especificamente a composição do núcleo, se iniciaram, suscitando grande evolução na Química. Segundo Passos e Souza (2010), Becquerel descobriu accidentalmente que os sais de urânio emitiam, mesmo quando não havia luz solar, radiações que apresentavam propriedades semelhantes às dos Raios-X. Essa observação fez com que o cientista chegasse à conclusão de que a radiação emitida pelos sais de urânio era proveniente do próprio mineral (SILVA, 2013).

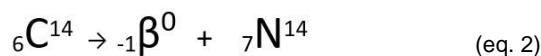
As descobertas de Becquerel impulsionaram o casal Curie em suas pesquisas sobre a proveniência das radiações observadas pelo cientista. Após experimentos com 42 minerais que possuíam em sua composição o urânio, como por exemplo, a pechblenda, eles descobriram que a propriedade de emitir radiação era comum a todas as substâncias que possuíam urânio e que a atividade de emitir radiação era proporcional à quantidade de urânio presente na amostra (PASSOS; SOUZA, 2010).

A natureza complexa da radiação nuclear foi desvendada a partir de pesquisas sobre a radiação emitida naturalmente por materiais radioativos, compostos por partículas alfa (α), partículas beta (β) e de raios gama (γ). Radioatividade é a liberação de energia por um núcleo excitado. Essa energia é liberada por um núcleo instável com excesso de energia, que é liberada em forma de radiação, transformando-se em um núcleo mais estável, com menos energia (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005).

Esse processo é chamado de decaimento radioativo e ocorre, basicamente, por meio da emissão das radiações ionizantes alfa, beta ou gama. O feixe de partícula alfa também chamado de radiação alfa, representado por ${}^4\alpha_2$, que é o núcleo do átomo de Hélio, é composto por dois prótons e dois nêutrons. É considerada uma radiação muito ionizante e pouco penetrante por ter carga elétrica alta (+2). O decaimento alfa pode ser observado na Equação 1:



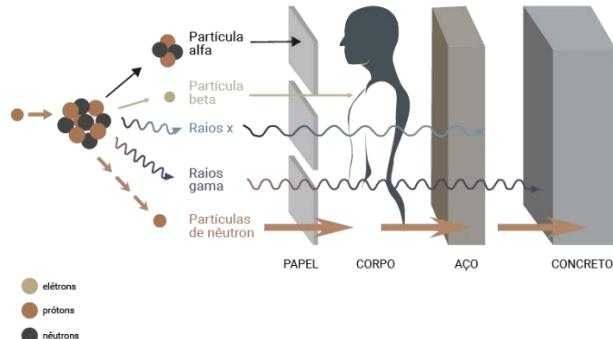
As partículas beta são emitidas por núcleos atômicos que possuem número atômico maior que 83, podem ser detidas por uma folha de papel ou pela camada de células mortas que reveste o corpo humano, podendo, no máximo, causar queimaduras (PASSOS; SOUZA, 2010). São elétrons em movimentos rápidos emitidos pelo núcleo instável durante o processo de decaimento, sendo representado por ${}^0\beta_1$. Esses elétrons são produzidos no núcleo por meio da desintegração do nêutron que se converte em um próton e um elétron (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005). O decaimento beta pode ser observado na Equação 2:



As radiações gama (${}^0\gamma_0$) consistem em fôtons de alta energia, que são conjuntos de ondas eletromagnéticas de comprimento muito pequeno, sendo um excesso de energia emitida por um núcleo muito instável. Essa radiação não muda o número atômico e nem a massa atômica de um núcleo, e tem natureza eletromagnética, assim como a luz, ondas de rádio e os raios-X (PASSOS; SOUZA, 2010). A radiação gama é o excesso de energia emitido por um núcleo quando este tenta se estabilizar após emitir uma partícula alfa ou beta. Essas radiações têm grande poder penetrante, por não possuir massa significativa e são pouco ionizantes, por não ter carga (SILVA, 2013)

Podemos observar o poder de penetração das partículas alfa e beta e do raio gama na Figura 4:

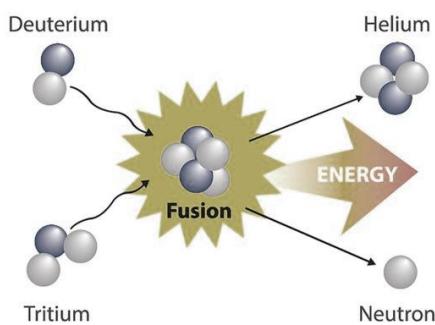
Figura 1 - Poder de penetração das partículas alfa e beta e do raio gama.



Fonte: Helerbrock (2019)

Os processos de fissão e fusão nuclear podem ocasionar na emissão das partículas alfa e beta e radiação gama. No processo de fusão nuclear dois átomos colidem propositalmente para formar um terceiro, mais pesado. A reação libera energia e, em alguns casos, um nêutron livre, conforme esquema na figura 5.

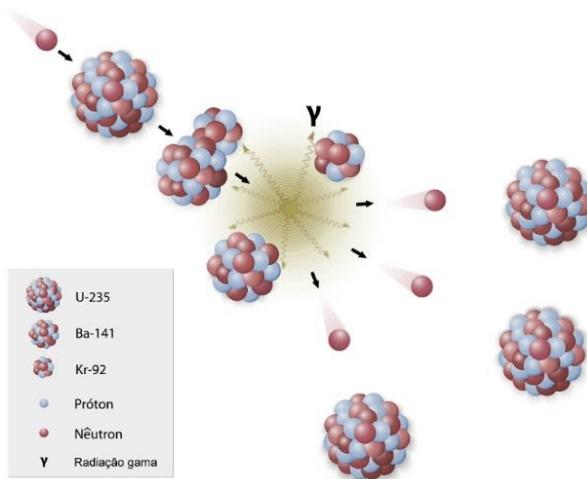
Figura 2 – Processo de fusão nuclear.



Fonte: Helerbrock (2019).

Já a fissão nuclear é o processo que divide um átomo em dois outros, mais leves. A reação também libera energia e um nêutron livre. Foi a partir deste processo que bombas como as de Hiroshima e Nagasaki foram criadas. (ALVES, I. P. et al, 2003). A Figura 6 demonstra o processo de fissão nuclear:

Figura 3 – Processo de fissão nuclear.



Fonte: Helerbrock (2019).

Assim como as bombas nucleares as usinas nucleares também são movidas a partir da energia emitida por um processo de fissão nuclear, que acontece quando um átomo de urânio-235 é atingido por um nêutron. O resultado do choque é que o átomo se parte em dois átomos menores e o nêutron liberado dá continuidade ao processo de quebra de núcleos atômicos. A soma dos dois pedaços do átomo mais os nêutrons soltos dá uma massa menor do que a do urânio original. Essa diferença é transformada em energia (Goldemberg, J. 2011).

Uma das vantagens da obtenção de energia por uma usina nuclear é que ela pode ser construída em qualquer lugar, além do combustível que as move – em geral, o urânio – ser abundante e apenas alguns quilos serem suficientes para geração de energia. Uma das principais desvantagens são os acidentes que podem acontecer, como por exemplo os das usinas de Chernobyl na Ucrânia, em 1986 e em Fukushima Daiichi, Japão, em 2011, e os diversos tipos

de resíduos e materiais radioativos que elas produzem chamados de "lixo nuclear", que precisam ser armazenados cuidadosamente, pois oferecem riscos de contaminação durante longos períodos de anos (Goldemberg, J. 2011).

