



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Sociedade Brasileira de Física
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

Clotildes de Souza Miranda Simões

**UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE
RADIOATIVIDADE, ENERGIA NUCLEAR E SUAS APLICAÇÕES**

Campos dos Goytacazes/RJ

2020, 1º



Clotildes de Souza Miranda Simões

UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE RADIOATIVIDADE,
ENERGIA NUCLEAR E SUAS APLICAÇÕES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Cassiana Barreto Hygino Machado

Campos dos Goytacazes/RJ

2020, 1º

Biblioteca Anton Dakitsch
CIP - Catalogação na Publicação

S593s

Simões, Clotildes de Souza Miranda
UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE
RADIOATIVIDADE, ENERGIA NUCLEAR E SUAS APLICAÇÕES /
Clotildes de Souza Miranda Simões - 2020.
127 f.: il. color.

Orientadora: Cassiana Barreto Hygino Machado

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ,
2020.

Referências: f. 85 a 89.

1. Ensino por investigação. 2. Sequência de Ensino Investigativa. 3.
Alfabetização Científica. 4. Física Moderna e Contemporânea. I. Machado,
Cassiana Barreto Hygino, orient. II. Título.

UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE RADIOATIVIDADE,
ENERGIA NUCLEAR E SUAS APLICAÇÕES

Clotildes de Souza Miranda Simões

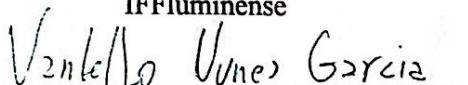
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 06 de março de 2020.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Tiago Desteffani Admiral
Doutor em Ciências Naturais - UENF
IFFluminense



Prof. Dr. Vantelfo Nunes Garcia
Doutor em Física - UFF
IFFluminense



Profa. Dra. Valéria de Souza Marcelino Terra
Doutora em Ciências Naturais - UENF
IFFluminense



Profa. Dra. Cassiana Barreto Hygino Machado
Doutora em Ciências Naturais - UENF
Orientadora e Presidente da Banca examinadora
IFFluminense

Câmpus dos Goytacazes/RJ
2020, 1º

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus pais, por sempre incentivarem meus estudos.

Ao meu marido por toda paciência, apoio, carinho e amor.

Ao meu filho Joaquim, desde a barriga ajudando a mamãe a estudar. Fizemos essa dissertação juntos, você é minha inspiração, minha força, te amo!

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Profa. Dra. Cassiana Barreto Hygino Machado, pelas inúmeras orientações, compreensão e paciência durante todo processo. Por me apoiar durante a gravidez e por ser uma excelente incentivadora.

Aos meus colegas da turma 2018.1 do MNPEF, obrigada por dividir os momentos de felicidade e tensão (nas provas de Boldo e Wander), vocês foram imprescindíveis para tornar essa caminhada mais leve e possível.

Aos professores Boldo, Wander, Pierre, Renata por todo conhecimento compartilhado durante todos esses anos, desde a graduação agüentando essa minha personalidade “doce”. E aos novos professores Marília, Vantelfo e Tiago por enriquecerem essa jornada.

À Dra. Cintia Gonçalves da clínica Cintilog Diagnósticos, por ter sido tão gentil em permitir a visita técnica e ser tão atenciosa com os alunos.

Aos meus alunos, por serem meus parceiros e estarem sempre super dedicados nas aulas.

À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro.

RESUMO

UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE RADIOATIVIDADE, ENERGIA NUCLEAR E SUAS APLICAÇÕES

Clotildes de Souza Miranda Simões

Orientadora:

Profa. Dra. Cassiana Barreto Hygino Machado

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O estudo de física, geralmente o ramo da Física Moderna e Contemporânea (FMC), traz consigo um alto nível de abstração, dificultando a associação dos fenômenos estudados com a realidade. Com o intuito de facilitar o ensino e auxiliar no processo de Alfabetização Científica (AC) esta pesquisa apresenta uma proposta para o estudo dos conceitos relacionados à Física Nuclear e suas aplicações por meio de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) para o Ensino Médio. A sequência foi planejada com o objetivo de permitir que os alunos trabalhem ativamente no processo de construção do seu conhecimento, além de possibilitar discussões acerca dos benefícios e prejuízos que a utilização da energia nuclear pode trazer para a sociedade e ambiente. A sequência didática elaborada teve como público alvo alunos do 2º ano do ensino médio conforme o currículo mínimo adotado no estado do Rio de Janeiro, e foi dividida em dois ciclos. No primeiro ciclo da SEI foram abordados conteúdos que envolvem os conhecimentos da natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso na medicina. E o segundo ciclo traz os conteúdos relacionados a produção e uso da energia nuclear e suas implicações na natureza. A metodologia desta pesquisa possui uma abordagem qualitativa e seus resultados foram analisados de acordo com a Análise Textual Discursiva (ATD), procurando encontrar os indicadores que mostrem que a AC está sendo promovida. Durante o desenvolvimento da SEI houve indícios de promoção da AC, foram identificados indicadores como, raciocínio lógico, explicação, levantamento de hipóteses e justificativa. Os resultados apontaram que a SEI apresentada, pode promover a reflexão, oferecendo condições que possibilitem os alunos a trabalhar os diferentes aspectos da Cultura Científica.

Palavras-chave: Ensino por investigação; Sequência de Ensino Investigativa; Alfabetização Científica; Física Moderna e Contemporânea.

ABSTRACT

NUCLEAR ENERGY AND RADIOACTIVE DIDACTIC SEQUENCE INVESTIGATIVE AND ITS APPLICATIONS

Clotildes de Souza Miranda Simões

Supervisor:

Profa. Dra. Cassiana Barreto Hygino Machado

Master's dissertation presented to the Program of Graduate Studies at the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense, in the Course of Professional Master of Physical Education (MNPEF) as part of the requirements for obtaining the Master's degree in Physical Education.

The study of physics, generally the Modern Physics, requires an elevated abstraction level, hardening the process of associating the reality to the studied phenomena. In order to facilitate the teaching and the Scientific Literacy, this paper presents a proposal to study the concepts of Nuclear Physics and its application through a Didactic Sequence Investigative on High School Grade. The sequence was planned to make the students actively work on their knowledge construction about the environment thus enabling the discussion about the dangers and benefits that the utilization of Nuclear Energy brings to the society and environment. 2nd year high school grade students are the target audience of this 2 cycles didactic sequence, considering the minimum curriculum determined by the State of Rio de Janeiro. The first Didactic Sequence Investigative tends to the subjects involving the nature of the interactions and the dimensions of the involved energy on nuclear transformations for medicine applications. The second one raises the subject involved on Nuclear Energy production and usage and its implications on the environment. This study has a qualitative approach and the results were verified in accordance to the discursive textual analysis, seeking for the indicators of the Scientific Literacy promotes on the students. The results shows that the presented Didactic Sequence Investigative promotes critical thought, offering conditions for the students to approach the different aspects of the Scientific Culture.

Keywords: Research teaching; Investigative Teaching Sequence; Scientific literacy; Modern Physics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas para proposição de uma atividade investigativa	20
Figura 2 - Esquema das etapas da SEI	21
Figura 3 - Arranjo experimental de Rutherford	30
Figura 4 - Decaimento alfa	35
Figura 5 - Decaimento beta	36
Figura 6 - Fusão nuclear	37
Figura 7 - Ilustração do processo de Fissão Nuclear	39
Figura 8 - Ilustração da operação de uma usina de energia nuclear	40
Figura 9 - Experimento de Becquerel	49
Figura 10 - Vídeo: Radiações alfa, beta e gama	51
Figura 11 - Simulação de decaimento radioativo. Cada evento representa um tempo de meia-vida	52
Figura 12 - Exemplo gráfico	53
Figura 13 - Experimento de demonstração de reação em cadeia	55
Figura 14 - Tabela de pontuação	57
Figura 15 - Aparato experimental.....	59
Figura 16 - Demonstração investigativa: experimento de Becquerel.....	59
Figura 17 - Apresentação de vídeo e slide.....	61
Figura 18 – Print screen da tela do vídeo: Radiações alfa, beta e gama.....	61
Figura 19 - Materiais para experimento.....	62
Figura 20 - Alunos realizando o experimento.....	63
Figura 21 – Dra. Cintia Gonçalves guiando a visita técnica com os grupos.....	64
Figura 22 – Sala do aparelho Gama-Câmera.....	65
Figura 23 - Sala onde são realizados os testes ergométricos.....	66
Figura 24 - Sala onde são manipulados os radiofármacos utilizados nos exames.....	66
Figura 25 - Etapa da avaliação da 1ª SEI.....	67
Figura 26 - Slide inicial da aula.....	68
Figura 27 - Print screen da tela do vídeo: Entramos na usina nuclear de Angra!!! #Boravê..	69
Figura 28 - Quadro de pontuação da atividade de avaliação do segundo ciclo da SEI.....	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Eixos Estruturantes da AC	14
Quadro 2- Indicadores de Alfabetização Científica.....	16
Quadro 3 – Revisão bibliográfica.....	24
Quadro 4 - Categorização: Objetivos	26
Quadro 5 - Categorização: Metodologia de pesquisa	26
Quadro 6 - Categorização: Recursos e estratégias didáticos	27
Quadro 7 - Categorização: Resultados esperados/obtidos	27
Quadro 8 - Resumo do primeiro ciclo da SEI	45
Quadro 9 - Resumo do segundo ciclo da SEI	46
Quadro 10- Código das atividades.....	73
Quadro 11- Indicadores identificados no primeiro ciclo.....	73
Quadro 12- Indicadores identificados no segundo ciclo.....	74

LISTA DE SIGLAS

AC – Alfabetização Científica

ATD – Análise Textual Discursiva

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CTSA – Ciência Tecnologia Sociedade Ambiente

FMC – Física Moderna e Contemporânea

NdC - Natureza da Ciência

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

SEI – Sequências de Ensino Investigativas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	07
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
	2.1 Alfabetização Científica.....	12
	2.2 Ensino por investigação.....	17
	2.2.1 Sequências de Ensino Investigativo.....	22
	2.3 Revisão da literatura.....	24
	2.4 Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.....	28
	2.4.1 Física Nuclear.....	28
3	METODOLOGIA.....	42
	3.1 Caracterizações da pesquisa	42
	3.2 As Sequências de ensino Investigativo.....	44
	3.3 Instrumentos e análise de dado.....	47
4	DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	49
	4.1 Roteiro do Produto.....	49
5	DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO.....	58
	5.1 Primeiro ciclo – Onde a física e a medicina se encontram.....	58
	5.2 Segundo ciclo – Entendendo a Energia nuclear.....	67
6	ANÁLISE DA APLICAÇÃO.....	72
	6.1 Considerações iniciais.....	72
	6.2 Metatexto 1: Explicando a radiação.....	74
	6.3 Metatexto 2: As possibilidades da Energia Nuclear.....	80
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
	REFERÊNCIAS.....	85
	APÊNDICE	90

1 INTRODUÇÃO

No mundo globalizado, o desenvolvimento científico e tecnológico torna-se imprescindível para o desenvolvimento da sociedade. Contudo, a atual realidade do sistema de ensino brasileiro é precária. Segundo Libâneo, Oliveira e Toschi (2009) é notório que o ensino tradicional não atende às exigências formativas do indivíduo inserido em um mundo globalizado.

É possível perceber que o ensino de Física nas escolas de educação básica está em crise: além da falta e de preparo de professores, más condições de trabalho, número reduzido de aulas, entre outras questões, o ensino da Física atual estimula uma aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados (MOREIRA, 2017).

O aluno precisa fazer parte do mundo, associando os conhecimentos trabalhados em sala com a realidade cotidiana, pois assim poderá levar em conta seu senso crítico, que por vezes acaba sendo abafado por um ensino tradicional que desconsidera a sua realidade. Nesse contexto, observa-se que os Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências Naturais (BRASIL, 1997) defendem a formação do aluno como cidadão crítico e consciente, estimulando sua criticidade, pois “A criança não é cidadã do futuro, mas já é cidadã hoje, e nesse sentido, conhecer ciência é ampliar a sua possibilidade presente de participação social e viabilizar sua capacidade plena de participação social no futuro” (BRASIL, 1997 p. 22-23).

Segundo Carvalho (2011), o ensino de ciências precisa ser acompanhado de práticas que abordem atividades diversificadas e que oportunizem a resolução de problemas pelos alunos por meio do diálogo e experimentação no intuito de tornar o aluno um ser pensante e questionador. Pensar o ensino de ciências de uma forma problematizadora implica na busca de respostas aos desafios decorrentes das novas relações entre a sociedade e as tecnologias.

Nesse contexto, a ciência pode ser considerada como o processo dinâmico que ocorre dentro de uma comunidade científica, influenciada por fatores culturais, éticos, sociais, ideológicos e históricos, com capacidade de participar ativamente dos fatos e contribuir para a construção de novos conhecimentos (GIL-PÉREZ et al., 1996).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2016; BRASIL, 2018) define quais os conhecimentos essenciais do ensino fundamental e médio que todos os estudantes do Brasil devem ter acesso durante toda sua formação básica. É uma importante ferramenta de gestão pedagógica para elaboração do currículo de cada escola em território Nacional. Com relação ao Ensino de Física fica claro que os conteúdos devem estar relacionados com problemas reais, inseridos no cotidiano do aluno.

O conhecimento físico na forma de leis, conceitos, grandezas e relações matemáticas só ganha significado se utilizado em problemáticas reais, tornando-se, assim, um instrumento de participação mais consciente e consistente na sociedade, propiciando, por exemplo, avaliar os efeitos biológicos da radiação em um exame de radiografia ou tomografia, o uso de diferentes fontes de energia elétrica e seus efeitos ambiental e socioeconômico ou mesmo compreender o funcionamento de eletrodomésticos e os cuidados que devem ser tomados em sua instalação e utilização (BRASIL, 2016, p.205).

Entre os diversos campos de conhecimento estabelecidos pela BNCC percebe-se a presença de vários temas de Física Moderna e Contemporânea (FMC).

A constituição submicroscópica da matéria é investigada, a partir da sistematização das radiações eletromagnéticas, como gama, ou corpusculares como alfa, beta e gama, cuja análise revela a estrutura do núcleo atômico, com atenção também para a sucessão histórica de modelos para a composição infinitesimal das substâncias. O emprego das radiações em aplicações diagnósticas e terapêuticas, na produção de energia ou em artefatos bélicos dá contexto para se compreender fissão e fusão nuclear, que serão fundantes para a astrofísica e cosmologia (BRASIL, 2016, p. 590).

Partindo das diversas possibilidades de aprendizado que englobam o saber Ciência, Sasseron e Carvalho (2011) sugerem que o ensino da mesma seja entendido como um processo de “enculturação científica” dos alunos, no qual espera-se promover condições para que os alunos sejam inseridos em mais uma cultura, a cultura científica.

Com isso, Sasseron e Carvalho (2011) usam o termo “Alfabetização Científica” para designar suas ideias de planejamento de um ensino que “permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação.” (p. 61, 2011).

Apesar de muito importante em nossa cultura, o conhecimento científico é apresentado nas escolas de forma que não reflete nenhum dos aspectos da Ciência como desenvolvimento humano, nem ao menos desperta a curiosidade dos alunos, simplesmente obriga-os a memorizar os conhecimentos já comprovados, que não são usados nem nas próprias salas de aula (CARVALHO, 2007). A consequência deste tipo de ensino, que se utiliza como elemento básico a memorização de nomes, leis e fórmulas e prática matemática, é que muitas vezes as aulas são desprezadas pela maioria dos alunos, que não vêem sentido nem finalidade nesta aprendizagem (CARVALHO, 2007).

Isso pode ser evidenciado por meio dos resultados do Programa Internacional de

Avaliação de Alunos (PISA, na sigla em inglês), realizado em 2015, que mostram uma estagnação no desempenho em Ciências. A cada edição, o Pisa foca uma área de conhecimento e a desta foi Ciências. O relatório conclui que a média nacional foi de 401, quase 100 pontos abaixo da média dos países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (INEP, 2015).

Contudo, esta avaliação sistemática é limitada, visto que questões relacionadas à sociedade, tecnologia e ambiente não podem ser contempladas, sendo os dados do PISA parciais em relação a AC.

Assim, a busca por tornar o processo de ensino e aprendizagem contextualizado e investigativo, em que as aulas não se limitem apenas às atividades do livro didático, decorar fórmulas e conceitos científicos, exige dos professores constante reflexão e o enfrentamento de desafios.

Desta forma, Carvalho (2007) diz, que uma mudança de enfoque no ensino, só se torna real se o papel do professor em sala de aula for também modificado, assumindo uma série de novas habilidades além das tradicionais.

A habilidade de levar os alunos a argumentarem merece ser trabalhada pelos professores nas aulas de Ciências, pois é pela exposição argumentativa de suas ideias que os aprendizes constroem as explicações dos fenômenos e desenvolvem o pensamento racional.

Entretanto, ensinar os alunos a argumentarem não é simples, para construir explicações nas aulas de Física um resumo ou um consenso da turma é necessário e requer que o professor, por meio de questões, guie os alunos a: “ponderar sobre o poder explicativo de cada afirmação, reconhecer afirmações contraditórias, identificar evidências e integrar diferentes afirmações mediante a ponderação de tais evidências.” (CARVALHO, 2007, p. 31).