Tendo em vista os vários acidentes que ocorreram ao longo da história em usinas nucleares, algumas nações decidiram iniciar um processo lento e gradual de desativação em massa dessas unidades-fonte de energia. As três maneiras mais seguras utilizadas para a desativação de usinas nucleares são: desmantelamento, armazenamento seguro e encapsulamento.

O primeiro, desmantelamento, é o mais usual. Partes do reator são removidas e descontaminadas logo após o fechamento da usina. O resfriamento dos radionucléidos, os átomos que emitem radiação, podem durar em média cinquenta anos, tempo necessário para que aconteça a transferência do material radioativo dos depósitos provisórios para o depósito definitivo. Os resíduos radiativos são então tratados, embalados e armazenados em um local seguro, às vezes no fundo do mar (ROSSI, 2019).

A segunda opção é chamada de armazenamento seguro, e pode levar até cem anos para acontecer em definitivo. O armazenamento tem por finalidade recolher e armazenar de forma segura os rejeitos radioativos. No Brasil esta atividade é de responsabilidade legal exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). Os rejeitos radioativos são recolhidos e armazenados em depósitos intermediários pré-determinados existentes. O combustível já utilizado como fonte de energia das usinas nucleares é armazenado em piscinas profundas, cheias de água, constantemente monitoradas, localizadas dentro das barreiras de contenção, que também protegem o reator (ROSSI, 2019).

O terceiro e último processo é o encapsulamento ou "sepultamento", utilizado especialmente após acidentes envolvendo reatores nucleares, e é classificado mais como uma forma de contenção do que de desativação de uma usina nuclear. É a solução técnica mais grosseira e barata, e tem sido a estratégia nas usinas problemáticas, que já possuem alto grau de contaminação radioativa. O isolamento é feito, de modo que o acesso permaneça restrito para todos durante longos períodos de anos (BALDRATI, 2011).

2.2 Sequência Didática

Segundo Méheut (2005), uma sequência didática é um conjunto de atividades relacionadas entre si, organizadas e planejadas para o ensino de determinado conteúdo. É necessário para a sua construção que quatro componentes centrais estejam bem definidos e alinhados: professor, aluno, mundo material e conhecimento científico. Juntos eles darão origem as dimensões epistemológica e pedagógica. A primeira responsável pela construção do conhecimento científico e sua relação com o mundo material, tratando-se da análise dos conteúdos a serem ensinados e os possíveis problemas que eles podem ter para responder, oriundos do mundo real. A segunda é responsável pela análise entre as relações interpessoais entre professor-aluno e aluno-aluno ao longo da aprendizagem do conhecimento científico. Observe a relação entre os quatro componentes centrais na Figura 1.

Figura 4 - Losango didático que descreve o planejamento sequência didática.



Fonte: Mourato e Simões Neto (2015).

As implicações diretas desses pressupostos estão na atuação docente, pois os fenômenos estudados na ciência não têm o mesmo significado de atribuição no conhecimento científico, uma vez que o contexto em que os valores e linguagens não são os mesmos partilhados pela comunidade científica.

De acordo com Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009) o sujeito coletivo, representado pelo conjunto de alunos, é um sujeito não neutro, pois

qualquer pessoa possui capacidade de apropriar-se de conhecimento, uma vez que, é um ser racional. O objeto de conhecimento pode mudar a sua significação de acordo com situações representativas permitindo, assim, uma dinâmica transformadora no processo de produção de conhecimento. Estas concepções alteram as interpretações no mundo físico e social, logo, estes novos conhecimentos podem ser reformulados, rejeitados, refutados, abandonados. Deste modo as teorias epistemológicas, cujo argumento básico é que o conhecimento se origina das interações não-neutras entre sujeito do conhecimento e objeto de estudo fundamentam-se de maneira mais sólida em uma análise epistemológica.

É necessário então, que as concepções de ensino e de aprendizagem estejam em sintonia com as compreensões gnosiológicas, permitindo que o rompimento da conceituação científica e a implementação da abordagem conceitual, que leva em consideração a organização dos conteúdos de ensino resulte na estrutura do conhecimento científico e a quebra dos conhecimentos adquiridos ao longo dos anos pelos alunos para que haja transformação no sentido das situações envolvidas no(s) tema(s) favorecendo e tornando uma sequência didática mais proveitosa.

Em Méheut (2005), encontramos definições acerca da validação de sequências didáticas, que pode ser realizada a partir de dois processos, a saber: validação externa e validação interna, que se complementam. A validação externa, na grande maioria dos casos, é realizada por meio de análise comparativa entre pré-testes e pós-testes, buscando uma forma de relacionar o ensino tradicional, geralmente empregado na abordagem dos conteúdos em sala de aula, com a aprendizagem realizada pela aplicação da sequência didática. Já a validação interna busca avaliar os resultados obtidos a partir do desenvolvimento da sequência em relação aos objetivos delimitados no início do trabalho. Essa análise é feita utilizando os pré-teste e pós-testes, bem como a observação crítica de cada etapa da sequência.

Como um exemplo de sequência didática para o ensino de química, apresentamos a proposta de Cruz (2013), que aborda o conteúdo de funções orgânicas oxigenadas, utilizando a temática perfumes e essências, em seis momentos, com as atividades apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Momentos da sequência didática de Cruz (2013).

Momento	Atividade
1º Momento	Elevação da motivação dos estudantes a partir da exibição de um filme.
2º Momento	Realização de um debate organizado sobre o filme e os conteúdos químicos abordados.
3º Momento	Aula expositiva dialogada sobre funções orgânicas oxigenadas.
4º Momento	Realização da atividade experimental.
5º Momento	Apresentação e aplicação da Webquest.
6º Momento	Aplicação do estudo de caso.

Fonte: Elaborado pela autora

Cruz (2013) escolheu o conteúdo a partir de dificuldades observadas nas salas de aula, que apontavam problemas na identificação dos grupos funcionais de compostos orgânicos por parte dos estudantes, e tinha por objetivo trazer uma abordagem não convencional dos livros didáticos, proporcionando a capacidade de reconhecer as propriedades dos compostos e suas relações com esses grupos e o conhecimento da reatividade e importância das reações em contextos sociais e industriais. A metodologia do trabalho foi dividida nas seguintes etapas: elaboração da sequência didática, aplicação e análise dos dados, considerando os processos de validação indicados por Méheut (2005).

A partir do próximo tópico a descrição dos pressupostos teóricos Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009) e Meirieu (1998) utilizados neste trabalho serão apresentadas e detalhadas.

2.3 Três Momentos Pedagógicos

Segundo Freire (1975), os significados e interpretações de diversos temas que fazem parte do mundo em que vivemos pelos estudantes e pelo professor precisam estar presentes no processo educativo. O dialogo referente aos conhecimentos que os alunos possuem previamente sobre o objeto de estudo deve estar garantido no processo didático-pedagógico para que possam vir a ser

considerados futuramente. Assim, problemáticas que permitam o diálogo entre professor e aluno e dos alunos entre si são capazes de desenvolver, na perspectiva do processo de ensino, uma melhor compreensão no que diz respeito ao objeto de estudo e permitem que a estruturação do conteúdo programático seja articulada com a estrutura do conhecimento científico, dando início ao processo dialógico e problematizador mediado pelo professor.

O rompimento da conceituação científica e a implementação da abordagem conceitual que leva em consideração a organização dos conteúdos de ensino resulta na estrutura do conhecimento científico e a quebra dos conhecimentos adquiridos ao longo dos anos pelos alunos para que haja transformação no sentido das situações envolvidas nos temas, favorecendo e tornando uma situação de ensino mais efetiva. A partir dessa reflexão é que foram pensados os três momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2009), que buscam propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se equiparar com as interpretações das situações propostas para discussão. Nesse modelo, duas implicações diretas de extrema importância devem ser consideradas:

- 1) O aluno desenvolve relações com o seu meio físico e social e mesmo sendo apenas uma parte do meio que o constitui ainda contribui para a sua formação e desenvolvimento como sujeito de conhecimento;
- 2) A não neutralidade obtida a partir do conhecimento de senso comum trazem conhecimentos científicos universais inacabados, é preciso, então, que a elaboração de conteúdos programáticos escolares explore a veracidade e permitam interpretar e reproduzir a compreensão do real, do mundo físico e social.

Assim, tomando tais implicações apresentadas, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009) propuseram uma dinâmica de estruturação da abordagem de conhecimentos em sala de aula que foi denominada de “os três momentos pedagógicos”, que pode ser utilizada para estruturar uma atividade de ensino, como por exemplo uma sequência didática, a ser realizada em sala de aula, com diferentes funções dentro do processo de ensino e de aprendizagem, e que

caminham juntas para o desenvolver do conhecimento científico escolar. Os três momentos são:

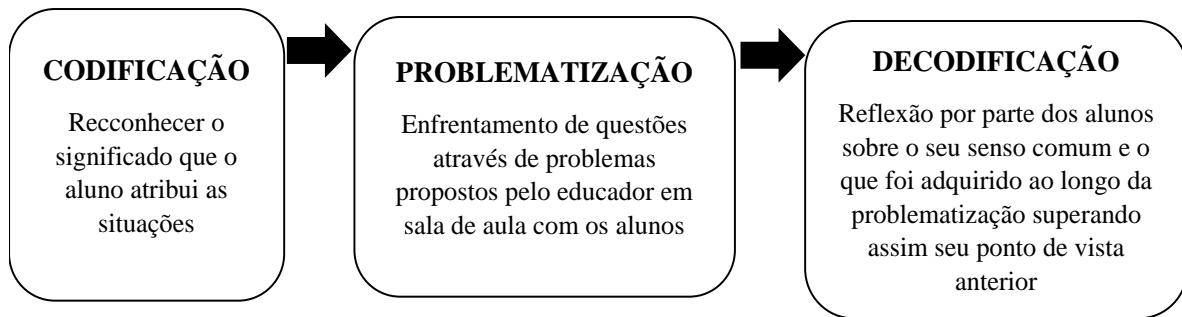
Problematização inicial: momento em que ocorre a apresentação real das situações conhecidas pelos alunos, envolvidas diretamente com a temática e que para interpretá-las sejam necessárias teorias científicas. Os estudantes, nesse momento, são confrontados a dizer o que pensam e todas as informações levantadas neste momento são consideradas relevantes, pois é desta forma que são compreendidas as suas ideias e concepções informais. Lançar dúvidas e questionar as opiniões distintas é a principal função do professor durante esse momento, porém, em hipótese alguma é oferecida a resposta sobre os questionamentos levantados, uma vez que o objetivo principal é propositalmente tornar perceptível aos estudantes a insuficiência de informações relevantes para a solução de problemas levantados nesta etapa, o que necessariamente o levaria a buscar obter novos conhecimentos.

Organização do conhecimento: momento em que o conhecimento científico para a resolução do problema inicial é apresentado pelo professor, de modo que a conceituação fundamental para a compreensão do objeto de estudo é ensinada de maneira sistemática, mas não engessada em situações expositivas unicamente, permitindo que os conhecimentos adquiridos sejam suficientes para a resolução das situações problematizadoras.

Aplicação do conhecimento: momento da análise do conhecimento incorporado pelos alunos a partir do suporte teórico fornecido e articulações das situações significativas envolvidas no tema do processo de ensino e de aprendizagem. O objetivo não é apenas capacitar os alunos quanto ao entendimento do conhecimento científico, mas sim promover formação suficiente para que eles articulem, constante e rotineiramente, o conceito científico com situações reais e cotidianas.

A dinâmica na sala deve ser feita segundo apresentado na Figura 2:

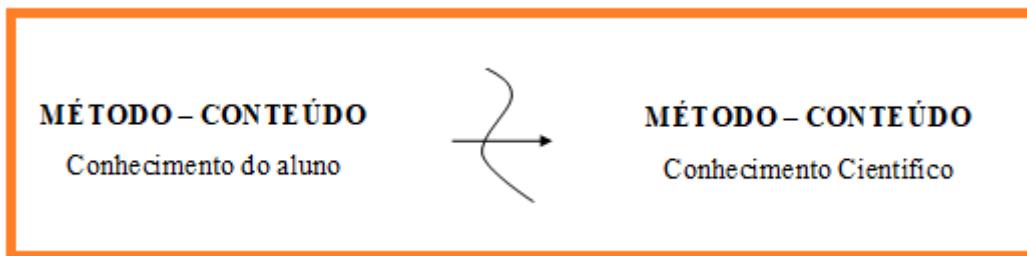
Figura 5 - Esquematização da dinâmica em sala.



Fonte: Elaborada pela autora.

O processo visto na Figura 2 resulta uma nova estruturação construída pelos alunos a partir do rompimento do antigo saber e surgimento o conhecimento científico expresso na Figura 3.

Figura 6 - Rompimento do antigo saber e construção do conhecimento científico.



Fonte: Elaborada pela autora.

Para que haja o rompimento do saber antigo e a construção do conhecimento científico é necessário que os conceitos científicos sobre radioatividade e dos processos de fissão e fusão nuclear sejam discutidos e aprendidos. No tópico a seguir trataremos dos conceitos específicos que serão abordados ao longo da sequência didática.

3 METODOLOGIA

Nesta seção apresentaremos a estrutura metodológica deste trabalho de pesquisa, descrevendo as etapas de elaboração e os sujeitos da pesquisa, aplicação e como será o critério de análise dos dados obtidos.

3.1 Contexto da Pesquisa

A aplicação da sequência didática aconteceu em uma turma diurna regular do 2º ano do Ensino Médio, com vinte e quatro estudantes, entre os meses de outubro e novembro de 2019, em uma escola particular de Ensino, localizada em Paulista, litoral norte de Pernambuco. A idade dos estudantes variou entre quinze e dezoito anos. A frequência escolar de cada um deles é considerada bastante satisfatória devido ao incentivo por parte dos pais e comprometimento dos estudantes. As aulas de intervenção, com duração total de uma hora e quarenta minutos, ocorriam nas sextas-feiras, entre 08:20 às 09:10 e 12:00 às 12:50.

3.2 Elaboração da Sequência Didática

A sequência didática foi estruturada segundo os três momentos pedagógicos proposto por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009), tendo como uma das estratégias centrais a resolução de uma situação-problema de acordo com as ideias de Meirieu (1998). A seguir vamos apresentar as etapas da sequência didática elaborada.

3.2.1 Problematização Inicial

A etapa da problematização inicial consistiu da apresentação de questões de vestibulares sobre radioatividade e vídeos sobre os prós e contras associados aos processos de fissão e fusão nuclear, com a finalidade de levantar as concepções prévias a respeito do conteúdo, ou seja, neste momento houve o reconhecimento de conhecimentos prévios dos estudantes sobre os conceitos

de fissão e fusão nuclear, tempo de meia-vida e lixo radioativo, além de discussões sobre questões sociais do mundo real.

Esse primeiro momento foi subdividido em duas partes. A primeira consistia na resolução, pelos estudantes, de questões de vestibulares sobre o tema e uma breve discussão sobre cada uma delas. As questões estão apresentadas no quadro 2:

Quadro 2 – Questões para levantamento de concepções

(QUESTÃO 01) 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.*

(QUESTÃO 02)

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.