Dentro deste contexto teórico foi proposto por Carvalho (2013) as Sequências de Ensino Investigativas (SEI), isto é, sequências de atividades que abrangem um tópico do currículo escolar em que cada uma das atividades é planejada, sob o ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos:

[...] condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciarem os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e tendo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013, p.9).

Na área de ensino de Física, diversos pesquisadores como Terrazan, Moreira, Osterman e Camargo defendem a inserção da física moderna no Ensino Médio, segundo

Osterman (2000) a Física atual é que motiva os estudantes de nível médio a seguirem uma carreira científica.

A partir do que foi dito, pode-se explicitar o que esta pesquisa investigou: **De que forma a realização de uma Sequência de Ensino Investigativa sobre Física Nuclear pode auxiliar no desenvolvimento da Alfabetização Científica dos alunos do nível médio?**

Na tentativa de responder essa questão, foi elaborada e implementada uma SEI sobre o conteúdo de FMC relacionada ao tema Energia Nuclear e suas aplicações. Este questionamento constitui a base para a hipótese de que a utilização de SEI no estudo da FMC em nível médio poderá facilitar a aprendizagem dos alunos, bem como levá-los a buscarem seus conhecimentos através da investigação. O público-alvo foram alunos de uma turma do 2º ano do Ensino Médio do Colégio Estadual José Francisco de Salles, na cidade de Campos dos Goytacazes – RJ.

O desenvolvimento da SEI foi baseada na tentativa de desenvolver o ensino de Física de forma contextualizada, problematizadora e com atividades diversificadas que possam fazer sentido na vida do aluno, constituindo-se em processo que buscou facilitar o aprendizado e contribuir para uma cultura científica.

Nessa perspectiva, foi traçado o seguinte objetivo geral: Analisar se uma SEI possui elementos que podem auxiliar no desenvolvimento da Alfabetização Científica sobre Física Nuclear em nível médio. Na SEI foram utilizados experimentos com o intuito de possivelmente tornar o ensino mais dinâmico e atrativo, além de recursos midiáticos e leituras investigativas como recurso integrador dos conceitos e também como instrumento avaliativo.

Em busca de uma resposta para esses questionamentos, foram elaborados os seguintes objetivos específicos:

- Verificar a aprendizagem dos conceitos como radiação, radioatividade, suas aplicações;
- Analisar, a cada aula, como uma Sequência de Ensino Investigativa com estratégias variadas de Ensino pode contribuir para o processo de Alfabetização Científica.
- Apresentar o contexto da inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física;

Este trabalho foi organizado da seguinte maneira: o capítulo 1 constitui a presente introdução, o capítulo 2 será apresentado a fundamentação teórica: trata da Alfabetização Científica (AC) e do Ensino de Física por Investigação, buscando compreender os desafios e as possibilidades desse estudo para em nível médio, além disso, serão abordadas as SEI e a

utilização de Estratégias de Ensino sob a ótica da AC, além de conteúdos relacionados a Física que será utilizada na sequência didática.

Dando continuidade, no terceiro capítulo, foi feita uma apresentação do percurso metodológico utilizado no desenvolvimento da pesquisa de mestrado. Desse modo, foram explanados os fundamentos metodológicos adotados para seguir o rigor científico e, assim, obter resultados fidedignos.

O quarto capítulo constitui-se na descrição do produto, no qual foi apresentado os dois ciclos de SEI, o primeiro ciclo aborda conteúdos que envolvem os conhecimentos da natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso na medicina e o segundo ciclo abarca os conteúdos relacionados a produção e uso da energia nuclear e suas implicações na natureza.

No quinto capítulo encontram-se os relatos da implementação dos ciclos da SEI que compõem o produto educacional. Resultados foram apresentados e discutidos no sexto capítulo e no último capítulo foram apresentadas as conclusões do presente trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, foram apresentados os referenciais teóricos que sustentam toda essa pesquisa. São discutidas as bases do ensino por investigação para nortear a utilização de uma SEI com foco na AC tendo como tema a Física Nuclear.

2.1 Alfabetização Científica

Nos dias atuais, pesquisadores têm identificado a necessidade de que a AC seja pensada como um elemento fundamental no campo educacional, estando diretamente ligada ao ensino de Ciências e nas relações que envolvem o homem e a natureza, visando à formação de cidadãos cientificamente alfabetizados (SASSERON; CARVALHO, 2008).

Apesar de muito abordado e discutido na literatura sobre Ensino de Ciências, conceituar a AC não é uma tarefa simples, devido ao fato de que esse conceito ainda se mostrar amplo. Há, portanto, opiniões de diversos autores sobre como defini-lo e caracterizá-lo (SASSERON; CARVALHO, 2011; CHASSOT, 2014).

De acordo com Sasseron e Carvalho (2011), Paul Hurd foi o primeiro pesquisador que utilizou o termo “Scientific Literacy”. Para Hurd, a AC envolve “a produção e utilização da ciência na vida do homem, provocando mudanças revolucionárias na ciência com dimensões na democracia, no progresso social e nas necessidades de adaptação do ser humano” (HURD, 1998; apud SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 64).

Neste trabalho, Hurd contextualiza a ideia de AC citando importantes momentos históricos para o ensino de Ciências. Desde a alegação de Francis Bacon, em 1620, da necessidade de preparar intelectualmente os indivíduos, que se dá através de conhecimentos sobre ciências. Além de Bacon, Hurd também cita o vice-presidente dos Estados Unidos, Thomas Jefferson, que no ano de 1798, exige que as ciências sejam ensinadas em todos os níveis de ensino oferecido nas escolas (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Hurd ainda menciona outros filósofos, como Hebert Spencer e James Wilkinson. Em 1859, Spencer defendia o ensino de ciências, já que a sociedade deveria saber mais, visto que sua evolução dependia dos conhecimentos construídos pela ciência. Uma ideia muito parecida foi defendida por Wilkinson, em 1847, comenta que, o que torna a compreensão das ciências difícil, já que só os resultados eram apresentados aos alunos e a aplicação dos conhecimentos era deixada de lado (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Ainda segundo Sasseron e Carvalho (2011), outro trabalho envolvendo

contextualização histórica do conceito de AC é o artigo de Rüdiger Laugksch publicado em 2000 e intitulado “Scientific Literacy: A Conceptual Overview”. Depois de fazer uma revisão na literatura publicada em língua inglesa sobre AC, Laugksch percebeu que este conceito pode conter diversos significados e interpretações. Em seu artigo, o Laugksch apresenta as conclusões de Pella e seus colaboradores:

[...] concluíram que para uma pessoa ser considerada alfabetizada cientificamente deve ter conhecimento das relações entre Ciência e Sociedade; saber sobre a ética que monitora o cientista; conhecer a natureza da ciência; diferenciar Ciência de Tecnologia; possuir conhecimento sobre conceitos básicos das ciências; e, por fim, perceber e entender as relações entre as ciências e as humanidades (Pella et al, 1966, apud SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 62).

Laugksch ainda cita o trabalho desenvolvido por Hazen e Trefilque propõem a população em geral deve saber como os conhecimentos produzidos pelos cientistas afetam a sociedade e que não necessariamente saibam fazer ciência (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Segundo Chassot (2014), a AC é o conjunto de conhecimentos que auxiliam os sujeitos a compreender o mundo em que se encontram inseridos. Para o autor, é indispensável os indivíduos tenham condições de fazer a “leitura do mundo em que vivem”, buscando novas vivências e mudanças significativas.

Com esse entendimento, Chassot faz o seguinte questionamento:

Poderia ser alfabetizado cientificamente quem não soubesse explicar algumas situações triviais do nosso cotidiano? Por exemplo: o fato de o leite derramar ao ferver e a água não; por que o sabão remove a sujeira ou por que uma pedra é atraída para a terra de maneira diferente de uma pluma; por que no inverno as horas de sol são menores do que no verão ou por que quando é primavera no hemisfério sul é outono no hemisfério norte; por que quando produzimos uma muda de violeta a partir de uma folha estamos fazendo clonagem (CHASSOT, 2014, p. 64).

Chassot ainda enfatiza que vivemos em um mundo marcado pela ciência e tecnologia, logo ensinar Ciências é fazer com que os indivíduos sejam mais críticos e agentes de transformações do mundo (CHASSOT, 2014).

Sasseron e Carvalho (2011) utilizam o termo AC para planejar um ensino que permita ter conhecimentos com uma nova cultura, novos saberes e com uma maneira diferente de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los por meio das suas ações e suas habilidades associadas ao fazer científico.

Como conclusão de uma revisão bibliográfica realizada por Sasseron e Carvalho

(2008), foram identificados três eixos estruturantes (Quadro 1) com a intenção de classificar as diferentes concepções sobre as habilidades a serem trabalhadas no desenvolvimento da AC.

Quadro 1- Eixos Estruturantes da AC

Eixo Estruturante	Habilidade
1º	Promover um ensino capaz de levar os alunos à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais;
2º	Compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática;
3º	Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente (CTSA).

Fonte: Elaboração própria

O primeiro eixo estruturante corresponde à “compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais” (SASSERON; CARVALHO, 2008, p.75). Pode-se destacar a importância da construção de conhecimento científico necessário aos alunos para aplicações em diversas situações do cotidiano, além de alcançar conceitos importantes para a compreensão de informações presentes no seu dia a dia.

O segundo eixo estruturante se ocupa com a “compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam a prática” (SASSERON; CARVALHO, 2008, p.75). Nesse eixo, destaca-se a importância de tratar a ciência como um conjunto de conhecimentos sujeitos a mudanças. Assim, os alunos podem desenvolver a capacidade de questionar, refletir e analisar contextos relacionados ao processo de tomada de decisões.

Definir a Natureza da Ciência (NdC) não é simples, de um modo geral, discutir a natureza da Ciência é abordar como ela é construída, seus elementos, ações, fatores, influências que sustentam as ideias científicas, passando inicialmente pela discussão a respeito do método científico (MOURA, 2014, p. 36). De acordo com Moura (2014) o conhecimento científico é uma construção de diversos métodos que envolvem a experimentação, a elaboração e a verificação de hipóteses, as concepções e as expectativas dos cientistas etc, destacado a multiplicidade de formas como o trabalho científico pode ser realizado, e não exatamente como essas formas se relacionam.

O terceiro e último eixo estruturante compreende ao “entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente” (SASSERON; CARVALHO,

2008, p.76). Trata-se de conscientizar os alunos sobre a relação que existe entre as diferentes esferas, vislumbrando um futuro sustentável do planeta. Buscar soluções rápidas para um problema correspondente a uma das esferas, pode acarretar problemas futuros associados.

A abordagem de temas relacionados a Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente (CTSA) tem por objetivo o desenvolver valores vinculados aos interesses coletivos referindo a solidariedade, fraternidade, consciência do compromisso social, respeito ao próximo e generosidade (SANTOS e SCHNETZLER, 1997 apud SANTOS, 2007). Na perspectiva desse movimento os valores se relacionam às necessidades humanas e torna-se imprescindível trabalhar as abordagens no contexto do espaço escolar.

Alfabetizar, os cidadãos em ciência e tecnologia é hoje uma necessidade do mundo contemporâneo (SANTOS e SCHNETZLER, 1997 apud SANTOS, 2007). Trata de disponibilizar as representações que permitam ao cidadão agir, tomar decisão e compreender o que está em jogo no discurso dos especialistas (FOUREZ, 1995).

A utilização dos três eixos para o planejamento e elaboração de atividades, deve ser capaz de iniciar o processo de AC, já que os eixos criam oportunidades para trabalhar problemas envolvendo sociedade e ambiente, discutindo os fenômenos naturais associados ao mundo e cotidiano dos alunos (SASSERON; CARVALHO, 2008).

De acordo com as autoras, a AC não pode ser alcançada por completo nas aulas, visto que o processo esta em constante construção. Contudo, as intencionalidades pedagógicas que surgem juntamente com os eixos têm o potencial de promover o início de uma AC.

Sasseron e Carvalho (2008) propõem indicadores para inferir se a AC está em processo. Estes são baseados em competências próprias das ciências e do fazer científico em que se busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levem ao entendimento dele.

Nossos indicadores têm a função de nos mostrar algumas destrezas que devem ser trabalhadas quando se deseja colocar a AC em processo de construção entre os alunos. Estes indicadores são algumas competências próprias das ciências e do fazer científico: competências comuns desenvolvidas e utilizadas para a resolução, discussão e divulgação de problemas em quaisquer das Ciências quando se dá a busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levem ao entendimento dele. Assim sendo, reforçamos nossa idéia de que o ensino de ciências deva ocorrer por meio de atividades abertas e investigativas nas quais os alunos desempenhem o papel de pesquisadores (SASSERON; CARVALHO, 2008, p. 338).

Os indicadores propostos pelas autoras ponderam sobre as ações próprias de uma cultura científica escolar. No Quadro 2 estão listados os Indicadores de AC, bem como suas

descrições.

Quadro 3- Indicadores de Alfabetização Científica

Indicador	Descrição
Seriação de Informações	Está ligada ao estabelecimento de bases para a ação investigativa. Não prevê, necessariamente, uma ordem que deva ser estabelecida para as informações: pode ser uma lista ou uma relação dos dados trabalhados ou com os quais se vá trabalhar.
Organização de Informações	Surge quando se procura preparar os dados existentes sobre o problema investigado. Este indicador pode ser encontrado durante o arranjo das informações novas ou já elencadas anteriormente e ocorre tanto no início da proposição de um tema quanto na retomada de uma questão, quando idéias são lembradas.
Classificação de Informações	Aparece quando se busca estabelecer características para os dados obtidos. Por vezes, ao se classificar as informações, elas podem ser apresentadas conforme uma hierarquia, mas o aparecimento desta hierarquia não é condição sine qua non para a classificação de informações. Caracteriza-se por ser um indicador voltado para a ordenação dos elementos com os quais se trabalha.
Raciocínio Lógico	Compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas. Relaciona-se, pois, diretamente com a forma como o pensamento é exposto.
Raciocínio Proporcional	Assim como o raciocínio lógico, É o que dá conta de mostrar o modo que se estrutura o pensamento, além de se referir também à maneira como as variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas.
Levantamento de Hipóteses	Aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema. Esse levantamento de hipóteses pode surgir tanto como uma afirmação quanto sob a forma de uma pergunta (atitude muito usada entre os cientistas quando se defrontam com um problema).
Teste de Hipóteses	Trata-se das etapas em que as suposições anteriormente levantadas são colocadas à prova. Pode ocorrer tanto diante da manipulação direta de objetos quanto no nível das ideias, quando o teste é feito por meio de atividades de pensamento baseadas em conhecimentos anteriores
Justificativa	Aparece quando, em uma afirmação qualquer proferida, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto. Isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando-a mais segura.
Previsão	Este indicador é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos.
Explicação	Surge quando se buscam relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente a explicação é acompanhada de uma justificativa e de uma previsão, mas é possível encontrar explicações que não recebem essas garantias. Mostram-se, pois, explicações ainda em fase de construção que certamente receberão maior autenticidade ao longo das discussões.

Fonte: *Sasseron (2008, p. 67-68)*

Sasseron e Carvalho (2008) organizaram os indicadores de AC em três grupos: grupo 1- compreende os indicadores relacionados ao trabalho direto com os dados empíricos (Seriação de informações, Organização de informações e Classificação de informações); grupo 2- se relaciona à estruturação do pensamento e à construção de uma ideia lógica e objetiva (Raciocínio lógico e Raciocínio proporcional); grupo 3- é vinculado à procura do entendimento da situação analisada (Levantamento de hipóteses, Teste de hipóteses, Justificativa, Previsão e Explicação).

Pode-se concluir, que alfabetizar cientificamente os alunos mostra a necessidade de trabalhar Ciências de modo a frisar os temas científicos do cotidiano para a tomada decisões conscientes e crítica. É necessário que os alunos sejam indivíduos ativos em sala de aula, investigando situações e discutindo temas em grupo, afim de se tornarem autores de seus próprios conhecimentos (SASSERON; MACHADO, 2017).

2.2 Ensino por investigação

O ensino de Ciências é um campo em que várias ferramentas didáticas podem ser utilizadas, visando à resolução de problemas. Entre elas, está o ensino por investigação. Este tipo de ensino pode apresentar diversas formas de desafios e resoluções. A ideia central é proporcionar condições favoráveis aos alunos para que construam o conhecimento científico, sendo capazes de refletir, questionar, argumentar, interagir; mobilizando os diferentes conhecimentos, previamente adquiridos na escola ou no cotidiano, a fim de resolver uma determinada questão ou situação-problema que é imposta por este tipo de ensino (CARVALHO, 2011).

O ensino por investigação se baseia em algumas etapas da pesquisa científica, como levantamento de problemas, observação, tomada de consciência e a construção de conclusões baseadas em evidências e teorias (CARVALHO, 2011). Pode ser descrita como um conjunto de características e circunstâncias que contribuem para que o aluno realize uma atividade repleta de motivações, questionamentos, hipóteses e demandas que vão conduzi-lo a construção de novos saberes, valores e atitudes ao apropriar-se de conceitos e teorias (PEREZ; CASTRO, 1996).

Gil Perez e Castro (1996, p. 156-157) descreveram alguns aspectos da atividade científica que podem ser explorados numa atividade investigativa, tais como: 1- Apresentar situações problemas abertas em um nível adequado; 2- Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas; 3- Potencializar análises qualitativas, significativas, que ajudem a compreender e acatar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca; 4- Considerar a elaboração de hipóteses como atividade central de investigação científica, sendo este processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as pré-concepções dos estudantes; 5- Considerar as análises, com atenção para os resultados (sua interpretação física, confiabilidade etc.), a partir dos conhecimentos disponíveis, das hipóteses manejadas e dos resultados das demais equipes de estudantes; 6- Conceder uma importância especial a memórias científicas que

reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica; 7- Ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por intermédio de grupos de trabalho, que interajam entre si.

Uma das grandes utilidades de se trabalhar com o ensino por investigação, está pautado no desenvolvimento mental e na perspectiva de interação social entre os sujeitos aprendizes, o que, necessariamente, favorecerá a argumentação entre eles e contribuirá para que a resolução dos problemas seja realizada de modo coletivo, e não individual (CARVALHO, 2011).

Para Carvalho (2011) as hipóteses feitas pelo epistemólogo Piaget e colaboradores em conjunto com os conhecimentos trazidos por Vigotsky e seus seguidores, revelam, de pontos de vista distintos, como o indivíduo constrói seu conhecimento.

Um dos pontos de vista divergentes das teorias de Piaget e Vigotsky, está centrado na concepção do desenvolvimento. Moreira (1999) nos fala que na teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget encontramos os conceitos de equilibração, desequilibração e reequilibração, mas também existem fatos que evidenciam que a construção de novos conhecimentos é feita a partir de conhecimentos anteriores. Segundo o mesmo autor, no trabalho de Vigotsky, surgem os conceitos de zona de desenvolvimento real, zona de desenvolvimento potencial e zona de desenvolvimento proximal, mostrando como o conhecimento real, já consolidado pelo aluno, possui influência no conhecimento que poderá ser atingido por ele.

Contudo, de acordo com Carvalho (2011), o conflito entre as teorias, em pesquisas realizadas em ambientes escolares, se mostrou inválido e atualmente o que se observa é que as ideias desses dois campos se complementam quando empregadas em diferentes situações e momentos do ensino e da aprendizagem em sala de aula.

Segundo Carvalho (2011, p. 3), “Um dos pontos que podemos salientar, e que se torna claro nas entrevistas piagetianas, é a importância de um problema para o início da construção do conhecimento”. Nessa abordagem, o aluno passa a ter que construir seu conhecimento, enquanto o professor não mais expõe o conhecimento, mas orienta as reflexões dos alunos.

Para Piaget, a mente é uma estrutura cognitiva que se desenvolve através de processos de adaptação e organização. Essa estrutura tende a funcionar em equilíbrio, sempre aumentando seu grau de organização e de adaptação ao meio.

Moreira explica como esse processo ocorre:

Quando este equilíbrio é rompido por experiências não assimiláveis, a mente tende a

se reestruturar através da construção de novos *esquemas de assimilação* e atingir novo estado de equilíbrio. Esta reestruturação corresponde ao que Piaget chama de *acomodação*. A assimilação e a acomodação são processos complementares que levam a *adaptação*, ou seja, à tendência de o organismo (i.e., a mente) se adaptar ao meio interagindo com ele. Adaptação e organização são processos complementares inseparáveis. São duas faces de um mesmo processo que se manifesta internamente na organização cognitiva e externamente na adaptação ao meio (MOREIRA 2015, p. 13).

Em seus livros, Piaget (1977; 1978 apud CARVALHO, 2013, p.42) revela duas outras condições para a construção de novos conhecimentos científicos pelos indivíduos, que são importantes aliados para o ensino e a aprendizagem de sala de aula, são eles: a passagem da ação manipulativa para ação intelectual e a tomada de consciência de seus atos.

A teoria piagetiana é muito importante para nos auxiliar a entender a construção de novos conhecimentos pelos alunos. Contudo, na sala de aula, o professor não lida somente com um único aluno, e sim com uma turma cheia. É nesse momento que se torna importante entender a construção social do conhecimento, assim se torna imprescindível considerar os saberes produzidos por Vigotsky

Conforme aponta Jorde (2009, apud CARVALHO, 2013, p.45), o ensino por investigação possui características básicas, que são responsáveis por envolver os alunos durante uma atividade. São elas: (1) atividades de aprendizagem baseadas em problemas autênticos; (2) experimentação e atividades práticas, incluindo a busca por informações; (3) atividades autorreguladas, ou seja, que priorizem a autonomia dos alunos; e, finalmente, (4) a comunicação e a argumentação. Não se pode excluir do processo de ensino por investigação a comunicação e a argumentação. Sendo assim, é importante fundamentar essas idéias e relacioná-las com os estudos propostos por Vygotsky. Para ele, a construção do conhecimento está centrada na construção social do indivíduo.

Vygotsky (1984, apud CARVALHO, 2013, p.45) acredita que as características individuais são construídas a partir de sua relação com outro indivíduo. Ele ainda estabelece o conceito de algumas zonas de desenvolvimento, e, entre elas, está a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Esta zona é definida como sendo a distância entre o nível de desenvolvimento real (NDR), ou seja, determinado pela capacidade individual que o sujeito tem de resolver um dado problema, e o nível de desenvolvimento potencial (NDP), balizado pela capacidade que o indivíduo possui de interagir socialmente com os outros, de modo colaborativo, visando solucionar problemas.

Para Vygotsky, o professor é indispensável para a construção de um novo conhecimento, cabendo a ele planejar as suas ações de modo a adequá-las perante a proposta

sociointeracionista, potencializando, desta maneira, novos construtos de conhecimento (CARVALHO, 2013). Para Sasseron e Carvalho (2011), as interações entre os alunos e principalmente entre professor e alunos deveriam levá-los à argumentação e à Alfabetização Científica, porém, a falta de atividades em espaços não formais que possam promover um ensino por investigação, prejudica a construção de saberes científicos de modo contextualizado e impossibilita a argumentação, a resolução de problemas, o levantamento de hipóteses, entre outros fatores.

As autoras Sasseron e Carvalho (2008), defendem um ensino de Ciências que vá além de metodologias voltadas somente para memorização de fórmulas, realização de experimentos para se obter as noções e conceitos científicos. De acordo com as mesmas, é importante que durante as aulas, os alunos sejam confrontados constantemente com problemas autênticos, para os quais devem buscar alternativas no processo investigativo para tentar resolvê-los.

Nesse sentido, Carvalho et al. (1998, p.42) afirmam que:

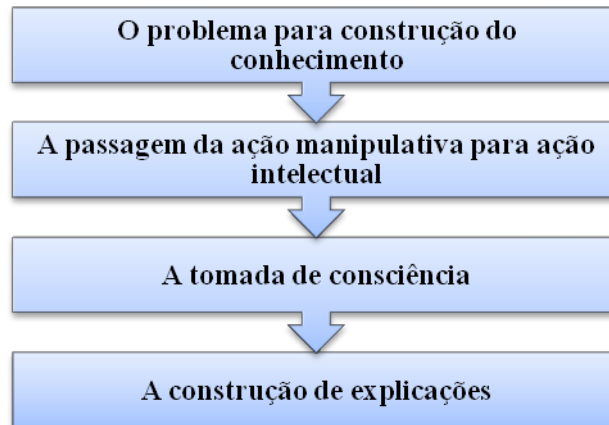
Em uma proposta que utilize a investigação e a experimentação [...], o aluno deixa de ser apenas um observador das aulas, muitas vezes, expositivas, passando a exercer grande influência sobre ela: argumentando, pensando, agindo, interferindo, questionando, fazendo parte da construção de seu conhecimento (CARVALHO et al. 1998, p.42).

Desenvolver o questionamento e investigação entre os alunos com leituras, experimentos, dentre outras atividades, é um fator importante no processo de ensino e aprendizagem (CARVALHO, 2013). Segundo Sasseron e Carvalho (2008), esse desenvolvimento pode ser alcançado quando os alunos tiverem a possibilidade de construir os seus conhecimentos científicos, elaborando hipóteses, organizando seu trabalho e buscando explicações para os fenômenos da natureza.

Ao planejarem suas aulas com atividades didáticas, os professores precisam criar um ambiente investigativo durante as aulas de Ciências de maneira que possam mediar os alunos no processo do trabalho científico, para aumentar sua cultura científica, alfabetizando-se cientificamente (SASSERON; CARVALHO, 2008).

De acordo com Carvalho (2011, p. 255), existem quatro etapas básicas para a proposição de uma atividade investigativa (Figura 1): Um problema para o início da construção do conhecimento; a passagem da ação manipulativa para ação intelectual; a tomada de consciência; e as explicações científicas.

Figura 1 - Etapas para proposição de uma atividade investigativa



Fonte: Elaboração própria

Ao serem expostos a situações problemas, os alunos começam a desenvolver um raciocínio, assim o professor deixa a função de expor os saberes e passa a orientar os estudantes a reflexões que os ajudem na construção do conhecimento (CARVALHO, 2013).

O professor, ao levar questões aos alunos, tem um importante papel na passagem da ação manipulativa para ação intelectual, uma vez que estes questionamentos levam os alunos a tomada de consciência sobre a resolução do problema. Conseqüentemente, o processo de construção do conhecimento deve condizer à atividades manipulativas com problema que tenha atividades como, experimentos, textos, vídeos, jogos, entre outros (CARVALHO, 2013).

De acordo com Carvalho (2013, p.46):

[...] o Ensino por Investigação é defendido neste estudo como propício à promoção da Alfabetização Científica, pois precisa ser pensado sob a ótica da realização de práticas que abordem atividades diversificadas e que oportunizem a resolução de problemas por meio do diálogo, da exercitação do pensar, do refletir, do experimentar, etc., buscando, dessa forma, analisar os resultados para a transformação da realidade em que o sujeito está inserido, além de procurar meios para aproximar esse sujeito de uma Cultura Científica (CARVALHO, 2013, p.46).

Sendo assim, as atividades investigativas são efetivas para a construção principal do conhecimento a ser ensinado, quer seja ele um conceito, uma lei ou mesmo uma relação legal. Entretanto elas não são suficientes para todo o desenvolvimento curricular (CARVALHO, 2013). Assim a utilização das atividades investigativas são melhores aproveitadas se dentro uma Sequências de Ensino Investigativas (SEIs) onde o conhecimento construído é sistematizado com o auxílio de atividades de leituras, resolução de exercícios, pesquisas na internet, etc.

2.2.1 Sequências de Ensino Investigativa

Nesta pesquisa será apresentada a proposta de uma SEI (CARVALHO, 2013) para desenvolvimento de uma sequência didática. Nas palavras da autora, uma SEI é composta de:

[...] sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada uma das atividades é planejada, sob o ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciarem os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e tendo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores (CARVALHO, 2013, p. 9).

Nesse contexto, as SEIs estruturam importantes resultados das pesquisas em ensino de Física e Ciências, representando referências fundamentais para o planejamento de aulas transformando-as em atividades mais motivadoras e significativas para alunos e professores (CARVALHO, 2013).

Segundo Carvalho (2013) propõe não somente a observação dos fenômenos ou a realização dos passos de um experimento, mas que os alunos, tenham momentos para questionamentos, testes de hipóteses, trocas de informações e sistematização de ideias.

As SEIs permitem a busca de um problema que deve fazer parte da realidade do aluno e explorar o interesse deles na procura de uma solução, de um problema que pode ser proposto por meio de atividades experimentais ou não experimentais.

Desse modo, as sequências investigativas podem seguir etapas para o seu desenvolvimento: o problema, sistematização do conteúdo, contextualização social do conhecimento e Atividade de avaliação.

Figura 2 - Esquema das etapas da SEI



Fonte: Elaboração própria

Carvalho (2013) salienta que a ideia fundamental no desenvolvimento de SEIs é a de que toda investigação científica basicamente envolve um Problema. O tipo de problema para iniciar uma SEI pode variar entre, problemas experimentais ou não experimentais, demonstração investigativa quando o experimento apresentar algum risco ao aluno, pode ser um problema aberto ou até uma leitura investigativa.

Neste momento o professor poderá apresentar uma questão ou experimento que deve ser discutido e debatido pelos alunos. O importante é que este instrumento faça parte do cotidiano do aluno. A problematização inicial deve conter questionamentos de forma dialógica. Este momento tem como objetivos principais: envolver o aluno com o tema que será abordado e diagnosticar as pré-concepções dos alunos acerca do tema. Durante uma aula, este problema é colocado para os alunos, e os mesmos podem expor seu conhecimento prévio sobre o assunto, discutindo suas implicações (CARVALHO, 2013).

Ainda de acordo com Carvalho (2013), neste primeiro momento, a função do professor é questionar. É preciso estimular explicações contraditórias e localizar possíveis lacunas do conhecimento que vem sendo exposto. O ponto culminante dessa problematização é fazer com que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém.

O segundo momento se caracteriza pela sistematização dos conceitos. Ainda que da etapa anterior envolva a discussão com toda a turma e sistematização do conhecimento, pode ser que nem todos os alunos alcancem o nível de conhecimento necessário. Assim, o professor deve organizar os conteúdos de forma que haja a completa compreensão do tema e do problema apresentado. Esta organização visa ampliar o diálogo do desafio inicial, introduzindo uma nova visão de conhecimento aos alunos, a visão científica. É nesse momento que a resolução de exercícios/problemas e a exploração de textos teóricos e científicos podem desempenhar sua função formativa na apropriação dos conhecimentos específicos (CARVALHO, 2013).

A etapa da contextualização social do conhecimento é de extrema importância. Segundo Carvalho (2013) neste momento, os conhecimentos que vem sendo incorporados pelo aluno são apresentados sob novas abordagens. Os textos de contextualização devem seguir de questionamentos que relacionem o problema investigado com o problema social (ou tecnológico). Deve-se seguir as mesmas etapas anteriores: discussão em grupo pelos alunos, discussão com toda classe com supervisão do professor, atividade escrita. O ideal é que novos desafios sejam colocados para a análise dos alunos, explicitando também as limitações do novo conhecimento prévio e científico abordados. Nesse momento, deseja-se que o aluno seja capaz de articular a conceituação científica com situações reais e não pura e simplesmente encontrar uma solução matemática a um problema típico do livro didático.

Por fim, Carvalho (2013) sugere que ao término de uma SEI, seja realizada uma atividade de avaliação, compatível com a metodologia de ensino utilizada. É necessário que o professor mude de postura em relação ao método tradicional de avaliação. A avaliação deve

ser realizada pelo professor e incluir a observação das ações realizadas e dos resultados obtidos pela turma como um todo, como também individualmente e as participações dos alunos durante a aula. Destaca-se que no contexto de uma SEI, avaliar os conteúdos processuais e atitudinais é importante, visto que fazem parte dessa metodologia.

Segundo Carvalho (2013), a ideia é que a avaliação seja interessante, sem que os alunos percebam que estão sendo avaliados. Outra proposta de avaliação é propor um questionamento envolvendo os principais conceitos estudados. Sendo assim, desenvolver a sequência em etapas proporciona a oportunidade do professor de acompanhar a construção do conhecimento científico no aluno. Especificamente no ensino de Ciências, esta é uma boa alternativa para serem trabalhados conteúdos que muitas vezes são apenas apresentados de forma conceitual, distante da realidade de vida dos alunos.

Em resumo, podemos definir que uma SEI é uma proposta didática que tem por objetivo desenvolver conteúdos ou temas científicos. Através de diferentes atividades investigativas, tais como, laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos, o tema é investigado. O principal preceito de uma atividade investigativa “é o cuidado do(a) professor(a) com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema” (CARVALHO, 2018, p.767). O problema proposto que irá suscitar o raciocínio dos alunos, daí a importância da liberdade intelectual, pois sem a mesma não terão coragem de expor seus pensamentos, seus raciocínios e suas argumentações (CARVALHO, 2018).

2.3 Revisão da literatura

A fim de aprofundar como o ensino por investigação tem sido trabalhado no ensino de física, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, na qual buscou artigos, nos quais, o critério a ser observado foi o referencial teórico no *ensino por investigação* no ensino de Física. A pesquisa foi realizada em sete revistas científicas conceituadas na área de Ensino (qualis A1, A2 e B1), após pesquisa, foram selecionados 7 artigos em 3 destas revistas. O período de levantamento foram os últimos 5 anos, de 2013 a 2018. Os artigos selecionados estão relacionados no Quadro 3.