(QUESTÃO 03) Alguns exemplos de materiais que podem ser utilizados nos reatores de fissão nuclear, por serem físsveis, são:

^{235}U e ^{294}Pu

De acordo com o exposto, podemos afirmar que um material físsil é aquele que é capaz de originar:

- a) dois ou mais núcleos atômicos menores.
- b) um único núcleo atômico menor.
- c) dois ou mais núcleos atômicos maiores.
- d) um único núcleo atômico maior.
- e) nda.

(QUESTÃO 04) A meia-vida é o parâmetro que indica o tempo necessário para que a massa de uma certa quantidade de radioisótopos se reduza à metade de seu valor. Considere uma amostra de ^{133}I , produzido no acidente nuclear, com massa igual a 2 g e meia-vida de 20 h.

Após 100 horas, a massa dessa amostra, em miligramas, será cerca de:

- (A) 62,5
- (B) 125
- (C) 250
- (D) 500

Fonte: Elaborado pela Autora

A segunda subdivisão abrangeu um debate sobre os prós e contras da fissão e fusão nuclear. O questionamento partiu da exibição de dois vídeos

explicativos sobre os processos de fissão e fusão nuclear em usinas nucleares e bombas atômicas, respectivamente.

Os vídeos tinham em média duração de seis minutos. O primeiro foi o trecho inicial do episódio “A Odisseia de Homer”, da série “Os Simpsons”, o qual, por meio da fala da personagem Joe Fissão Feliz, é explicado todo o processo de fissão nuclear resultante na produção de energia elétrica dentro de uma usina nuclear. O outro vídeo foi escolhido no rol de curtas explicativos do canal “Fatos Responde”, na plataforma YouTube, com título “Como funciona uma bomba atômica? ” Nele, os processos de fabricação, armazenamento, detonação e consequências desses artefatos eram exibidos em ordem dos marcos históricos envolvendo o uso da radioatividade.

Após a exibição dos vídeos, iniciamos um debate e as concepções previas dos alunos, sobre os prós e contras da radioatividade foram levantadas e esclarecidas, visando a introdução da etapa da organização do conhecimento.

3.2.2 Organização do Conhecimento

O Segundo momento pedagógico da sequência didática consistiu na organização sistemática do conhecimento científico. A conceituação dos conhecimentos científicos para a resolução da situação-problema e de demais questionamentos que surgiram ao longo do primeiro momento pedagógico foram expostos por meio de uma aula expositiva dialogada contemplando os conceitos de radioatividade vistos no tópico 2.3 da introdução e segundo a ordem apresentada no quadro 3.

Quadro 3 - Ordem sistemática de apresentação do conteúdo científico.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Definição de radioatividade2. Classificação das emissões<ol style="list-style-type: none">2.1. Partícula Alfa2.2. Partícula Bela2.3. Onda eletromagnética Gama3. Leis da radioatividade |
|--|

- | |
|--|
| 3.1. Primeira Lei da radioatividade |
| 3.2. Segunda Lei da radioatividade |
| 3.3. Exercícios |
| 4. Elementos radioativos e decaimento radioativo |
| 5. Fusão Nuclear |
| 6. Fissão Nuclear |
| 7. Usinas nucleares |
| 7.1. Enriquecimento do radioisótopo |
| 7.2. Produção de Energia |
| 7.3. Desativação de Usinas Nucleares |
| 7.4. Descarte do Lixo radioativo |
| 8. Outras aplicabilidades da radioatividade. |

Fonte: Elaborado pela Autora.

Alguns recursos multimídia, como notebook e Datashow foram utilizados para que assim a aula se tornasse mais dinâmica, convidativa e interessante para os alunos.

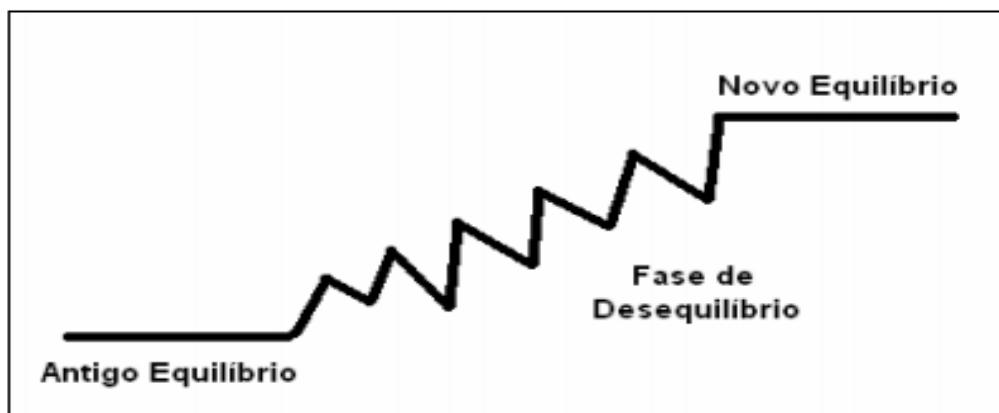
3.2.3 Aplicação do Conhecimento

No terceiro momento pedagógico, por meio da retomada de discussão realizada no primeiro, alguns assuntos sobre desastres envolvendo usinas nucleares foram discutidos na primeira parte deste terceiro momento, como por exemplo, desastres radioativos das usinas nucleares de Chernobyl e Fukushima. O debate teve como temática principal a desativação de uma usina nuclear, visando a resolução de uma situação-problema, elaborada segundo as recomendações de Meirieu (1998), que discutiremos a seguir.

Um dos conceitos fundamentais encontrados no construtivismo piagetiano é a equilíbrio, que afirma que com o confronto com uma nova situação fará com que o sujeito use de sua experiência adquirida a partir de suas interações com o meio denominada esquemas para solucionar o problema emergente. Porém, quando seus esquemas não forem suficientes para ajudá-lo na tomada de decisão, ele poderá entrar em um conflito cognitivo, ou seja, estará em

desequilíbrio. Ao aprender um novo equilíbrio é estabelecido e o processo é fechado, conforme figura 7.

Figura 7 - As etapas de desequilibrado e equilíbrio, segundo a teoria de Piaget.



Fonte: Simões Neto, 2009.

Para Meirieu (1998) é necessário que os alunos efetuem de maneira adequada a sistemática das operações, respeitando assim o raciocínio individual, levando em consideração a construção do conhecimento comum ao grupo. O principal objetivo pedagógico é vencer o obstáculo e não a tarefa realizada. Por este motivo espera-se que a situação-problema possa ser resolvida, mas que contenha alguma barreira que para ser vencida seja necessário algo a mais que o aluno não possui e que é adquirido ao longo das etapas da sequência didática.

Meirieu (1998) afirma que, para a formulação da situação-problema, é necessário saber a diferenciação entre a pedagogia das respostas e a pedagogia do problema, pois a primeira remete a possível resolução de exercícios propostos no término de uma aula, enquanto a segunda permite ao indivíduo a partir de conhecimentos adquiridos perpassa as fronteiras que limitam a sala de aula e realizar projetos que dependam único e exclusivamente da sua retomada de equilíbrio.

Meirieu (1998) defende que a pedagogia do problema é emancipadora, pois provoca no estudante a busca de respostas e não a absorção de informações oferecidas pelo professor, uma vez que esta ação impede que o estudante supere os obstáculos usando a sua própria inteligência. É essa a justificativa que fazemos para trabalhar com essa estratégia didática.

A situação-problema deve ter algumas características, que facilitam emergir o desejo de aprender dos alunos, alguns desses aspectos são: (i) uma situação-problema deve permitir refletir sobre processos da ciência e tecnologia e suas relações entre sociedade e o ambiente; (ii) a situação-problema deve ser interessante para os alunos; (iii) o professor deve refletir na escolha dos obstáculos impostos aos alunos para que estas dificuldades sejam enfrentadas de maneira natural; (iv) a situação-problema deve possibilitar o surgimento de hipóteses de um problema com várias vertentes; (v) a situação-problema deve partir de contextos verídicos; e (vi) a situação-problema deve permitir reflexão sobre o fato, análise das situações do cotidiano e científicas, e a sua interpretação se dará por conhecimento pessoais ou marco proporcionado pela ciência.

Além disso é importante que o aluno reconheça que uma situação-problema é um desafio intelectual e que para superá-lo é necessário a construção do conhecimento do objeto de estudo.

O autor propõe que antes da iniciação de trabalhos com situação-problema seja feita uma reflexão inicial, baseada em perguntas pré-determinadas e as suas respostas nos fornece um direcionamento para a produção da situação-problema. A seguir apresentamos as recomendações do autor:

1. Qual o meu objetivo? O que quero fazer com que o aluno adquira e que para ele representa um patamar de progresso importante?
2. Que tarefa posso propor que requeira, para ser realizada o acesso a este objetivo (comunicação, reconstituição, enigma, ajuste, resolução etc.)?
3. Que dispositivo devo instalar para que a atividade mental permita, na realização de tarefa, o acesso ao objetivo? Que materiais, documentos, instrumentos devo reunir? Que instruções-alvo devo dar para que os alunos tratem os materiais para cumprir a tarefa? Que exigências devem ser introduzidas para impedir que os sujeitos evitem

a aprendizagem? 4. Que atividades posso propor que permitam negociar o dispositivo segundo diversas estratégias? Como variar os instrumentos, procedimentos, níveis de orientação, modalidades de reagrupamento? (MEIRIEU, 1998, p. 181 apud SIMÕES NETO, 2009, 47 p).

Com base nas respostas obtidas pela reflexão propomos a seguinte situação-problema, intitulada “o perigo por trás da energia nuclear”, apresentada no quadro 4:

Quadro 4 – Situação-Problema

O perigo por trás da energia nuclear

Após o desastre em Fukushima, Japão, a Alemanha decidiu desativar todas as 17 usinas nucleares existentes no país. Apesar gasto total de 17 bilhões de euros e tempo médio de desativação de uma única usina, em torno de 10 a 40 anos, o governo alemão pretende substituir a principal fonte de energia por energia eólica e solar. O tratado de Paris e as lembranças de acidentes catastróficos envolvendo usinas nucleares foram os propulsores para esta tomada de decisão e, em 2015, a usina de Granfenrheinfeld foi o marco inicial do processo de desativação, que deverá ser concluído em 2022. No entanto, algo preocupa a Alemanha e outros países que passaram ou passam por este processo, como Estados Unidos, Canadá, Japão e Suíça. Apenas desativar uma usina nuclear é garantia da extinção das catástrofes nucleares e problemas socioambientais provenientes dessas unidades de produção de energia? Com base nas discussões realizadas em sala de aula justifique a pertinência da preocupação dos países, considerando os possíveis processos de desativação de uma usina nuclear.

Fonte: Elaborado pela Autora.

3.3 Aplicação da Sequência Didática

Nesta seção serão apresentadas detalhadamente as etapas de aplicação da intervenção didática organizadas em três momentos, aplicadas durante o período de três semanas, entre os meses de outubro e novembro de 2019. Os áudios referentes as etapas da intervenção didática foram registradas utilizando aparelho de telefonia celular e utilizados para a construção dos resultados e discussões desse trabalho.

3.3.1 Primeiro Momento

A aplicação de questões de vestibulares sobre os processos de fissão e fusão nuclear, lixo atômico e tempo de meia-vida ocorreu com objetivo de realizar o levantamento dos conhecimentos prévios por grupo de estudantes. Em seguida, houve a exibição de um episódio do seriado “Os Simpsons”, intitulado “A Odisseia de Homer” e de um vídeo do canal de Youtube “Fatos Responde”, denominado “Como funciona uma bomba atômica”, nos quais os alunos, não mais divididos em grupos, tinham que relacionar as informações vistas com os prós e contras a radioatividade.

3.3.2 Segundo Momento

Momento em que consistiu a realização da aula expositiva dialogada dos conteúdos, com o auxílio de mídias que tornaram a abordagem mais dinâmica e convidativa, seguindo a ordem apresentada anteriormente. A sala estava organizada por filas, e os integrantes dos grupos estavam bem próximos entre si.

3.3.3 Terceiro Momento

O último momento caracterizou a avaliação dos conhecimentos acerca dos processos de fissão e fusão nuclear, a partir dos resultados da aplicação da situação-problema. Inicialmente foi entregue aos grupos a situação-problema, em seguida foi realizado em conjunto a sua leitura. Em grupos, os alunos

responderam a situação-problema a partir dos conhecimentos possivelmente adquiridos nas atividades componentes dos momentos pedagógicos anteriores, na sequência didática.

3.4 Análise dos Dados Obtidos

A análise dos dados obtidos nas atividades realizadas durante os três momentos da intervenção, especificamente, questões para o levantamento de concepções prévias, aula expositiva dialogada sobre os conteúdos e avaliação dos conhecimentos acerca dos processos de fissão e fusão nuclear a partir dos resultados da aplicação da situação-problema.

3.4.1 Análise do Questionário de Concepções Prévias

Para analisar os dados sobre as questões, visando levantamento das concepções prévias, no primeiro encontro, elaboramos um quadro cruzando acertos e erros de cada questão, para em seguida evidenciar algumas falas extraídas do debate realizado posteriormente para identificar as concepções prévias dos grupos em relação aos conhecimentos sobre fissão e fusão nuclear. No Quadro 5 está representado o modelo do quadro para análise.

Quadro 5 – Acertos e erros de cada questão

Grupo/Questão	Questão 01	Questão 02	Questão 03	Questão 04
Grupo 1				
Grupo 2				
Grupo 3				
Grupo 4				

Fonte: Elaborado pela Autora.

3.4.2 Análise do Momento de Discussão da estratégia didática.

A sequência didática foi elaborada considerando a proposta dos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009). A análise foi feita com atenção a todas as etapas da intervenção observando as respostas e comentários dos estudantes durante todas as atividades que formaram a sequência didática. A observação aconteceu mediante registro de áudio, que foram visitados e posteriormente transcritos.

3.4.3 Análise das Respostas a Situação-Problema

A análise das respostas da situação-problema foi feita após a observação de dois aspectos, que são:

Aspecto Motivacional – A maneira que os estudantes encararam o trabalho em grupo de resolução das situações-problema.

Aspecto de aprendizagem – A forma que os estudantes conseguiram ou não superar o obstáculo apresentado na situação-problema, enfatizando o processo de construção do conhecimento após a retomada de equilíbrio defendida no processo de equilibração de Piaget (1896-1980) e discutida no tópico 3.3 deste trabalho.

A análise da resposta da situação-problema foi feita com base na coerência entre a pergunta e a resposta desta e no aparecimento de algum fator que comprovasse a existência ou não existência da aprendizagem de novos conhecimentos, mediante a ruptura do antigo equilíbrio adquirido anteriormente a aplicação da situação-problema e o surgimento de um novo equilíbrio adquirido após a reprodução da intervenção didática.