Quadro 3 – Revisão bibliográfica

(continua)

Revista	Título	Autores e ano	Identificação do artigo
Revista Brasileira de	Investigação do fenômeno	Santos, Amarin e	A1

Ensino de Física	ilha de calor urbana através da utilização da placa Arduíno e de um sítio oficial de meteorologia	Dereczynski, 2017	
Revista Brasileira de Ensino de Física	Investigando a atmosfera com dados obtidos por radiossondas	Oliveira e Dereczynski, 2018	A2
Revista Brasileira de Ensino de Física	Atividades investigativas e o desenvolvimento de habilidades e competências: um relato de experiência no curso de Física da Universidade Federal do Pará	Fraiha, Paschoal Jr, Perez, Tabosa, Alves e Silva, 2018	A3
Experiências em Ensino de Ciências	Atividade didática baseada em experimento: discutindo a implementação de uma proposta investigativa para o ensino de física	Wesendonk e Prado, 2015	A4
Experiências em Ensino de Ciências	Integrando física e educação física em uma atividade investigativa na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa	Belmont, Pereira e Lemos, 2016	A5
Experiências em Ensino de Ciências	Terceira lei de Newton e “cabo de guerra”: compreendendo a motivação nas aulas de física	Freitas, Ferreira e Ustra, 2016	A6
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton	Belluco e Carvalho, 2014	A7

Fonte: Elaboração própria

Dos artigos selecionados, foi realizada uma categorização para análise de quatro categorias específicas: os objetivos (Quadro 4), instrumentos de coleta de dados (Quadro 5), recursos e estratégias didáticas (Quadro 6) e resultados esperados/obtidos (Quadro 7).

Segundo Sasseron (2008) a investigação tem início no planejamento do professor, pela definição dos objetivos de ensino que contemplem aspectos da construção do conhecimento em ciências.

Nos artigos selecionados, os objetivos são bem claros quanto a construção e desenvolvimento dos conhecimentos físicos em atividades investigativas, buscando, de

maneira contextualizada, levar os alunos a desenvolver uma visão científica de conhecimento de forma contextualizada com o cotidiano.

Quadro 4 - Categorização: Objetivos

Categoria: Objetivo para o ensino por investigação	Identificação do artigo
“Permitir que os estudantes compreendam o fenômeno ilha de calor urbana”, “conscientizem de suas graves implicações para o bem estar das populações urbanas e do meio ambiente.”	A1
“Investigar o comportamento da pressão atmosférica e da temperatura do ar com a altitude.”	A2
“Discutir conceitualmente e de maneira contextualizada temas de Física do cotidiano do estudante”, “sua formalização científica.”	A3
“Contribuir com estudos sobre a elaboração e a implementação de uma proposta de atividade didática baseada em experimento de cunho investigativo.”	A4
“Identificar como uma atividade investigativa influência a aprendizagem significativa de conceitos comuns à Física e à Educação Física”, “um contexto interdisciplinar.”	A5
“Caracterizar aspectos motivadores nas aulas de Física.”	A6
“Construir uma noção sobre momento linear e sua conservação.”	A7

Fonte: Elaboração própria

Os instrumentos para coletar os dados utilizados nos artigos são bem variadas, foram utilizados questionários para coleta das concepções alternativas, gravações de áudio, construção de mapas e gráficos, notas de campo, textos, além de dados coletados de observações.

Quadro 5 - Categorização: Instrumentos de coleta de dados

Categoria: Instrumentos de coleta de dados	Identificação do artigo
Questionário	A1, A4
Gráficos	A1
Análise de respostas	A2, A7
Construção de mapas	A2
Gravações de áudio	A3, A5
Observação participante	A4, A6
Notas de campo	A5
Textos	A5, A7

Fonte: Elaboração própria

Dos recursos e estratégias didáticas utilizadas, há um predomínio do uso de

experimentos como forma de iniciar as investigações. Os artigos relatam que é possível perceber que os alunos se mostram interessados em desenvolver atividades experimentais. Além do uso de experimentos, os problemas abertos são bastante utilizados. Tais atividades se mostram fundamentais para a aprendizagem dos alunos, já que aumentam a liberdade criativa e ao ritmo de aprendizado de cada aluno, bem como no desenvolvimento de competências relacionadas à capacidade de resolver problemas de pesquisa e do seu cotidiano.

Além disso, as atividades de grupo utilizadas são bem vistas, já que nestas atividades os alunos participam ativamente e dispõem de mais liberdade para tomar decisões a respeito da análise dos dados experimentais, além de decidir em conjunto sobre a melhor maneira de apresentar seus resultados, em gráficos, mapas e relatórios.

Quadro 6 - Categorização: Recursos e estratégias didáticas

Categoria: Recursos e estratégias didáticas	Identificação do artigo
Experimento	A1, A2, A3, A4, A5, A6
Arduino	A1
Software de programação	A1, A2
Radiossondas	A2
Problemas Abertos	A3, A5, A6, A7
Gráficos	A4
Relatório	A5
Dinâmica de Grupo	A1, A3, A6

Fonte: Elaboração própria

Por fim, os resultados sugerem que as atividades investigativas, da forma como foram conduzidas, tem potencial para favorecer a aprendizagem significativa, já que em sua maioria, foram planejadas a partir dos conhecimentos prévios dos alunos, caracterizando como uma situação nova, promovendo motivação, favorecendo a negociação de significados, oportunizando os alunos a pensarem com e sobre o conhecimento, formulando perguntas, hipóteses e argumentando com conceitos científicos na tentativa de interpretar os fenômeno observado.

Quadro 7 - Categorização: Resultados esperados/obtidos

Categoria: Resultados esperados/ obtidos	Identificação do artigo
“os alunos participam ativamente”, “dispõem de muita liberdade para tomar decisões a respeito da coleta e análise dos dados”, “decidir sobre a melhor maneira de apresentar seus resultados”.	A1

“um maior conhecimento pelos estudantes da interação vital entre clima e humanidade”	A2
“contribuir para que outros docentes de cursos de graduação sintam-se mais propensos a utilizar atividades investigativas”, que “possam lidar com as dificuldades encontradas com maior conhecimento do assunto.”	A3
“explorar a discussão em pequenos grupos e no grande grupo”, “muito relevante para o trabalho dos alunos com o manuseio de um aparato experimental.”	A4
“potencial para favorecer a aprendizagem significativa “promoveu motivação”, “favoreceu a negociação de significados”.	A5
“os alunos possuem bastante interesse em aprender o conteúdo”, “não gostam de uma aula em que permanecem inativos”.	A6
“passagem da linguagem cotidiana para a científica”	A7

Fonte: Elaboração própria

De forma geral, verificou-se na presente revisão da literatura que a maioria das atividades investigativas aplicadas em sala de aula apresentaram resultados favoráveis como: boa receptividade dos alunos, promovendo a predisposição dos mesmos em aprender, indícios da ocorrência de aprendizagem significativa, entre outros.

Foram levados em conta alguns aspectos para o desenvolvimento deste trabalho. Dos instrumentos de coletas de dados foram levados em conta a construção de gráficos e textos. Dos recursos e estratégias didáticas a experimentação também foi utilizada para iniciar as investigações.

2.4 Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

Nas últimas duas décadas, observa-se que no Brasil há uma forte intenção em favor da introdução de conteúdos da FMC na escola básica, justificada em grande parte, pelos avanços tecnológicos proporcionados pelos conhecimentos desenvolvidos neste campo da física (SCHMIEDECKE; PORTO, 2015).

A inserção destes conteúdos agrega conhecimento, ideia essa reforçada pela BNCC, que indica à FMC como um dos elementos necessários para que o indivíduo possa se posicionar de forma crítica e atuante. Desta forma, o indivíduo será capaz de efetuar relações entre as Ciência Natureza e a sociedade, e entender a importância dos conteúdos de FMC (BRASIL, 2018).

O ensino de Física por muito tempo foi caracterizado pela exposição de inúmeras

fórmulas matemáticas e exaustivas resoluções de exercícios. Esse excesso de “matematização”, sem a discussão conceitual e experimental tem levado a maioria dos alunos, não só ao mínimo entendimento dos conceitos físicos, como à antipatia cada vez maior por essa disciplina. Ensinar Física, atualmente, se tornou um grande desafio para os professores, pois é crescente o desinteresse e o baixo rendimento dos alunos nesta disciplina. O ensino de Física, no momento atual, exige um profissional que tenha habilidades para experimentação, investigação, que contextualize os conteúdos, relacione a matéria com a realidade do cotidiano dos alunos (AZEREDO, 2007).

É claro o distanciamento cada vez maior dos jovens com relação a temas como a energia nuclear, que tem contato com o tema normalmente através de meios não confiáveis, e muitas vezes equivocados. Nestes momentos é comum o assunto ser entendido como algo completamente afastado da realidade, como a energia de um modo geral, o que pode muitas vezes causar conflitos ao aluno no momento da aprendizagem de um determinado conceito em sala de aula (GARCIA et al, 2014).

Em geral, o conteúdo de Física nuclear só é trabalhado como conteúdo de ensino ao final da 2ª série do ensino médio, após serem tratados vários conteúdos acerca de energia. Só ai, ao ser trabalhada a FMC. De acordo com as orientações do Currículo Mínimo, instituído pela Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro, no 4º Bimestre o conteúdo de Física a ser estudado é:

Campo: Energia Nuclear – Usinas nucleares – Reações nucleares

Habilidades e Competências

- Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas.
- Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina.
- Compreender que a energia nuclear pode ser obtida por processos de fissão e fusão nuclear.
- Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos.
- Compreender que o Sol é a fonte primária da maioria das formas de energia de que dispomos.
- Identificar que a energia solar é de origem nuclear.
- Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência, tecnologia e sociedade.
- Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.
- Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e/ou destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais. (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 02).

2.4.1 Física Nuclear

A descoberta do Núcleo

No início do século XX, quase que a única coisa que se sabia a respeito da estrutura dos átomos era que se tinham elétrons, com carga elétrica convencionalmente negativa. O elétron tinha sido descoberto por J.J. Thomson, em 1897, mas sua massa era desconhecida. Assim não era possível dizer nem mesmo quantos elétrons que um átomo continha. Os físicos já tinham conhecimento que os átomos eram eletricamente neutros, e, portanto, teriam que conter também cargas positivas, mas não se sabia como eram essas cargas positivas (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.304).

Em 1911, Ernest Rutherford sugeriu que a carga positiva estava concentrada no centro do átomo, formando o núcleo, e que, além disso, o núcleo era responsável pela maior parte da massa do átomo. A sugestão de Rutherford não era uma simples especulação, mas se baseava nos resultados de um experimento proposto por ele e executado por mais dois colaboradores: Hans Geiger e Ernest Marsden, um estudante de 20 anos que ainda não havia terminado o curso de graduação na época do experimento de Rutherford.

Já era sabido que certos elementos, ditos radioativos, se transformam espontaneamente em outros elementos emitindo partículas no processo, um desses elementos é o gás radônio que emite partículas Alfa com uma energia de aproximadamente 5,5 MeV. Hoje sabe-se que as partículas são núcleos de átomos de hélio.

A ideia de Rutherford era fazer as partículas Alfa incidirem em uma folha fina de ouro e medir o desvio da trajetória das partículas ao passarem pelo material. As partículas Alfa cuja massa é cerca de 7300 vezes maior que a do elétron, tem uma carga de $+2e$. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.304).

Figura 3 - Arranjo experimental de Rutherford



A fonte de partículas Alfa era um tubo de vidro de paredes finas contendo radônio. O experimento consistia em medir o número de partículas Alfa em função do ângulo de espalhamento ϕ . O ângulo do espalhamento é pequeno para grande maioria das partículas, entretanto, esta foi a grande surpresa. Pois poucas partículas apresentam ângulos de espalhamento extremamente elevados próximos de 180 graus. Nas palavras de Rutherford: “Foi a coisa mais incrível que aconteceu em toda minha vida. É como se você desse um tiro de canhão em uma folha de papel e a bala ricocheteasse” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.304).

Por que Rutherford ficou tão surpreso? Na época em que o experimento foi realizado, a maioria dos físicos acreditava no modelo do “pudim de passas” para o átomo, proposto por J.J. Thomson. De acordo com o modelo a carga positiva do átomo deve estar uniformemente distribuída em todo volume do átomo, os elétrons (“as passas” do modelo) vibravam em torno de posições fixas no interior dessa esfera de carga positiva “o pudim” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.304).

A força experimentada por uma partícula Alfa, ao passar por uma esfera de carga positiva do tamanho de um átomo, produziria uma deflexão menor que 1 grau. A deflexão esperada foi comparada por um pesquisador ao que aconteceria se alguém desse um tiro em um saco cheio de bolas de neve. Os elétrons do átomo praticamente não afetariam a partícula Alfa, muito mais pesada. Na verdade os elétrons é que seriam espalhados para todos os lados como uma nuvem de mosquitos atingida por uma pedra.

Para sofrer uma deflexão de mais de 90 graus, raciocinou Rutherford, a partícula Alfa teria que ser submetida a uma força considerável, essa força poderia ser explicada se a carga positiva em vez de espalhar por todo átomo estivesse concentrada em uma pequena região central. Nesse caso, a partícula Alfa poderia se aproximar muito da carga positiva sem atravessá-la, e esta aproximação resultaria em uma força considerável.

A maioria das partículas não sofre nenhuma deflexão ou sofre apenas uma pequena deflexão, mas umas poucas (aquelas que por acaso passam nas proximidades de um núcleo) sofrem grandes deflexões. Analisando os dados, Rutherford chegou à conclusão de que o raio do núcleo era aproximadamente 10^4 vezes menor que o átomo. Em outras palavras o átomo era composto praticamente de espaço vazio (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.305).

Descoberta da Radioatividade

Os primeiros relatos sobre a radioatividade, feitos por Antoine-Henri Becquerel, foram feitos apenas alguns meses após a divulgação da existência dos raios-x, feita por Wilhem Conrad Roentgen. A população e a mídia podiam perceber de imediato os efeitos desses últimos. Por exemplo, eles permitiam a visão interior do corpo humano por meio das radiografias, causando um impacto maior que a radioatividade, que não podia ser vista pelas pessoas (LIMA et al. 2011).

Em 1896, Henri Becquerel estava trabalhando com compostos contendo o elemento urânio. Para sua surpresa, ele descobriu que placas fotográficas protegidas da luz ficavam veladas, ou parcialmente expostas, quando esses compostos de urânio eram mantidos nas proximidades das placas. Essa exposição sugeria que algum tipo de raio havia passado pela proteção das placas. Descobriu-se também que vários outros materiais além do urânio também emitiam esses raios penetrantes. Entre eles e estava um material chamado rádio e por isso, todos os materiais que emitiam esse tipo de radiação são chamados radiativos ou que sofrem o decaimento radiativo (NOTO, OTTO, 2000, p.2).

Os trabalhos do casal Curie foram de muita importância na mudança de rumo que tomaria a radioatividade. A partir das primeiras observações de Marie Curie, em 1898, quando constatou que havia algum componente mais ativo que o urânio em seus minerais naturais, o casal isolou o rádio em 1902, após três anos de trabalhos exaustivos (HAHN, 1950, apud LIMA et al, 2011).

O impacto da descoberta do rádio e dos primeiros relatos sobre a natureza da radioatividade pode ser atestado pela concessão de diversos prêmios Nobel aos pioneiros que os estudaram (LIMA et al, 2011).

Massa e energia de ligação

As massas atômicas são frequentemente expressas em termos de excesso de massa

$$\Delta = M - A \text{ (excesso de massa),} \quad (1)$$

onde M é a massa real do átomo em unidades de massa atômica e A é o número de massa do núcleo do átomo. A energia de ligação de um núcleo é a diferença

$$\Delta E_{el} = \sum (mc^2) - M c^2 \text{ (energia de ligação).} \quad (2)$$

A massa M de um núcleo é menor que a massa total $\sum m$ das partículas que o compõem. Isso significa que a energia de repouso $M c^2$ de um núcleo é menor que a energia de repouso total (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.309).

Decaimento radioativo

A maioria dos núcleos conhecidos é radioativa. Os núcleos radioativos emitem espontaneamente uma ou mais partículas transformando-se em outro nuclídeo¹. O decaimento radioativo foi a primeira indicação de que as leis que governam o mundo subatômico são estatísticas. Considere por exemplo uma amostra de 1 mg de Urânio. A amostra contém $2,5 \times 10^{18}$ átomos de radionuclídeo de longa vida ^{238}U . Os átomos presentes na amostra foram criados em supernovas, provavelmente muito antes da formação do sistema solar. Em um segundo apenas, 12 dos núcleos presentes na amostra se desintegram emitindo uma partícula Alfa para se transformar em núcleos de ^{234}Th (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.312).

Embora seja impossível prever quais serão os núcleos a decair pode-se dizer que se uma amostra contém N núcleos radioativos a taxa de decaimento dos núcleos, $-dN/dt = \lambda N$ é proporcional a N :

$$\frac{-dN}{dt} = \lambda N, \quad (3)$$

onde λ , a constante de desintegração (ou constante de decaimento), tem um valor diferente para cada radionuclídeo. A unidade de λ no SI é o inverso do segundo (s^{-1}).

Para determinar N em função do tempo, separa-se as variáveis escrevendo,

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt, \quad (4)$$

E integrando ambos os membros, obtendo

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_{t_0}^t dt \quad (5)$$

ou

$$\ln N - \ln N_0 = -\lambda(t - t_0), \quad (6)$$

onde N_0 é o número de núcleos radioativos em um instante inicial arbitrário t_0 . Fazendo $t_0 = 0$ e transformando a diferença de logaritmos no logaritmo de uma fração, temos:

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t. \quad (7)$$

Tomando a exponencial de ambos os membros (a função exponencial é a função inversa do logaritmo natural), obtemos:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \quad (8)$$

ou

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ (decaimento radioativo)}. \quad (9)$$

Onde N_0 é o número de núcleos radioativos no instante $t = 0$ e N é o número de

¹ Espécie de átomo caracterizado pelo número de nêutrons em seu núcleo atômico e pelo número atômico.

núcleos que restam na amostra em um instante $t > 0$. Ao derivar a equação acima obtém-se:

$$R = R_0 e^{-\lambda t} \text{ (decaimento radioativo),} \quad (10)$$

que pode ser considerada uma forma alternativa da lei do decaimento radioativo. Sendo R a taxa de decaimento têm-se:

$$R = \lambda N, \quad (11)$$

onde R e N , o número de núcleos radioativos que ainda não decaíram devem ser calculados ou medidos para o mesmo valor de t (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.313).

A soma das taxas de decaimento R de todos os radionuclídeos presentes em uma amostra é chamada de atividade da amostra. A unidade de atividade no SI recebe o nome de becquerel em homenagem a Henri Becquerel, o descobridor da radioatividade:

$$1 \text{ becquerel} = 1 \text{ Bq} = 1 \text{ decaimento por segundo.}$$

Uma unidade mais antiga, o Curie, continua a ser usada até hoje:

$$1 \text{ curie} = 1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq.}$$

A atividade não leva em conta os radionuclídeos presentes (depois de funcionar durante algum tempo em um reator nuclear, uma barra de combustível contém uma grande variedade de nuclídeos radioativos), os valores das constantes de desintegração ou os produtos de decaimento (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.313).

Frequentemente uma amostra radioativa é colocada nas proximidades de um detector, que, por razões de geometria ou de falta de sensibilidade, não registra todas as desintegrações ocorridas na amostra. Nesse caso a leitura do detector é menor que a atividade da amostra, embora em muitos casos possa ser considerada proporcional atividade medidas desse tipo não são expressas em becquerels, e sim em contagem por unidade de tempo.

Existem duas medidas principais do tempo de sobrevivência de um tipo particular de radionuclídeo. Uma dessas medidas é a meia-vida $T_{1/2}$ de um radionuclídeo, que é o tempo necessário para que N e R caiam à metade do valor inicial; a outra metade é a vida média τ , que é o tempo necessário para que N e R caiam a $1/e$ do valor inicial (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.313).

Para determinar a relação entre $T_{1/2}$ e a constante de desintegração λ faz-se $R=R_0/2$ e substitui-se t por $T_{1/2}$, obtendo a seguinte equação:

$$\frac{1}{2} R_0 = R_0 e^{-\lambda T_{1/2}}. \quad (12)$$

Tomando o logaritmo natural de ambos os membros e explicitando $T_{1/2}$, obtemos:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}. \quad (13)$$

Da mesma forma, para relacionar τ a λ fazemos $R=R_0/e$ substituindo t por τ e

explicitando τ , obtendo:

$$\tau = \frac{1}{\lambda}. \quad (14)$$

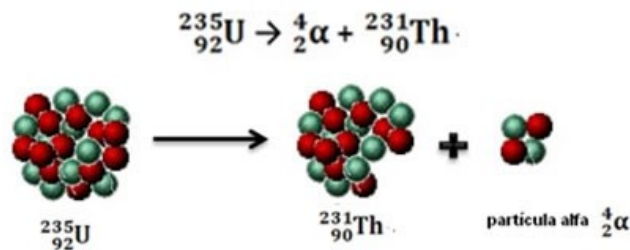
Esses resultados podem ser resumidos da seguinte forma:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2. \quad (15)$$

Decaimento Alfa

Quando um núcleo sofre um decaimento alfa, ele se transforma em um núcleo diferente, emitindo uma partícula alfa (um núcleo de hélio, ${}^4\text{He}$). Assim, por exemplo, quando um isótopo ${}^{235}\text{U}$ sofre um decaimento alfa, ele se transforma em ${}^{231}\text{Th}$, um isótopo tório, por meio da reação demonstrada na Figura 4 (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.308).

Figura 4 - Decaimento alfa



Fonte: <<https://sites.google.com/site/energianuclear235uranio/o-que-e-energianuclear?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>> Acesso em: 26 set. 2018.

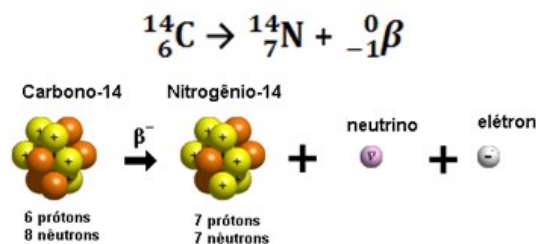
O número atômico do núcleo muda de 92 para 90, produzindo o tório, com massa atômica $235-4 = 231$. O decaimento alfa ocorre tipicamente em núcleos muito pesados, onde a repulsão eletrostática entre os prótons no núcleo é muito grande. Energia é liberada no decaimento alfa de um núcleo. Medidas cuidadosas mostram que a soma das massas do núcleo filho e a da partícula alfa é ligeiramente menor que a massa do núcleo pai. A famosa relação de Einstein, $E=mc^2$, que diz que a massa é equivalente a uma quantidade de energia explica o ocorrido, dizendo que a massa que desaparece no processo é convertida na energia cinética dos produtos da reação.

Decaimento Beta

² Átomos pertencentes ao mesmo elemento químico, ou seja, possuem o mesmo número atômico (Z), ou a mesma quantidade de prótons, mas se diferenciam pelo número de massa (A).

Partículas beta são partículas carregadas negativamente (elétrons) emitidas pelo núcleo. Como a massa do elétron é uma pequeníssima fração de uma unidade de massa atômica, a massa do núcleo que sofre decaimento beta é alterada somente por uma quantidade muito pequena. O número de massa do núcleo não é alterado. O núcleo não contém elétrons. O elétron emitido no decaimento beta corresponde à transmutação de um nêutron em um próton, dentro do núcleo. Neste processo é criado também uma outra partícula, o antineutrino, que não tendo carga e interagindo muito fracamente com a matéria, passa normalmente despercebido. No decaimento beta, o número de prótons no núcleo é aumentado de uma unidade, enquanto que o de nêutrons diminui de uma unidade. Por exemplo, o isótopo de carbono, o ^{14}C é instável e emite uma partícula beta, transmutando-se no isótopo estável de nitrogênio, o ^{14}N :

Figura 5- Decaimento beta



Fonte: < <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/emissao-beta.htm> > Acesso em: 26 set. 2018.

Decaimento Gama

A energia do movimento interno do núcleo é quantizada. Um núcleo típico apresenta um conjunto de níveis de energia, inclusive um estado fundamental (estado de mais baixa energia) e diversos estados excitados. Em razão da grande intensidade da interação nuclear, as energias de excitação nucleares são em geral da ordem de 1 MeV, em comparação com alguns eV para as energias dos níveis de energia atômicos. Nas transformações químicas e físicas comuns, em geral os núcleos permanecem em seus respectivos estados fundamentais. Quando um núcleo atinge um estado excitado, em decorrência de colisões com partículas com energias elevadas ou de uma transformação radioativa, ele pode decair para o estado fundamental por meio da emissão de fótons chamados de fótons de raios gama ou simplesmente raios gama, que possuem energias da ordem de 10 keV até 5 MeV. Esse processo é chamado de decaimento gama (YOUNG, H. D.; FREEDMANN, R. A., 2016,

p.427).

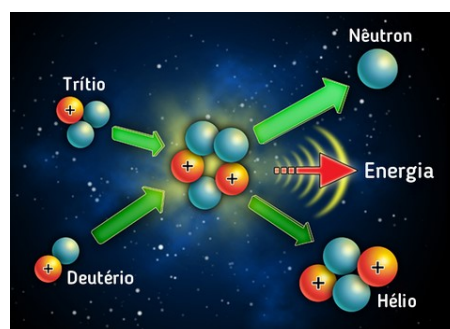
Por exemplo, as partículas alfa emitidas pelo ^{226}Ra têm duas energias cinéticas possíveis, uma de 4,784 MeV e outra de 4,602 MeV. Incluindo a energia de ligação de recuo do núcleo de ^{222}Rn resultante, as energias de ligação correspondentes são de 4,871 MeV e 4,685 MeV, respectivamente. Quando ocorre a emissão da partícula alfa com a menor energia, o núcleo de ^{222}Rn passa para um estado excitado. A seguir, ele decai para o estado fundamental emitindo um raio gama com energia (YOUNG, H. D.; FREEDMANN, R. A., 2016, p.427).

Fusão Nuclear

Existe um processo de liberação abundante de energia quando dois núcleos leves se combinam para formar um núcleo mais pesado, esse processo é conhecido como fusão nuclear. Em condições normais, o processo é impedido pela repulsão eletrostática entre os núcleos fortes, que impede que eles se aproximem o suficiente para que a interação predomine, promovendo a fusão. Enquanto o alcance da interação forte é muito pequeno, indo um pouco além da camada superficial dos núcleos, o alcance da força eletrostática é infinito, constituindo uma barreira de potencial (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.344).

Um exemplo importante de reações de fusão é o processo de produção de energia no Sol, e das bombas termonucleares. Em futuros reatores de fusão nuclear a reação entre dois diferentes isótopos de hidrogênio produzindo hélio deverá ser utilizada para produção abundante de energia (NOTO, OTTO, 2000, p.8).

Figura 6 - Fusão nuclear



Fonte: <<https://www.todamateria.com.br/fusao-nuclear/>>. Acesso em: 03 de out. 2018

Esta reação libera uma quantidade de energia mais de um milhão de vezes maior que a que temos em uma típica reação química, como a queima de gás de cozinha. Esta enorme

quantidade de energia é liberada nas reações de fusão porque quando dois núcleos leves se fundem, a massa do núcleo produzido é menor que a soma das massas dos núcleos iniciais. (NOTO, OTTO, 2000, p.8).

Se a temperatura no centro do Sol chegar novamente a cerca de 10^8 K, se iniciará novamente o processo de fusão, queimando hélio para produzir carbono. Quando uma estrela evolui e aumenta mais sua temperatura, outros elementos podem ser formados por outras reações de fusão. Na Terra, há abundância de elementos mais pesados que o hidrogênio e o hélio, o que sugere que nosso sistema solar se condensou a partir de uma nuvem interestelar que continha restos das explosões. Assim, todos os elementos à nossa volta, inclusive os que compõe o corpo humano foram produzidos no interior de estrelas que já não existem mais (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.343).

Fissão Nuclear

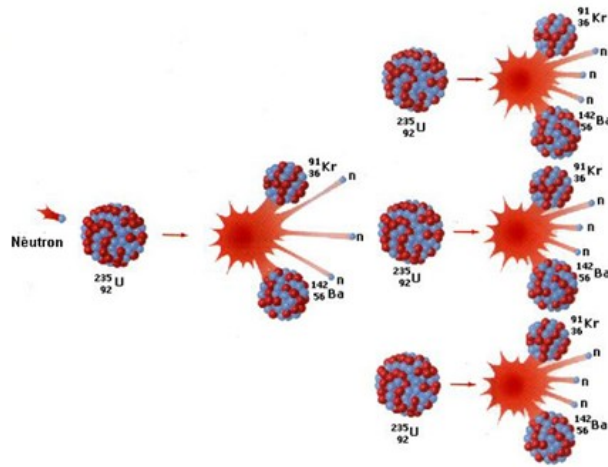
Em 1932, o físico inglês James Chadwick descobriu o nêutron. Após alguns anos, o físico italiano Enrico Fermi observou que, quando alguns elementos são bombardeados com nêutrons, outros elementos são produzidos. Fermi havia previsto que o nêutron, por não possuir carga elétrica, seria um projétil muito útil para estudar reações nucleares, já que não estaria sujeito a uma força de repulsão ao se aproximar do núcleo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.337).

No final da década de 1930, a física Lise Meitner e os químicos Otto Hahn e Fritz Strassmann, dando continuidade os trabalhos de Fermi e colaboradores, expuseram soluções de sais de urânio a nêutrons térmicos ³ e descobriram que alguns produtos dessa interação eram radioativos. Em 1939, um dos radionuclídeos foi identificado, o bário. Uma dúvida surgiu para Hahn e Strassmann, como que a reação de um nêutron com um elemento pesado do urânio pudesse produzir um elemento de massa moderada como o bário?

O enigma foi solucionado por Meitner e seu sobrinho Otto Frisch, o núcleo de urânio, depois de absorver um nêutron térmico, se dividia, com a liberação de energia, em dois fragmentos aproximadamente iguais, um dos quais era o bário. Frisch chamou o processo de fissão (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.337).

³ Após diversas colisões, a tendência do nêutron é de perder progressivamente praticamente toda a sua energia, entrando em equilíbrio térmico com o meio. A estes nêutrons que entraram em equilíbrio térmico com o meio dá-se o nome de nêutrons térmicos.

Figura 7- Ilustração do processo de Fissão Nuclear



Fonte: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/fissao-nuclear.htm>>. Acesso em: 03 de out. 2018

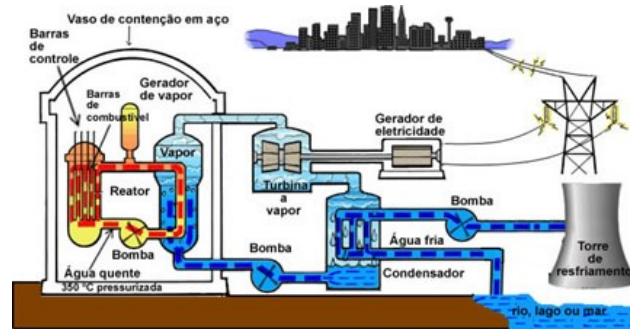
O papel importante de Meitner na descoberta da fissão foi conhecido apenas recentemente através de Pesquisas históricas. Ela não dividiu com Hahn o prêmio Nobel de química que o químico alemão recebeu em 1944 pela descoberta, mas um elemento foi batizado em sua homenagem, o meitnerio (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.337).

Energia Nuclear

Atualmente, o principal uso dado à energia nuclear é a geração de energia elétrica. As usinas de energia nuclear são responsáveis por fazer esse processo. Todas as usinas nucleares em produção usam a fissão nuclear, uma vez que a fusão nuclear, apesar de estar em desenvolvimento, atualmente é inviável (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.336).

A operação de uma usina de energia nuclear é idêntica à operação de uma usina de energia termoelétrica que opera com carvão, petróleo ou gás, exceto no fornecimento de calor para a água para converter este em vapor. Nos reatores nucleares, este processo de produção de calor é feito pelas reações de fissão dos átomos de combustível (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.340).

Figura 8 - Ilustração da operação de uma usina de energia nuclear



Fonte: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/reator-nuclear.htm>>. Acesso em: 03 de out. 2018

Do ponto de vista físico, observam-se várias mudanças de energia: inicialmente temos energia nuclear (que mantém os núcleos da coesão dos átomos), mais tarde, quando está quebrada, torna-se energia térmica. Parte da energia térmica é convertida em energia interna da água tornando-se vapor de acordo com os princípios da termodinâmica. A energia interna e a energia térmica da água são transformadas em energia cinética quando a turbina é atuada. Finalmente, o gerador converte a energia cinética em energia elétrica (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.342).

Para que o processo de fissão libere grande quantidade de energia, é preciso que um evento de fissão produza outros eventos, fazendo o processo se espalhar pelo combustível nuclear. O fato de que dois ou mais nêutrons são liberados em cada evento de fissão é essencial para ocorrer uma reação em cadeia, na qual cada nêutron produzido possa causar uma nova fissão. A reação pode ser explosiva ou controlada, como em um reator nuclear (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.342).

O princípio básico do desempenho de uma usina de energia nuclear é baseado na obtenção de energia térmica através da fissão nuclear do núcleo dos átomos do combustível. Essa energia térmica, já sendo vapor, será convertida em energia mecânica por uma turbina e, no final, essa energia mecânica será convertida em energia elétrica por um gerador. O reator nuclear é responsável por aumentar e manipular essa fissão atômica que gera muito calor. Com este calor, o reator converte água em vapor a alta temperatura e pressão (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.343). O vapor sai do edifício de contenção devido à alta pressão a que está sujeito, até atingir a turbina e o vapor faz girar a turbina. Neste momento, parte da energia térmica do vapor está sendo transformada em energia cinética. Esta turbina está conectada a um gerador elétrico pelo qual a energia cinética é transformada em energia elétrica (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.343).

Por outro lado, o vapor de água que saiu da turbina, embora tenha perdido energia calorífica, continua sendo em estado de gás e muito quente. Para reutilizar a água contida no vapor de água mencionado, é necessário refrigerá-lo antes de introduzir a água de volta ao circuito. Uma vez que está fora da turbina, o vapor passa para uma câmara de condensação onde esfria ao entrar em contato com oleodutos de água fria. O vapor de água torna-se líquido e usando uma bomba, a água é enviada de volta ao reator nuclear para que o ciclo possa começar de novo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.344).