A categorização e classificação dos dados neste momento após resolução da situação-problema foram segundo as ideias de Simões Neto (2009) e Silva (2013), como **Respostas Satisfatórias (RS)**, **Respostas Pouco Satisfatórias (RPS)**, **Respostas Insuficientes (RI)** e **Não Responderam (NR)**.

O Quadro 6 mostra os critérios usados para a classificação das respostas da situação-problema.

Quadro 6 - Análise da situação-problema

Respostas Satisfatórias (RS)	Quando o grupo demonstra que comprehende que apenas desativar uma usina nuclear não elimina todos os possíveis riscos de problemas socioambientais e afirmam que um dos principais motivos dos perigos dessas emissões radioativas é o fato de que elas apenas podem ser contidas, e não interrompidas.
Respostas Pouco Satisfatórias (RPS)	Quando o grupo de estudantes comprehende que apenas desativar uma usina nuclear não elimina os riscos de possíveis problemas socioambientais, porém não trazem uma justificativa com base científica para a afirmação.
Respostas Insatisfatórias (RI)	Quando o grupo descreve os acidentes já ocorridos em usinas nucleares e discordam das medidas tomadas para a contenção do problema, deixando de lado o conceito.
Não Responderam (NR)	Quando o grupo não apresenta resposta para a situação-problema.

Fonte: Elaborado pela Autora.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentadas a análise dos dados obtidos da aplicação da sequência didática. Inicialmente, apresentamos a análise das concepções prévias dos estudantes sobre o conteúdo científico, a partir das atividades da problematização inicial. A análise para o segundo momento, organização do conhecimento, será descritiva. Por último trataremos da análise da resolução da situação-problema pelos estudantes, no terceiro momento pedagógico.

Toda a análise se dará de acordo com os critérios estabelecidos e exibidos na metodologia deste trabalho e os seus resultados proporcionarão a avaliação da sequência didática proposta.

4.1 Análise das Respostas as Questões

As questões visando levantamento de concepções prévias foram entregues aos alunos, analisadas em grupo e as respostas deveriam ser escolhidas e marcadas de maneira consensual e permanente por cada grupo de estudantes. Esta etapa teve por objetivo compreender o entendimento do grupo de alunos em relação ao tema e quais eram as suas concepções prévias sobre o assunto, de modo a permitir posteriormente com as outras etapas da sequência didática a construção do conhecimento científico a partir do que eles já sabem, em relação direta com suas experiências no mundo material.

Os resultados das respostas das questões serão apresentados qualitativamente e serão cruzados conforme as diretrizes presentes na parte metodológica deste trabalho. Cada resposta incorreta será justificada conforme as falas na análise dos áudios, que mostram induzir o grupo de alunos ao acerto ou erro da questão. O quadro 6 mostra os acertos e erros para a questão cada uma das questões, sendo um C o sinal para resposta correta, enquanto que um x indica erro do grupo ao responder à questão.

Quadro 5 – Acertos e erros para as quatro questões

Grupo/Questão	Questão 01	Questão 02	Questão 03	Questão 04
Grupo 1	C	X	C	X
Grupo 2	C	C	X	X
Grupo 3	C	X	X	X
Grupo 4	C	X	C	X

Para a primeira questão, todos os grupos responderam a alternativa A, resposta correta, e associaram a radiação como algo demorado.

Importante salientar que o objetivo da questão era observar as concepções que os alunos possuíam sobre a definição e periculosidade do lixo atômico. As respostas obtidas, corretas, caracterizavam um bom entendimento do assunto a partir de informações que os estudantes adquiriram em experiências anteriores, na instrução formal ou na interação com o mundo material.

A proposta associada a segunda questão era compreender o que os alunos entendiam sobre reação em cadeia, visto que desenhos, filmes, séries, noticiários e outros meios de divulgação de notícias e informações vez ou outra mencionam este processo. Apenas um grupo respondeu corretamente.

A justificativa das respostas dos grupos permite inferir que os alunos compreendiam como o processo acontecia, porém, o que iniciava e dava continuidade a reação em cadeia e a definição correta do termo “fissão nuclear” os conduziu a responder incorretamente. Algumas das respostas que retratam os pensamentos que levaram os alunos ao erro:

Aluno 4: “Marcamos a letra A porque toda vez que acontece um acidente nuclear um reator é superaquecido e isto dá a explosão. Esta é a única alternativa que fala sobre calor envolvido na reação”.

Aluno 3: "Ficamos em dúvida entre a D e a E, pois não sabemos se a fusão forma um novo elemento ou fragmenta um átomo em partes menores".

A resposta do aluno 4 caracteriza o pensamento que pode ter conduzido os estudantes dos grupos 1 e 4 a não responder corretamente. Como dito anteriormente estes grupos compreendiam como acontecia o processo de reação em cadeia, porém o que os levou a escolha da opção errada foi a associação que fizeram ao relacionar continuidade de uma reação em cadeia com o ganho de energia, ou seja, para eles enquanto houvesse o recebimento de energia haveria a continuidade da reação.

O grupo 3 escolheu a opção que trazia a definição de fissão nuclear, porém, compreendeu o conceito de maneira equivocada, fazendo confusão com a ideia de fusão nuclear. A fala do aluno 3 nos mostra que o que os levou ao erro foi a confusão de definições dos processos de fissão e fusão nuclear.

A terceira questão tem por objetivo principal saber o que os alunos entendem sobre o processo de fissão nuclear e os possíveis produtos. Percebemos, nas falas dos estudantes, que existe compreensão de que no processo de fissão ocorre a quebra do núcleo atômico em dois outros núcleos, porém o grande questionamento dos alunos foi em relação ao produto final obtido na fissão nuclear. Esta dúvida levou 50% da sala a responder incorretamente à questão.

Os alunos que associaram a formação de dois núcleos atômicos maiores como produto final da reação não quiseram justificar a sua escolha, porém os estudantes do grupo 1 e 4, que responderam corretamente, deixaram a sua justificativa.

Aluno 4: Professora fissão é quando parte em partes menores, por isso eu marquei aqui a letra A.

Aluno 1: Eu não me lembro muito disso, mas aqui está falando de fissão que é quebrar algo e tal... quando você quebra algo vem em vários pedaços e.. é... eles ficam menores do que o pedaço original.

Alunos 3 e 5 (simultâneo): É verdade!

Aluno 1: por isso eu marco a letra A.

Todos: LETRA A!

A partir deste breve diálogo realizado entre os alunos, acreditamos que parte das dúvidas sobre fissão nuclear foi, ao menos parcialmente, resolvida. Observamos neste momento que a não neutralidade do aluno, mencionada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009), se apresenta na formulação de um novo conhecimento previsto pelas interações pedagógicas aluno-aluno, que são mencionadas por Jean Piaget (SIMÕES NETO, 2009).

Por fim, na quarta e última questão, buscamos observar os conhecimentos sobre a noção de tempo de meia-vida. Não houve nenhuma resposta correta para a questão, sendo algumas das justificativas apresentadas:

Aluno 1: Porque demora muito para se dissolver no espaço, eu penso que esse 1/16 de meia-vida poderia ser 128 dias.

Aluno 7: Leva muito tempo para a radioatividade diminuir e a maior opção que tem é a letra E. Porque eu sei que demora muito para a radioatividade abaixar daquela massa lá.

4.2 Análise do Debate

Segundo Méheut (2005) a relação do aluno com o mundo material é responsável pela construção de suas concepções prévias, e isto pode acarretar em possíveis problemas no ensino dos conteúdos científicos. Para que esses problemas sejam resolvidos é necessário que o professor, aluno, mundo material e conhecimento científico estejam bem definidos e alinhados durante toda a

sequência didática, por este motivo na nossa intervenção houve o momento do debate de prós e contras a radioatividade tendo base os processos de fissão e fusão nuclear para que as concepções dos alunos fossem coletadas e discutidas na fase de organização do conteúdo.