É por isso que as plantas nucleares são sempre instaladas perto de um abundante abastecimento de água fria (mar, rio, lago) para levar esta água para a câmara de condensação. A coluna de fumaça branca que pode ser vista emergindo de algumas plantas é o vapor levantado quando este troca de calor (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.344)

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas, inicialmente, algumas considerações sobre as caracterizações da pesquisa, público alvo e as diretrizes dos documentos oficiais a respeito do ensino de Física. Posteriormente, são descritas as etapas da sequência didática e instrumentos de coleta dos dados.

3.1 Caracterizações da pesquisa

Após definir o problema da pesquisa e estabelecer os objetivos, optamos por uma pesquisa qualitativa, na perspectiva da investigação de Alves (1991), quando destaca que é importante valorizar a imersão do pesquisador no contexto, sempre interagindo com o sujeito. Sendo assim, “é compreensível que o foco de estudo vá sendo progressivamente ajustado durante a investigação e que os dados dela resultantes sejam predominantemente descritivos” (ALVES, 1991, p.55).

A pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

O interesse central de uma pesquisa qualitativa consiste na interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos e suas ações através da observação participativa. O pesquisador fica imerso no fenômeno de interesse, isto é, faz anotações, observações, registros e busca interpretações. Com isso, as hipóteses são geradas ao longo do processo de investigação (MOREIRA; ROSA, 2016).

De acordo com Bogdan e Biklen (1994, p. 67), na investigação qualitativa, “o objetivo principal do investigador é o de construir conhecimentos e não dar opinião sobre determinado contexto”. O intuito dessa pesquisa é a possibilidade de “gerar teoria, descrição ou compreensão”, busca-se compreender o processo por meio do qual os agentes entrevistados constroem significados sobre o tema a ser investigado.

Entre os autores que sistematizam sobre a prática da pesquisa qualitativa, é consenso que o papel do investigador “não consiste em modificar pontos de vista” do entrevistado; mas, antes, compreender os pontos de vista dos sujeitos e as razões que os levam assumi-las e praticá-las. (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 138). “Na investigação qualitativa em educação, o investigador comporta-se mais de acordo com o viajante que não planeja do que com aquele que o faz meticulosamente” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 83).

O grupo alvo da pesquisa consiste de uma turma da segunda série do ensino médio,

turno diurno, composta por sujeitos de diferentes classes sociais e formação escolar básica diferenciada.

Os sujeitos da pesquisa serão os alunos de uma turma de 2ª série do Ensino Médio do Colégio Estadual José Francisco de Salles, situado no bairro do IPS na periferia da cidade de Campos dos Goytacazes – RJ, onde a autora leciona desde 2014. Os sujeitos serão submetidos a um ensino por meio da SEI ao longo de um bimestre letivo.

Os PCNs para o Ensino Médio, a BNCC e o Currículo Mínimo Estadual do Rio de Janeiro, orientam a escolha dos conteúdos.

De acordo com a BNCC de Ciências Naturais:

No Ensino Médio, a área deve, portanto, se comprometer, assim como as demais, com a formação dos jovens para o enfrentamento dos desafios da contemporaneidade, na direção da educação integral e da formação cidadã. Os estudantes, com maior vivência e maturidade, têm condições para aprofundar o exercício do pensamento crítico, realizar novas leituras do mundo, com base em modelos abstratos, e tomar decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema (BRASIL, 2016, p.537).

Para os PCN, a Física no ensino médio ganhou novos sentidos:

Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do ensino médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem (BRASIL, 2002, p. 59).

As Orientações Curriculares sugerem um conjunto de competências a serem alcançadas para a área de ciências. Sendo que, todas estão relacionadas a três grandes competências: de representação e comunicação; de investigação e compreensão; e de contextualização sociocultural. Além disso, espera-se com o ensino da Física dois principais aspectos: a Física como cultura e a Física como possibilidade de compreensão do mundo (BRASIL, 2002, p. 59).

Já, os PCN salientam que a Física deve apresentar-se “como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos” (BRASIL, 2002, p. 59).

No que diz respeito aos fenômenos relacionados a matéria e radiação, os PCN+

afirmam que introduzir esses assuntos no ensino médio, tem como objetivo promover nos jovens condições de avaliar os riscos e benefícios decorrentes da utilização de diferentes radiações, bem como compreender os recursos de diagnósticos médicos (radiografias, tomografias, etc). Além de serem capazes de entender os problemas relacionados a utilização da energia nuclear (BRASIL, 2002, p. 77).

Para se alcançar as competências necessárias para o ensino da Energia Nuclear, faz-se necessário, dentre outros requisitos: a compreensão das transformações nucleares que dão origem à radioatividade; o conhecimento da natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares, com o intuito de para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina; e também saber avaliar os efeitos biológicos e ambientais, assim como medidas de proteção, da radioatividade e radiações ionizantes (BRASIL, 2002, p. 78).

Em concordância aos PCN+, no que permeia ao estudo da Energia Nuclear, o Currículo Mínimo Estadual do Rio de Janeiro prioriza exatamente os fenômenos que ajudam a compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos (RIO DE JANEIRO, 2012, p. 2).

Sendo assim, buscou-se na confecção do Produto Educacional, levar em conta os aspectos citados, na construção de um material que dialogue com o contexto diário dos alunos e também que possibilite um caráter humano/social da Física.

3.2 As Sequências de Ensino Investigativas

A presente sequência tem como proposta a aplicação de dois ciclos de SEI, idealizadas como uma alternativa eficaz para a construção do conhecimento acerca da Radioatividade. O produto educacional se baseou em buscar estratégias facilitadoras da aprendizagem por meio da utilização de experimentos, textos, vídeos, uso da história da ciência, etc.

No primeiro ciclo da SEI foram abordados conteúdos que envolvem os conhecimentos da natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso na medicina. Já o segundo ciclo da SEI abarca os conteúdos relacionados a produção e uso da energia nuclear e suas implicações na natureza.

As intencionalidades pedagógicas com base nos eixos da AC (SASSERON, 2011), os recursos didáticos e a descrição de cada etapa estão relacionados a seguir nos Quadros 8 e 9.

Quadro 8 - Resumo do primeiro ciclo da SEI

(continua)

Etapas da SEI	Intencionalidades Pedagógicas	Recurso Didático	Descrição
Problematização inicial	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Experimento e discussão	No primeiro momento a turma será dividida em grupos. Em seguida será realizada a demonstração investigativa do experimento de Becquerel. Após a demonstração, cada grupo deve responder a questão na tentativa de explicar o que ocorreu no experimento. *Link experimento: < https://www.youtube.com/watch?v=e mMEczxdz5I >
Sistematização do conhecimento	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Leitura, questões e discussão	Os alunos receberão um texto “O experimento de Becquerel”. Ao final do texto terão que responder uma questão e discutir as respostas com a classe.
Sistematização do conhecimento	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Vídeo e slide	Os alunos assistirão a um vídeo que explica o experimento de Rutherford e as partículas alfa, beta e gama. Após o vídeo o professor deve iniciar as discussões pontuando os conceitos mais relevantes em uma aula expositiva e dialogada. *Link do vídeo: < https://www.youtube.com/watch?v=JRhc7v6SN5g&t=4s >
Sistematização do conhecimento	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Experimento e gráficos	Após breve explicação sobre conceitos de decaimento radioativo e meia vida, o professor deve separar a turma em grupos para realizar atividade experimental do fenômeno do decaimento radioativo por meio de uma analogia utilizando moedas.
Contextualização social	Entendimento das relações existentes entre ciências, tecnologia, sociedade e meio	Visita técnica	Os alunos serão levados a uma clínica que realiza diagnósticos e, separados em grupos, terão que realizar perguntas para uma entrevista

	ambiente (Eixo III).		gravada que será apresentada a toda turma.
Avaliação	Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática (Eixo II).	Computador e projetor.	Será levantada uma discussão sobre os conceitos vistos nas aulas anteriores. Os alunos irão produzir um painel onde explicarão tais conceitos.

Fonte: Elaboração própria

É importante ressaltar, que como dito no capítulo 2, uma SEI deve seguir etapas para o seu desenvolvimento: o problema, sistematização do conteúdo, contextualização social do conhecimento e atividade de avaliação (CARVALHO, 2013)

Quadro 9 - Resumo do segundo ciclo da SEI

Etapas da SEI	Intencionalidades Pedagógicas	Recurso Didático	Descrição
Problematização inicial	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Experimento, slide e discussão	Demonstração investigativa com experimento das ratoeiras para explicação dos processos de fissão nuclear.
Sistematização do conhecimento	Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática (Eixo II).	Vídeo e discussão	Os alunos assistirão um vídeo “Entramos na usina nuclear de Angra!!! #Boravê”. Ao final do vídeo terão uma aula expositiva e dialogada.
Contextualização social	Entendimento das relações existente entre ciências, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Eixo III).	Análise textual e discussão	Os alunos irão analisar os conceitos físicos presentes em reportagens sobre acidentes nucleares encontrados em revistas eletrônicas.
Avaliação	Entendimento das relações existente entre ciências, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Eixo III).	Atividade em grupo	Mitos e verdades sobre a energia nuclear – Os alunos serão questionados pelo professor e terão que responder se é mito ou verdade.

Fonte: Elaboração própria

3.3 Instrumentos e análise de dados

A sequência analisada nesta pesquisa baseia-se no ensino por investigação e apresentam as seguintes etapas: o engajamento em perguntas de orientação científica; a utilização de evidências para responder às questões; a formulação de explicações a partir das evidências; a avaliação dessas explicações, especialmente as científicas, e a justificação e a comunicação das explicações propostas.

Esta SEI fora aplicada em dez encontros com cada um com 2 horas/aulas totalizando vinte horas/aulas, correspondente a um bimestre, tendo início no segundo bimestre e sendo finalizado no terceiro bimestre do ano letivo de 2019.

Desta forma, os instrumentos a serem utilizados para a coleta de dados na presente pesquisa foram a observação participativa, registrando em cada momento da aplicação os fatores e as evidências mais relevantes. Além disso, tem-se a avaliação das atividades realizadas ao longo do processo, na qual, os alunos estavam sendo avaliados em cada etapa da aplicação, nas questões, nos textos, em toda atividade e participação.

O método de análise de dados utilizado nesta pesquisa foi a Análise Textual Discursiva (MORAES, 2003; MORAES E GALAZZI 2006).

A Análise Textual Discursiva (ATD) se caracteriza como “uma abordagem de análise de dados que transita entre duas formas consagradas de análise de pesquisa qualitativa, que são a análise de conteúdo e análise de discurso (MORAES e GALIAZZI, 2006, p. 118)”.

A ATD propicia duas reconstruções simultâneas: “1. do entendimento de ciência e de seus caminhos de produção; 2. do objeto da pesquisa e de sua compreensão” (MORAES; GALAZZI, 2006, p. 118). Assim, a análise textual discursiva cria espaços de reconstrução, envolvendo diversificados elementos, especialmente a compreensão dos modos de produção da ciência e reconstruções de significados dos fenômenos investigados.

A primeira etapa da ATD é a unitarização, que caracteriza-se por uma leitura cuidadosa e aprofundada dos dados e de separação das unidades significativas. Segundo Moraes e Galiuzzi (2006, p. 132), os dados são “recortados, pulverizados, desconstruídos, sempre a partir das capacidades interpretativas do pesquisador”. Nesta fase, uma condição necessária é o estabelecimento de uma relação íntima e aprofundada do pesquisador com seus dados. É o momento em que o pesquisador olha de várias maneiras para os dados, descrevendo-os incessantemente; constrói várias interpretações para um mesmo registro escrito, e a partir desses procedimentos, surgem as unidades de significados.

A segunda fase, a categorização, caracteriza-se por um “processo de comparação

constante entre as unidades definidas no processo inicial de análise, levando ao agrupamento de elementos semelhantes (MORAES, 2003, p. 197)”. De acordo com algum critério, em razão dos objetivos do trabalho, constroem-se as categorias por meio dos elementos semelhantes, sendo que a todo o momento elas podem ser modificadas e reorganizadas num processo em espiral.

O processo de desenvolvimento da ATD resulta na produção de metatextos que exploram as categorias finais oriundas do processo de análise. A elaboração dos metatextos é característica central do processo de desenvolvimento desta metodologia, possibilitando o pesquisador a exercitar a prática da escrita (PEDRUZZI et al, 2015). Conforme afirmam os autores dessa metodologia de análise de informações:

A Análise Textual Discursiva pode ser caracterizada como exercício de produção de metatextos, a partir de um conjunto de textos. Nesse processo constroem-se estruturas de categorias, que ao serem transformadas em textos, encaminham descrições e interpretações capazes de apresentarem novos modos de compreender os fenômenos investigados (MORAES; GALIAZZI, 2007, p. 89).

O metatexto precisa ser constantemente aperfeiçoado e reorganizado, já que se trata de um processo de escrita, exige uma permanente reconsideração em relação à sua estrutura e seus argumentos (PEDRUZZI et al, 2015).

A análise de dados foi realizada pautando-se nos eixos estruturantes da AC denominados de i) compreensão básica de termos, conhecimentos científicos fundamentais; ii) compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; e iii) entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (SASSERON, CARVALHO, 2008).

4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Este item refere-se à descrição das etapas do produto educacional. Cada etapa corresponde a uma etapa da SEI, cujo conjunto pode ser chamado de roteiro do produto. Pode englobar uma aula ou duas de 50 min.

O produto educacional foi pensado sob a ótica de posturas didáticas ativas, em específico, a SEI (CARVALHO, 2013).

4.1 Roteiro do Produto

1º Momento de investigação (2h/aula): Problematização Inicial – Uma atividade de conhecimento físico: O experimento de Becquerel

Nesta atividade, foi realizada uma demonstração investigativa envolvendo uma simulação de experimento radioativo – o experimento de Becquerel (Figura 9). Nesta etapa, o professor tem papel de propor um problema e testar as hipóteses dos alunos e questioná-los sobre novas idéias, possibilitando que eles percebam outras variáveis.

Figura 9- Experimento de Becquerel



Fonte: Disponível em < <http://www.pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/radioatividade-atraves-de-experimentos-o-experimento-de-becquerel/5577>> Acesso em: 09 out. 2018.

Com os alunos separados em grupo e com o experimento montado, o professor deve lançar o problema inicial aos alunos e dar tempo para que eles discutam entre si e escrevam suas hipóteses: *O que você acha que vai acontecer quando iluminamos o sabão em pó, a água tônica e a carga da caneta marca texto com luz ultravioleta?*

Após a demonstração, ainda separados em grupos, os alunos podem discutir o que ocorreu no experimento, tentando responder ao segundo problema: *Por que esse fenômeno ocorre?* Espera-se que os alunos consigam relacionar o fenômeno com a radioatividade.

Os alunos devem descrever o experimento demonstrado e relatar suas hipóteses em forma de texto e entregar ao professor. Resolvido o problema, a sala será organizada em forma de círculo e devem-se discutir as respostas obtidas.

A fim de chegar a uma explicação científica para o fenômeno, introduz-se o 2º momento (atividade de sistematização) que pode ser usada para retomar o problema, garantindo que os alunos aprendam o conteúdo.

2º Momento de investigação (2h/aula): Sistematização dos conhecimentos – leitura e discussão do texto: “Becquerel descobriu a radiação”

Nesse momento, será iniciada a aula distribuindo o texto “Becquerel descobriu a radiação?” (Apêndice A) e em seguida será solicitado que os alunos façam a leitura do mesmo. Após a leitura do texto os alunos devem voltar formação de grupos da aula anterior (formação essa que será levada em todas as etapas da SEI) e iniciar a discussão para responderem a questão propostas: *“É comum ler em livros que Becquerel descobriu a radioatividade, mas não foi bem isso que aconteceu. Em seus experimentos, Becquerel percebeu que sais de urânio (que foi escolhido por ser luminescente) marcavam filmes fotográficos tanto expostos ao Sol, quanto dentro de uma gaveta escura, ele não conseguiu explicar o que havia ocorrido naquele momento. O trabalho do casal Curie e Rutherford foi fundamental para a compreensão do fenômeno da radioatividade. Qual é a relação entre o fenômeno de luminescência e a radioatividade? E quais foram às principais contribuições que o casal Curie e Rutherford deram para a radioatividade?”*

Esta questão tem como objetivo proporcionar a participação do aluno de modo que ele comece a produzir seu conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e fazer. Espera-se que com a leitura do texto o aluno consiga relacionar a demonstração do primeiro momento com a história acerca do fenômeno.

Em seguida, deve-se organizar a turma em círculo a fim de dar início a uma dinâmica de grupo para fins de relato do que foi apreendido de conhecimento e para que os estudantes relatem como chegaram às respostas. Com essa dinâmica, espera-se que muitos consigam reformular as respostas que foram dadas aos questionamentos iniciais relacionados as observações do 1º momento.

3º Momento de investigação (2h/aula): Sistematização dos conhecimentos – vídeos e discussão

Com o objetivo de sistematizar o conceito de radiação e radioatividade, visando garantir que os alunos aprendam o conteúdo, será iniciado o 3º momento, com a apresentação de um vídeo “Radioatividade: Radiações alfa, beta e gama”.

Figura 10- Vídeo: Radiações alfa, beta e gama



Radioatividade: Radiações Alfa, Beta e Gama

Fonte: disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JRhc7v6SN5g&t=9s>Acesso em: 24 out. 2018.

O professor deve iniciar a aula organizando a classe para assistirem ao vídeo, que busca sistematizar a discussão ocorrida na aula anterior, trazendo informações de diferentes tipos de radiação, suas características e suas utilizações. Em seguida, o professor deve iniciar uma aula expositiva e dialogada com apresentação de slides abordando os conceitos de radiações ionizantes e não-ionizantes, explicando suas causas e efeitos, além de demonstrar o que é radioatividade e como calcular o decaimento radioativo e meia-vida.

Após a apresentação do vídeo e slide, o professor deve iniciar as discussões com toda classe sobre as informações coletadas, os alunos devem ser levados a pensar onde as radiações apresentadas no vídeo são utilizadas.

4º Momento de investigação (2h/aula): Sistematização dos conhecimentos – Experimentação: análise de dados e gráficos

Neste momento, o professor deve iniciar a aula discutindo sobre conceitos de decaimento radioativo e meia vida. Após a breve explicação, o professor deve separar a turma em grupos e distribuir entre eles uma caixa de sapato e um saquinho com algumas moedas (no mínimo 10 moedas). Nessa atividade os alunos deverão observar o fenômeno do decaimento radioativo por meio de uma analogia utilizando moedas.

Nesta atividade cada moeda representará um átomo instável de um determinado elemento químico. A atividade deve ser repetida três vezes e os dados coletados deverão ser utilizados para preencher a tabela sugerida e, depois, gerar um único gráfico representando as três curvas obtidas a partir dos valores da tabela.

Cada grupo deverá colocar suas moedas no interior da caixa e então fechá-la. O professor deve explicar aos alunos que as moedas representam átomos instáveis e a caixa é o corpo que contém esses “átomos”.

A caixa deve ser agitada de forma que as moedas em seu interior possam ficar de forma aleatória com as faces “cara” ou “coroa” para cima. Cada agitação da caixa representará um período de meia-vida do elemento químico que está sendo representado pelas moedas.

Após cada evento de meia-vida, ou seja, após ter agitado a caixa, a tampa deve ser aberta e o grupo deve retirar as moedas que tiverem a face “cara” (número) voltada para cima. Essas moedas representam simbolicamente os átomos que sofrem decaimento transformando-se em outro elemento químico. A quantidade de moedas restante na caixa deve ser contada e anotada na tabela anexa (Figura 11).

Figura 11 - Simulação de decaimento radioativo. Cada evento representa um tempo de meia-vida.

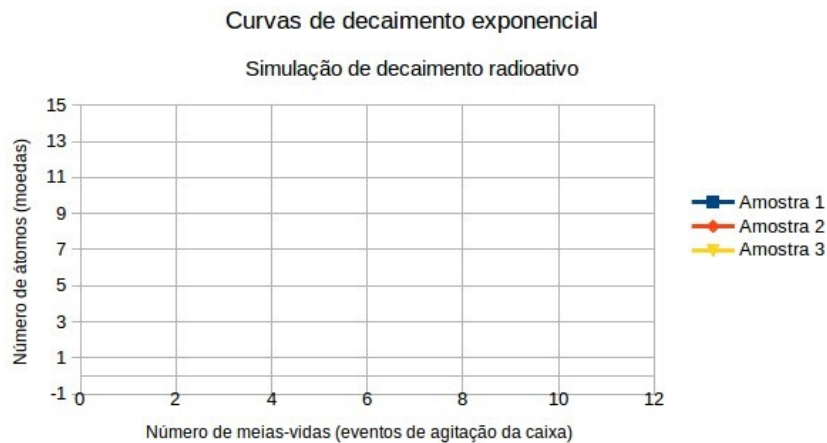
Meia-vida	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Fonte: Elaboração própria

O experimento com a amostra 1 termina quando atingir-se a 12^a meia-vida (12 agitações da caixa) ou quando não restarem mais moedas com a face coroa para cima. As moedas devem então ser recolocadas na caixa para a repetição do experimento com a segunda amostra. Idem para a terceira amostra.

Depois de feita a experimentação para as três amostras, os valores da tabela devem ser utilizados para a construção de um gráfico (Figura 12) como o que é mostrado abaixo. Neste gráfico, cada amostra deve ter seus valores anotados com uma cor diferente.

Figura 12 - Exemplo gráfico



Fonte: disponível em: https://www.institutonetclaroembratel.org.br/educacao/wpcontent/uploads/sites/2/2013/11/Roteiro_experimentacao_Decaimento.doc Acesso em: 14 out. 2018.

Como o tipo de gráfico obtido irá apresentar uma curva decrescente que, no entanto, nunca chega a tocar o eixo horizontal. O professor deve questionar os alunos a fim de iniciar uma discussão: O que isso significa em termos de desintegração radioativa de um material real? É esperado que os alunos entendam como o fenômeno ocorre e quais as suas causas e implicações.

Ao final da aula, os alunos receberão uma apostila “Aplicações da energia nuclear” como leitura extraclasse para dar continuidade ao próximo momento.

5º Momento de investigação (2h/aula): Contextualização Social – Visita técnica: Onde a Física e a Medicina se encontram

Esta atividade tem como objetivo integrar os conhecimentos até então estudados sobre às radiações com o reconhecimento de sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos. Para isso, os alunos serão levados a uma visita técnica em uma clínica “Cintilog Diagnósticos” especializada em exames com cintilografia, situada na cidade de Campos dos Goytacazes.

A “Cintilog Diagnósticos” é referência em Medicina Nuclear na região e a visita técnica será guiada pela médica responsável Dra. Cintia Carvalho Ribeiro Gonçalves (CRM

5261202-9 RJ). A clínica conta com quinze tipos de exames, desses quinze serão selecionados 6 exames, que serão sorteados entre os grupos. Cada grupo ficará responsável por fazer os questionamentos e deverão entrevistar a médica responsável com perguntas elaboradas por pelo próprio grupo, buscando explicar como os procedimentos são realizados.

As entrevistas poderão ser filmadas ou escritas, de acordo com a escolha dos grupos. A apresentação dos resultados será realizada na aula seguinte.

6º Momento de investigação (2 h/aula): Avaliação: divulgação do conhecimento

Para fechar o primeiro ciclo da SEI, será realizada uma atividade de avaliação formativa, que tem como objetivo confirmar se os alunos estão ou não aprendendo o conteúdo. No início da aula, cada grupo terá 10 minutos para apresentar as entrevistas realizadas na visita técnica a clínica “Cintilog Diagnósticos”.

Após as apresentações, o professor irá distribuir cartolinas, lápis de cor e hidrocores. O professor deve pedir que cada grupo construa um cartaz explicando “*O que é a radioatividade e onde ela pode ser aplicada*”.

O professor deve deixar os alunos livres para construir os cartazes, e explicar que eles também podem fazer desenhos.

Ao terminarem a confecção dos cartazes, os mesmos ficarão expostos na sala de aula.

7º Momento de investigação (2h/aula): Problematização inicial – Uma atividade de conhecimento físico: O experimento das ratoeiras

Para dar início ao segundo ciclo da SEI, será realizado o 7º momento, o professor irá realizar uma demonstração investigativa do experimento de simulação de reação em cadeia – Experimento da ratoeira, como mostra a Figura 13.

Figura 13 - Experimento de demonstração de reação em cadeia



Fonte: disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/4434/2/Suami%20Jo%C3%A3o%20Martins%20Ramos%20-%20Produto%20Final.pdf>. Acesso em: 28 out. 2018.

Antes da demonstração, os alunos serão indagados do que ocorre quando um nêutron (bolinha) se choca com um átomo de urânio a altas velocidades: *O que você acredita que vai acontecer quando soltar uma bolina aqui?* Os alunos devem então fazer um texto explicando o processo observado.

Para dar continuidade, será iniciada uma aula expositiva e dialogada sobre os conceitos de fissão nuclear, reação em cadeia e fusão nuclear e suas aplicações, com a finalidade de esclarecer as dúvidas sobre o fenômeno observado durante a simulação.

8º Momento de investigação (2h/aula): Sistematização dos conhecimentos - Leitura e discussão do texto: usinas nucleares

Nesse momento, será iniciada a aula com a organização da sala para assistirem a um vídeo de uma visita técnica na usina nuclear de Angra (disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZsR-2zkEwCM&t=1114s>>), buscando sistematizar os conteúdos e despertar a curiosidade dos alunos.

Em seguida, deve-se organizar a turma em círculo a fim de dar início a uma dinâmica de grupo para fins de relato do que foi apreendido de conhecimento, retomando os conteúdos de fissão nuclear e reação em cadeia estudados na aula anterior, além de dar ênfase em questões como o combustível utilizado na usina, medidas de contenção da reação em cadeia e descarte de lixo nuclear.

9º Momento de investigação (2h/aula): Contextualização Social – leitura e discussão: Os problemas da energia nuclear

Esta atividade tem como objetivo analisar os conceitos físicos presentes em reportagens sobre acidentes nucleares encontrados em revistas eletrônicas. Através da leitura dessas reportagens busca-se a tomada de consciência para a construção do conhecimento. Nesta etapa é que se realiza o aprofundamento do conteúdo, onde se observa a aplicação do conteúdo em um contexto social.

O professor deve distribuir entre os grupos, reportagens que abordem assuntos como as bombas atômicas; acidente de Chernobyl; acidente do Césio 137 em Goiânia; e o acidente de Fukushima. Pedir para os grupos lerem os textos distribuídos. Após este momento, organizar a turma em círculo e realizar uma discussão sobre os conceitos encontrados.

10º Momento de investigação (2h/aula): Avaliação – discussão: Mitos e verdades sobre a energia nuclear

Para finalizar este ciclo, será realizada uma atividade de avaliação com um “*Quiz*” sobre “*Os mitos e verdades sobre a energia nuclear*”.

Para iniciar a atividade, o professor deve organizar a turma em grupos e arrumar a sala em vários círculos (de acordo com o número de grupos) e distribuir para cada grupo duas placas, uma escrita mito e a outra verdade e lançar o tema da atividade: “Mitos e verdades sobre a energia nuclear” .

A dinâmica da atividade se dará da seguinte maneira: o professor fará 10 perguntas e cada uma delas valerá 1 ponto; depois que o professor fizer a pergunta, os grupos terão 1 minuto para discutirem e passado esse tempo devem levantar a plaquinha com a resposta; o professor deve anotar no quadro a resposta de cada grupo como no exemplo da Figura 14; antes de contar a pontuação de cada grupo, o professor deve questionar os alunos sobre as respostas explicando se realmente é mito ou verdade; para finalizar a atividade o professor deve contar a pontuação de cada grupo e definir o vencedor.

Figura 14- tabela de pontuação

MITOS E VERDADES SOBRA A ENERGIA NUCLEAR

GRUPO 1

	MITO	VERDADE
1.		
2.		
3.		
4.		
:		
10		

Total de pontos:

GRUPO 2

	MITO	VERDADE
1.		
2.		
3.		
4.		
:		
10		

Total de pontos:

GRUPO 3

	MITO	VERDADE
1.		
2.		
3.		
4.		
:		
10		

Total de pontos:

GRUPO 4

	MITO	VERDADE
1.		
2.		
3.		
4.		
:		
10		

Total de pontos:

Fonte: Elaboração própria

5 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO

A implementação em sala de aula do produto educacional ocorreu no ano letivo de 2019, entre os meses de maio e julho, englobando 8 semanas de aula, referentes ao 2º bimestre, em uma turma de segunda série do Ensino Médio diurno da Escola Estadual José Francisco de Salles, localizada no município de Campos dos Goytacazes – RJ. A turma era composta por 22 alunos.

Inicialmente houve um momento de conscientização quanto à importância do trabalho a ser desenvolvido, não só quanto ao docente, em função da dissertação em elaboração, como também quanto à participação discente como avaliados e avaliadores da proposta. Foi posto em pauta o engajamento cognitivo e afetivo de todos para que os objetivos desejados fossem alcançados.

O produto educacional da proposta divide-se em dez etapas investigativas, etapas estas que foram estruturadas numa perspectiva do ensino por investigação, utilizando as Sequências de Ensino Investigativas (SEI), propostas por Carvalho (2013), nas quais os alunos desenvolvem as atividades em grupos, sem a atuação direta do docente. Os grupos foram identificados por letras (A, B, C e D). O principal foco da investigação era a possibilidade de desenvolver o ensino de Física de forma contextualizada, problematizadora e com atividades diversificadas que pudessem fazer sentido na vida do aluno, buscando facilitar o aprendizado e contribuir para uma Alfabetização Científica.

5.1 Primeiro Ciclo – Onde a física e a medicina se encontram

A primeira etapa proposta no produto educacional foi a **Problematização inicial**, que pretendia iniciar o estudo sobre a radiação com uma demonstração investigativa de simulação de um experimento radioativo (Experimento de Becquerel) e perguntas sobre as concepções prévias dos alunos do que ocorreria durante o experimento. No primeiro momento, foram organizados os grupos de trabalho, os mesmos até o final da aplicação da sequência. Foram divididos quatro grupos (dois com seis alunos e os outros dois com cinco alunos).

Depois de organizados, iniciou-se a demonstração do experimento. Foi posto sobre a mesa: uma luminária com a luz negra, três béqueres, um frasco com sabão em pó, um lata de água tônica e uma caneta marca texto, conforme Figura 15. Após esse momento, foi distribuída entre os grupos uma ficha com duas perguntas, uma para responderem antes da demonstração e outra após observarem o fenômeno.

Figura 15- Aparato experimental



Fonte: Elaboração própria

Em seguida, os alunos foram indagados com a seguinte pergunta: “O que vocês acham que vai acontecer quando iluminarmos o sabão em pó, a água tônica e a carga de caneta marca texto com luz ultravioleta?”. Foi dado aos alunos 10 minutos para discutirem entre si e anotar a resposta. Passado esse tempo, a professora questionou cada grupo sobre suas respostas.

De uma maneira geral, os alunos associaram o que poderia acontecer com as substâncias a alguma forma de “energia” emitida pela luz.

Depois da breve discussão, acendeu-se a lâmpada e fez-se a segunda pergunta: “Por que esse fenômeno ocorreu?”. Depois da demonstração os alunos tiveram 10 minutos para discutir o porquê o fenômeno ocorreu e escrever sua resposta na folha, conforme Figura 16.

Figura 16 - Demonstração investigativa: experimento de Becquerel



Fonte: Elaboração própria

Depois de discutirem entre si o experimento demonstrado e relatar suas hipóteses, foram recolhidas as folhas e discutiu-se as respostas obtidas na segunda etapa. Pode-se perceber que os integrantes dos grupos A e D discordaram entre si sobre a resposta colocada na folha. Os grupos B e C demonstraram estar em concordância entre si e com as respostas colocadas na folha.

Em continuidade a aplicação da SEI, a segunda etapa aplicada foi a **Sistematização dos conhecimentos**, iniciou-se com a distribuição de um texto de cunho histórico “Becquerel descobriu a radiação?”, em seguida foi realizada a leitura do texto com os alunos, na tentativa de levá-los a refletirem e reverem suas ideias a respeito dos conceitos abordados. Após a leitura, que durou cerca de 5 minutos, foram distribuídas entre os grupos uma atividade para discutirem e responderem a seguinte questão: “É comum ler em livros que Becquerel descobriu a radioatividade, mas não foi bem isso que aconteceu. Em seus experimentos, Becquerel percebeu que sais de urânio (que foi escolhido por ser luminescente) marcavam filmes fotográficos tanto expostos ao Sol, quanto dentro de uma gaveta escura, ele não conseguiu explicar o que havia ocorrido naquele momento. O trabalho do casal Curie e Rutherford foram fundamentais para a compreensão do fenômeno da radioatividade. Qual é a relação entre o fenômeno de luminescência e a radioatividade? E quais foram às principais contribuições que o casal Curie e Rutherford deram para a radioatividade?”.

Esta questão tinha como objetivo proporcionar a participação do aluno de modo que o mesmo começasse a produzir seu conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e fazer. Era esperado que com a leitura do texto o aluno conseguisse relacionar a demonstração do primeiro momento com a história acerca do fenômeno.

Os alunos tiveram 15 minutos para discutir e responder a questão, passado esse tempo foi recolhida a atividade e iniciou-se a uma dinâmica com todos os grupos para fins de relato do que foi apreendido de conhecimento, e os estudantes foram solicitados a relatarem como chegaram às respostas.

Os grupos demonstraram ter entendido a existência de uma relação entre a luminescência e a radioatividade, para eles a relação entre os fenômenos é a necessidade de ter “um complemento para ter seu efeito” (grupo D) e que esse complemento seria a “luz” (grupos A e C). Somente o grupo B discordou dessa relação.

As respostas acerca das contribuições do casal Curie e Rutherford para a radioatividade foram as mesmas, todos concordaram que o trabalho desses cientistas foram de fundamentais para o desenvolvimento dos estudos sobre a radioatividade.