Ao longo do debate iniciado após a exibição dos vídeos perceberemos nas falas as concepções trazidas por eles ao debate, caracterizando assim a não neutralidade (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2009) dos alunos adquirida a partir de suas relações com o mundo material. A professora inicia o debate, obtendo as seguintes respostas dos estudantes:

Professora: A partir destes vídeos o que vocês entendem por radioatividade?

Aluna 4: A radioatividade, ela pode ter relação com câncer, porque todas as vezes que tem acidentes nucleares as pessoas envolvidas ficam com a doença.

Aluno 8: Não tem lado bom e lado ruim, ela só quando é bem aplicada faz bem, mas quando é pra fazer arma é horrível, mas pra ajudar é bom!

Aluno 9: E outra coisa professora, a radioatividade já está sendo utilizada para esterilizar as coisas.

Aluno 4: Eu fiquei sabendo uma vez que aqui no nosso ambiente ele é radioativo só que em quantidades que não é prejudicial, então só depende da quantidade.

Percebemos, nessas falas iniciais, que os estudantes compreendem que assim como os contras existem os prós da radioatividade. A partir destas interações iniciais alguns questionamentos e contribuições foram expressas dando continuidade à discussão com um outro parâmetro do assunto.

Aluno 10: Oh professora, eu não sabia que muitas coisas que a gente come tem radiação, como por exemplo a banana, até que um colega meu me disse. Eu fiquei com muito medo depois disso.

Aluno 1: A banana tem radiação porque ela não é realmente uma fruta, ela é um fluorescente, ela tem a presença do potássio que influencia nisso, ou seja, ela emite radiação por causa disso.

Aluno 10: Eu vi que tem um prisma em física que tem as cores lá e tem uma faixa e tem uma banda de invisível, que eu estava falando até para o aluno 6, que é justamente a parte da radioatividade.

Percebemos que, confrontado com novo conhecimento, a visão inicial de que a radioatividade é prejudicial, tão somente, começa a ser desestruturada, a partir da aquisição do conhecimento científico, que será relacionado pela dimensão epistemológica com o mundo material.

4.3 Análise do Momento de Organização do Conhecimento

Neste momento os alunos foram apresentados ao conhecimento científico de maneira sistemática, e todo o levantamento de dúvida e contribuição dada no levantamento de concepções prévias e no debate dos prós e contras a radioatividade no primeiro momento também foram esclarecidos na ocasião.

A aula ocorreu de forma tranquila e ao longo de seu curso as concepções prévias sempre foram associadas ao conhecimento científico. A definição e aplicação dos processos de fissão e fusão nuclear, bem como o funcionamento de usinas nucleares, descartes do lixo radioativo, desmonte e riscos trazidos por essa energia, que seriam posteriormente tratados na situação-problema, foram descritas e discutidas em conjunto com os alunos. A exposição foi realizada com o uso de multimídias para a exibição de imagens que captavam com exatidão os processos microscópicos, como por exemplo os processos de fissão e fusão nuclear, e macroscópicos, como por exemplo, em que condições o reator atômico está numa usina nuclear e como o urânio-237 enriquecido é agrupado em cápsulas e inserido neste primeiro.

4.4 Análise das Respostas a Situação-Problema

Segundo os aspectos motivacionais e de aprendizagem as respostas dadas pelos grupos, bem como a sua categoria, estão expostas no quadro 7.

Quadro 7 – Respostas a Situação-Problema

Grupo	Resposta	Categoria da Resposta
1	<i>Não resolveria, a justificativa para essa resposta se baseia há acidente nuclear de Fukushima, cujo país dessa cidade se localiza geograficamente numa região propício a tsunami. Portanto, quando ocorreu o tsunami, funcionários desativaram os reatores da usina, porém não foi o suficiente pois o mar alcançou Fukushima, acarretando explosão mesmo tendo desativado.</i>	RI
2	<i>Só desativar não impede que problemas aconteçam. Claro, desativar uma usina nuclear evita que algum acidente aconteça lá. Porém, se descartarem o material de forma errada ou se descartarem de forma certa e não protegerem o local depois, pode sim acontecer algum problema.</i>	RS
3	<i>Apenas desativar, não. Os governos responsáveis devem ter medidas tanto para a evacuação da área, como para a maior vistoria sobre a área, pois existe um extenso e velho mercado negro de produtos radioativos, e quem irá garantir que, os funcionários de uma usina, com receio de perderem seu lucro contrabandeiem produtos da usina já que alguns elementos radioativos tem uma meia-vida muito grande.</i>	RPS

4	<i>Apenas desativar as usinas não tira o perigo, pois a energia nuclear só pode ser contida com chumbo e mesmo assim não faz com que a energia pare de emitir radioatividade.</i>	RS
---	---	----

Fonte: Elaborado pela Autora.

A resposta apresentada pelos grupos 2 e 4, para a situação-problema, contempla os critérios para classificação da resposta como satisfatória, pois podemos perceber que os estudantes compreenderam que apenas desativar uma usina nuclear não elimina os riscos de possíveis problemas socioambientais e evidenciam que um dos principais motivos dos perigos dessas emissões radioativas é o fato de que elas apenas podem ser contidas, e não interrompidas. Observa-se então, que os parâmetros citados por (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2009) foram alcançados, tornando assim, a obtenção construção e aprimoramento do conhecimento científico pelos alunos.

A resposta apresentada pelo grupo 3 foi classificada como resposta pouco satisfatória, uma vez que o grupo de estudantes demonstra ter compreendido que apenas desativar uma usina nuclear não elimina possíveis riscos de problemas socioambientais, porém, não apresentou justificativa para a resposta, nem se posicionam em relação ao método de desativação.

A resposta apresentada pelo grupo 1 foi classificada como insatisfatória, já que o grupo apenas descreve os acidentes já ocorridos em usinas nucleares e discordam das medidas tomadas para a contenção do problema, deixando de lado o conceito científico aprendido ao decorrer da sequência didática.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta investigação procurou responder a seguinte questão de pesquisa: De que forma uma sequência didática baseada no modelo dos três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009), associada a uma situação-problema pode auxiliar na construção do conhecimento de fissão e fusão nuclear? Na busca de uma resposta para esta pergunta, foi percorrido um caminho apoiado em dois objetivos.

A análise dos resultados em relação ao primeiro objetivo, *identificar as concepções previas dos estudantes sobre fissão e fusão nuclear a partir de quatro questões do Enem apresentadas e discutidas em sala de aula*, mostra a importância da coleta das concepções prévias para estratégias didáticas inovadoras na construção de conceitos, além de possibilitar trazer elementos que possam compor as demais etapas de ensino.

O segundo objetivo, *analisar as contribuições de uma sequência didática com base nos três momentos pedagógicos na construção dos conceitos de fissão e fusão nuclear do Ensino Médio*, possibilitou que os dados obtidos durante a sequência didática pudessem mostrar o potencial da proposta para abordagem da fissão e fusão nuclear.

Os dados parecem permitir inferir que os alunos compreendem os conceitos em destaque, e fato de ser um tema bastante abordado, principalmente na construção de armas em todo o mundo e em evidenciar sempre os tratados realizados entre os países para a não utilização destas armas pelos meios de comunicação, contribuíram para o seu desempenho escolar. As respostas dos grupos no questionário de concepções prévias mostram que a grande parte dos estudantes apresentam uma compreensão significativa sobre radioatividade, mas apesar de saberem algo sobre o assunto, as informações que eles possuem foram concebidas a partir de suas relações com o mundo material, sem uma reflexão mais científica.

Percebemos a construção do conhecimento científico e como ele reverbera no mundo material, considerando as dimensões epistemológica e pedagógica de uma sequência didática a partir dos resultados: dois grupos deram respostas satisfatórias, um grupo respondeu de maneira pouco

satisfatória e outro grupo de maneira insatisfatória, por isto conclui-se que durante a construção e aplicação da sequência didática alguns fatores externos comprometedores da eficácia não foram superados acarretando assim no não rendimento mais proveitoso para todos os alunos, por isto, parte dos estudantes não alcançaram segundo as considerações estabelecidas e citadas no capítulo 3 a construção do saber científico a partir das ideias de (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2009) da ruptura do conhecimento do mundo material e a construção do conhecimento científico com base na apresentação sistemática do conteúdo de fissão e fusão nuclear.

REFERÊNCIAS

- AS DIFERENÇAS entre fissão e fusão nuclear. **Divulgando Ciência**, [S. I.], 2016. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/divulgacaodaciencia/2016/11/29/as-diferencias-entre-fissao-e-fusao-nuclear/>. Acesso em: 5 nov. 2019.
- BROWN, T. L.; LEMAY, T. L.; BURSTEN, B. E. **Química, a ciência central**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- CHASSOT, A. I. Raios-X e a radioatividade. **Química Nova na Escola**, v. 1, n. 2, p. 19-22, 1995.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. Colaboração Antônio Fernando Gouvêa da Silva. 4. ed. São Paulo: Ed. Cortez, 2011. part. 4, cap. 1, p. 173-202. (Coleção Docência em Formação).
- CRUZ, Maria Eduarda de Brito. **Abordando conceitos de funções orgânicas oxigenadas por Meio de uma sequência de ensino e aprendizagem sobre perfumes e essências**. 2013. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Química) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2013.
- FREIRE, P. **Educação como prática de liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1975.
- Goldemberg, J. (2011). **O FUTURO DA ENERGIA NUCLEAR**. *Revista USP*, (91), 6-15. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i91p6-15>
- ALVES, I. P. et al (2003). **APOSTILA EDUCATIVA RADIOATIVIDADE**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear. Cap. 3, p. 3-4; Cap. 6, p. 6; Cap. 7, p.7; Cap. 14, p. 14 e Cap. 15, p.15.
- MÉHEUT, M. **Teaching-learning sequences tools for learning and/or research**. In: BORESMA, K; et al (eds.) *Research and Quality of Science Education*. Holanda: Spring, 2005, p. 195-207.

MEIRIEU, Philippe. **Aprender... sim, mas como?** 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998

MOURATO E. R; SIMÕES NETO, J. E. Uma sequência didática sobre petróleo e derivados para a Construção de conceitos químicos na educação de jovens e adultos. **Cadernos de estudos e pesquisa na educação básica**, v.1, n.1, p. 78 - 97, 2015.

ROSSI, Amanda. Tudo que você precisa saber sobre as usinas nucleares de Angra 1 e 2 e por que são diferentes de Chernobyl. **News Brasil**, [S. I.], 2019. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-48683942>. Acesso em: 15 nov. 2019.

SILVA, Flávia Cristina Vieira da. **Resolução de uma situação-problema sobre radioterapia para construção de conceitos de radioatividade no ensino superior de química**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

SIMÕES NETO, José Euzébio. **Abordando o conceito de isomeria por meio de situações-problema no ensino superior de química**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

PASSOS, M. H. S.; SOUZA, A. A. **Química e Radioatividade**. Campinas-SP: Átomo, 2010.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS

Testando Seus Conhecimentos Sobre Radioatividade

Professora Maria Torres

Nome do grupo:

01. (ENEM) 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.

02. (ENEM) A bomba

Reduc 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 ^{235}U ocorre formação de neutrino, que bombardeará outros núcleos radioativos.
- e) fusão do ^{235}U com ^{235}U ocorre formação de outros elementos radioativos mais pesados, que desencadeiam novos processos de fusão

03. Alguns exemplos de materiais que podem ser utilizados nos reatores de fissão nuclear, por serem fissionáveis, são:

U^{235} e Pu^{294}

De acordo com o exposto, podemos afirmar que um material fissionável é aquele que é capaz de originar:

- a) dois ou mais núcleos atômicos menores.
- b) um único núcleo atômico menor.
- c) dois ou mais núcleos atômicos maiores.
- d) um único núcleo atômico maior.

e) nda.

04. (ENEM 2018) O terremoto e o tsunami ocorridos no Japão em 11 de março de 2011 romperam as paredes de isolamento de alguns reatores da usina nuclear de Fukushima, o que ocasionou a liberação de substâncias radioativas. Entre elas está o iodo-131, cuja presença na natureza está limitada por sua meia-vida de oito dias. O tempo estimado para que esse material se desintegre até atingir 1/16 da sua massa inicial é de

- A) 8 dias. B) 16 dias. C) 24 dias. D) 32 dias. E) 128 dias.

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Professora Maria Torres

Grupo:

ENERGIA NUCLEAR

Após o desastre em Fukushima, Japão, a Alemanha decidiu desativar todas as 17 usinas nucleares existentes no país. Apesar do gasto total de 17 bilhões de euros e do tempo médio de desativação de uma única usina, em torno de 10 a 40 anos, o governo alemão pretende substituir a principal fonte de energia por energia eólica e solar. O tratado de Paris e as lembranças de acidentes catastróficos envolvendo usinas nucleares foram os propulsores para esta tomada de decisão e, em 2015, a usina de Granfenrheinfeld foi o marco inicial do processo de desativação, que deve ser concluído em 2022. No entanto, algo preocupa a Alemanha e outros países que passaram ou passam por este processo, como Estados Unidos, Canadá, Japão e Suíça. Apenas desativar uma usina nuclear é garantia da extinção das catástrofes nucleares e problemas socioambientais provenientes dessas unidades de produção de energia? Com base nas discussões realizadas em sala de aula justifique a pertinência da preocupação dos países, considerando os possíveis processos de desativação de uma usina nuclear.

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO****DEPARTAMENTO DE QUÍMICA****CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA****MONOGRAFIA – LICENCIATURA EM QUÍMICA****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE**

Eu, **Maria Conceição Torres da Silva**, estudante da licenciatura em química na Universidade Federal Rural de Pernambuco, estou desenvolvendo a pesquisa intitulada **“Uma Sequência Didática sobre Radioatividade Estruturada a Partir dos Três Momentos Pedagógicos”**, sob a orientação do Prof. Dr. José Euzebio Simões Neto. Por este motivo venho solicitar a sua participação na pesquisa. A participação não é obrigatória, mas contamos com seu apoio para que os resultados possam responder o meu problema de investigação. Os objetivos desta pesquisa são relacionados a análise da potencialidade de uma estratégia didática baseada na ideia de Sequências Didáticas, sobre a temática Radioatividade e estruturada a partir dos três momentos pedagógicos. Informo que as gravações ficarão à disposição dos participantes e não utilizaremos, de forma alguma, qualquer registro sonoro captado para exibição. Solicito devolução deste documento assinado considerando que a pesquisa em tela deverá ser iniciada na próxima semana.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar. Entendo que meus dados pessoais serão mantidos em sigilo e que os resultados obtidos por meio da pesquisa serão utilizados para alcançar os objetivos do trabalho expostos acima, incluindo sua publicação na literatura científica especializada.

Recife, 14 de agosto de 2019

Assinatura

Assinatura do Responsável