Em continuidade a **Sistematização dos conhecimentos**, no segundo dia de aplicação da SEI, a turma foi organizada em forma de U (Figura 17) para dar início a terceira etapa. Esta etapa foi organizada com o objetivo de sistematizar os conceitos de radiação e radioatividade, visando garantir que os alunos aprendam o conteúdo.

Figura 17 - Apresentação de vídeo e slide



Fonte: Elaboração própria

Nesta aula, foi apresentado o conteúdo proposto, buscando sistematizar os conteúdos e aguçar a curiosidade dos alunos. Para isso foi exibido “Radioatividade: Radiação alfa, beta e gama”. A Figura 18 traz a tela capturada do vídeo.

Figura 18 – Print screen da tela do vídeo: Radiações alfa, beta e gama



Radioatividade: Radiações Alfa, Beta e Gama

Fonte: disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JRhc7v6SN5g&t=9s>. Acesso em: 24 out. 2018.

Em seguida foi ministrada uma aula expositiva com apresentação de slides abordando os conceitos de radiações ionizantes e não-ionizantes, explicando suas causas e efeitos, além de demonstrar o que é radioatividade e como calcular o decaimento radioativo e meia-vida.

Após a apresentação do vídeo e apresentação de slides, iniciaram-se as discussões com toda classe sobre as informações coletadas, os alunos foram questionados a responder onde as radiações são utilizadas, onde são encontradas e quais são suas possíveis aplicações.

Os alunos se demonstraram curiosos e um tanto surpresos de perceber que nem toda radiação é nociva ao ser humano. Durante as discussões surgiram perguntas de tipo: “Se a luz da lâmpada é radiação ela causa câncer?” (integrante do grupo A); “Dizem que todo radiologista tem câncer depois de alguns anos, é verdade?” (integrante do grupo C); “Mas essa radiação gama tem alguma coisa boa?”.

Ao iniciar a explicação do decaimento radioativo e meia-vida, pode-se perceber uma certa insatisfação por parte de alguns alunos, que disseram coisas do tipo “não gosto de matemática”, “chegou a parte chata”. Contudo, ao iniciar a explicação dos exemplos, eles demonstraram entendimento e até facilidade no raciocínio. Os exemplos envolviam aplicações na medicina e foram pensados para dar base aos próximos passos da sequência.

Para dar continuidade a **Sistematização dos conhecimentos**, foi iniciada a quarta etapa, lembrando os conceitos de decaimento radioativo e meia vida estudados na aula anterior, com o intuito de elucidar quaisquer dúvidas que ainda restassem. Após esse momento, os grupos se separaram e foram distribuídos os roteiros e os materiais necessários para o experimento, conforme a Figura 19. Cada grupo recebeu uma caixa de sapatos, um saquinho com 30 moedas, lápis de cores e uma régua. Nessa atividade os alunos observaram o fenômeno do decaimento radioativo por meio de uma analogia utilizando moedas.

Figura 19 - Materiais para experimento



Fonte: Elaboração própria

Cada grupo colocou suas moedas no interior da caixa e então a fechou. O professor então explicou aos alunos que as moedas representavam átomos instáveis e a caixa é o corpo que contém esses “átomos”. A caixa foi agitada de forma que as moedas em seu interior ficassem de forma aleatória com as faces “cara” ou “coroa” para cima. Cada agitação da caixa representou um período de meia-vida do elemento químico que estava sendo representado pelas moedas.

Após cada evento de meia-vida, ou seja, após ter agitado a caixa, a tampa foi aberta e o grupo retirou as moedas que estavam a face “cara” voltada para cima. Essas moedas representavam simbolicamente os átomos que sofreram decaimento transformando-se em outro elemento químico.

A atividade foi ser repetida três vezes e os dados coletados foram utilizados para preencher uma tabela e, depois, gerar um único gráfico representando as três curvas obtidas a partir dos valores da tabela (Figura 20).

Figura 20 - Alunos realizando o experimento



Fonte: Elaboração própria

Ao final da atividade, iniciou-se uma discussão com todos os grupos os questionando com a pergunta: O que isso significa desintegração radioativa de um material real?

Os grupos então começaram a se manifestar e responder. O grupo C iniciou respondendo: “Professora, nos achamos que é a desintegração de átomos radioativos. Tipo o tempo que ele demora para ficar fraco”. Já o Grupo A respondeu: “É a contagem do tempo que o corpo perde sua radiação para o ambiente.” O grupo B por sua vez, respondeu: “É isso que eles disseram professora, é quando o objeto vai perdendo de tempos em tempos sua radiação.” Por fim o grupo C só respondeu: “É isso ia.”

Questionados sobre o porquê a diferença entre os gráficos, só o Grupo C respondeu: “Ah professora, deve ficar diferente porque cada substância vai ter um tempo diferente para desintegrar”.

Ao final das discussões, foi entregue aos alunos parte de uma apostila de “Aplicações da energia nuclear” da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) (Disponível em < <http://www.cnem.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/aplicacoes-da-energia-nuclear.pdf> > como leitura extraclasse para dar continuidade ao próximo momento.

O quinto momento realizado foi a etapa de **Contextualização social**, realizada com objetivo integrar os conhecimentos estudados até o momento com o reconhecimento de sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos, foi o momento da contextualização social da primeira SEI. Os alunos foram levados a uma visita técnica em uma clínica na cidade de Campos dos Goytacazes, especializada em exames com cintilografia, a “Cintilog Diagnósticos”.

Ao chegar à clínica, os grupos fizeram a visita de dois em dois (Grupo A e B e grupos C e D), como mostrado na figura 21. A médica responsável iniciou a visita fazendo uma breve introdução sobre Energia Nuclear e seus benefícios, citando algumas de suas aplicações (medicina, agricultura e datação). Após esse momento, focou nos processos que envolvem a Medicina Nuclear, dando exemplo dos exames de raios-x, ressonância e tomografia e tratamento de radioterapia, diferenciando-os dos exames realizados na clínica, que tem como foco a cintilografia.

Figura 21 – Dra. Cintia Gonçalves guiando a visita técnica com os grupos



Fonte: Elaboração própria

Em seguida, os grupos foram levados para até a sala onde são realizados os exames de imagem. A sala tem um aparelho chamado Gama-Câmera (Figura 22), equipamento que interage com a radiação emitida pelo paciente, produzindo um efeito fotoelétrico transformado em pulsos elétricos que são processados por sistemas especiais de computador e convertidos em imagens, que então, são avaliadas pelo médico.

Figura 22 – Sala do aparelho Gama-Câmera



Fonte: Elaboração própria

Prosseguindo a vista, foram encaminhados a sala onde é realizado o teste ergométrico, conforme Figura 23, do exame de Cintilografia de perfusão do miocárdica, em que o paciente recebe a injeção do radiofármaco sem nenhum estímulo. Depois de aproximadamente 30 minutos (ou mais), o paciente passa para a sala de exames para a aquisição das imagens, que tem duração de 10 minutos. Em outra etapa do exame por teste ergométrico (estresse físico) ou com uma medicação (estresse farmacológico).

Figura 23 - Sala onde são realizados os testes ergométricos



Fonte: Elaboração própria

Por fim, foram levados até a sala onde os radiofármacos são preparados e aplicados nos pacientes, como mostra a Figura 24. A médica responsável explicou que na Medicina Nuclear não são utilizados contrastes para a obtenção de imagens, mas sim de substâncias radioativas marcadas com radiofármacos. Estes traçadores podem ser injetados ou ingeridos, dependendo do tipo do estudo a ser realizado. Nesta sala fica o gerador de Tecnécio, um dispositivo a partir do qual retira-se o radioisótopo tecnécio-99m proveniente do decaimento radioativo do radioisótopo molibênio-99 e o Curiometro, um instrumento utilizado para medir a atividade dos radionúcleos dos fármacos utilizados.

Figura 24 - Sala onde são manipulados os radiofármacos utilizados nos exames.



Fonte: Elaboração própria

Após a visita a médica se dispôs a responder perguntas dos alunos, e alguns

questionamentos surgiram, como: “Qual a diferença dos medicamentos injetados e ingeridos?”, “Quanto tempo o medicamento fica no organismo do paciente?” e “Qual é o tempo de decaimento do tecnécio?”. Todas as perguntas foram atenciosamente respondidas.

A sexta etapa realizada foi iniciada com os grupos apresentando o que foi aprendido durante a visita técnica. Os grupos fizeram apresentações em slide e tiveram 10 minutos para fazer suas apreciações.

Após esse momento, foi dado início a etapa de **Avaliação** da primeira SEI. Foram distribuídos entre os alunos cartolinas, lápis de cores, canetas para que iniciassem a etapa última etapa da primeira SEI, a avaliação. Foi solicitado que os alunos fizessem cartazes (Figura 25) com o que tinham aprendido durante as etapas investigativas até o momento. Os grupos utilizaram as anotações feitas em sala de aula para auxiliar na sua confecção.

Figura 25 - Etapa da avaliação da 1ª SEI



Fonte: Elaboração própria

Os grupos tiveram 50 minutos para confeccionarem os cartazes. A eles foi dada liberdade para representarem os conhecimentos adquiridos da forma que preferissem e o que acharam de mais interessante durante a sequência.

5.2 Segundo Ciclo – Entendendo a Energia Nuclear

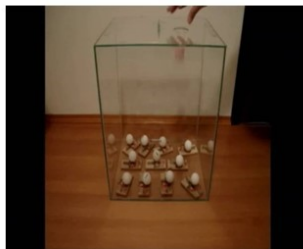
A sétima etapa proposta no produto educacional, iniciou o segundo ciclo da SEI, que teve como foco estudar conteúdos relacionados a produção e uso da energia nuclear e suas implicações na natureza. Esta etapa corresponde a **Problematização inicial**, onde foi

realizada uma demonstração investigativa em vídeo de simulação de reação em cadeia (disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=F1u3YFNe5ls>>), seguida de perguntas sobre as concepções prévias dos alunos do que ocorreria durante o experimento e o por quê o fenômeno ocorre.

Depois de organizados, a aula foi iniciada distribuindo uma atividade para os grupos, a folha continha duas perguntas: “O que você acha que vai ocorrer quando soltar a bolinha sobre as ratoeiras?” e “Por que você acha que isso ocorreu?”. Após receberem a folha, foi iniciada uma apresentação de slides que continha um print screen do vídeo do experimentos das ratoeiras (Figura 26), que consiste em uma caixa de acrílico, nesta caixa são colocadas várias ratoeiras e nelas ficam presas bolas de pingue-pongue.

Figura 26 - slide inicial da aula

**O que você acredita que vai acontecer
quando soltar a bolina sobre as
ratoeiras?**



Fonte: Elaboração própria

Após responderem ao questionamento inicial, foi passado o vídeo da simulação completo para os grupos. Nesta simulação a bola a ser lançada representa o nêutron e as ratoeiras com as bolas de pingue-pongue representam os núcleos de urânio a serem fissurados, quando a bola lançada atinge a primeira ratoeira e desprende a primeira bola, que representa o nêutron liberado e então provoca a reação em cadeia. Depois de assistirem ao vídeo os grupos discutiram entre si o que teria acontecido para responderem ao segundo questionamento.

Depois que todos os grupos responderam ao questionamento, foi iniciada uma discussão com toda turma, onde cada grupo expôs sua visão sobre o ocorrido. Em seguida foi iniciada uma aula expositiva e dialogada sobre os conceitos de fissão nuclear, reação em cadeia e fusão nuclear e suas aplicações, com a finalidade de esclarecer as dúvidas sobre o fenômeno observado durante a simulação.

Em continuidade a aplicação do segundo ciclo da SEI, a oitava etapa aplicada foi a **Sistematização dos conhecimentos**, iniciou-se com a organização da sala para assistirem a um vídeo de uma visita técnica na usina nuclear de Angra, buscando sistematizar os conteúdos e despertar a curiosidade dos alunos. A figura 27 traz a tela capturada do vídeo.

Figura 27 - Print screen da tela do vídeo: Entramos na usina nuclear de Angra!!! #Boravê



Entramos na usina nuclear de Angra!!! #Boravê

Fonte: disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZsR-2zkEwCM&t=1114s>>. Acesso em: 04 jun. 2019.

Após a exibição do vídeo iniciou-se uma discussão com toda turma sobre alguns aspectos importantes na geração de energia em uma usina nuclear. Foram retomados os conteúdos de fissão nuclear e reação em cadeia estudados na aula anterior, além de dar ênfase em questões como o combustível utilizado na usina, medidas de contenção da reação em cadeia e descarte de lixo nuclear.

O nono momento realizado foi a etapa de **Contextualização social**, realizada com objetivo integrar os conhecimentos estudados até o momento com o reconhecimento de sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos, apontando os problemas da energia nuclear.

Esta etapa foi iniciada com a distribuição de quatro textos distintos (um para cada grupo) que abordavam assuntos como as bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki; acidente de Chernobyl; acidente do Césio 137 em Goiânia; e o acidente de Fukushima.

Através da leitura desses textos buscou-se a tomada de consciência para a construção do conhecimento. Nesta etapa foi realizado o aprofundamento do conteúdo, onde se observa a aplicação em um contexto social. Após a leitura dos textos distribuídos, a turma foi organizada em círculo e então realizou-se uma discussão sobre os aspectos que levaram ao acontecimento estudado.

Para finalizar este ciclo, foi realizada uma atividade de **Avaliação** com um quiz sobre “Os mitos e verdades sobre a energia nuclear”. A atividade foi iniciada organizando os grupos em círculos e distribuindo para cada grupo duas placas, uma escrita mito e a outra verdade e lançar e uma ficha onde anotaram as respostas.

A dinâmica da atividade se deu da seguinte maneira: foram feitas dez perguntas e cada uma delas valerá 1 ponto; depois de feita a pergunta, os grupos tiveram dois minutos para discutirem e anotar na folha as respostas; passado esse tempo cada grupo levantou a plaquinha com a resposta; as respostas de cada grupo foram anotadas numa tabela, conforme a Figura 28.

Figura 28 - Quadro de pontuação da atividade de avaliação do segundo ciclo da SEI

	GRUPO A		GRUPO B		GRUPO C		GRUPO D	
	MITO	VERDADE	MITO	VERDADE	MITO	VERDADE	MITO	VERDADE
1	X		X			X		X
2	X		X		X		X	
3		X		X		X		X
4	X		X		X		X	
5	X			X		X		X
6		X		X		X		X
7	X		X			X		X
8	X		X		X		X	
9	X		X		X		X	
10		X	X			X		X
TOTAL de PONTOS	4/4	10/10	4/4	8/8	4/4	7/7	4/4	7/7

Fonte: Elaboração própria

As perguntas foram as seguintes:

1. O maior perigo do material radioativo à saúde é que ele demora a sair do corpo;
2. A exposição à radioatividade causa morte instantânea;
3. Uma pessoa contaminada por radiação pode contaminar outra;
4. As usinas nucleares jogam lixo radioativo na natureza;
5. Uma usina nuclear é semelhante a uma fábrica de bombas nucleares;
6. As usinas nucleares iniciam o processo de geração de energia a partir do processo de fissão nuclear;
7. Uma usina nuclear pode explodir como uma bomba nuclear;
8. Qualquer nível de radiação faz mal à saúde;
9. O processo de fusão nuclear só ocorre na superfície de estrelas como o Sol;
10. Num acidente com liberação de material radioativo, fechar a casa ajuda;

Durante a contagem dos pontos, os grupos foram questionados sobre as respostas que teriam dado e então foi explicado se realmente era mito ou verdade; ao fim da atividade os pontos de cada grupo foram contados e foi então definido o grupo vencedor e cada aluno desse grupo ganhou uma caixa de bis, os demais receberam um bombom como prêmio consolação pela participação.

6 ANÁLISE DA APLICAÇÃO

Neste capítulo é realizada a análise dos dados obtidos, em consonância com o referencial teórico estruturante desta pesquisa.

6.1 Considerações iniciais

O desenvolvimento desta SEI foi baseado na tentativa de apresentar o ensino de Física de forma contextualizada, problematizadora e com atividades que fizessem sentido na vida do aluno. Então, a partir de atividades experimentais e leituras de textos históricos, os alunos puderam reconhecer conceitos científicos utilizados em sua vida cotidiana e aplicá-los a novas situações, contribuindo no processo de AC dos mesmos.

Sendo assim, as atividades desenvolvidas tiveram o objetivo de promover o desenvolvimento dessas habilidades em consonância com os três eixos estruturantes que estabelecem a base para uma prática educativa que vise a AC (SASSERON; CARVALHO, 2008). O primeiro eixo estruturante corresponde à “compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais” (SASSERON; CARVALHO, 2008, p.75), destaca a importância da construção de conhecimento científico necessário aos alunos para aplicações em diversas situações do cotidiano. O segundo eixo a “compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam a prática” (SASSERON; CARVALHO, 2008, p.75). Mostra a importância de tratar a ciência como um conjunto de conhecimentos sujeitos a mudanças. O terceiro e último eixo compreende ao “entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente” (SASSERON; CARVALHO, 2008, p.76), na intenção de conscientizar os alunos sobre a relação que existe entre as diferentes esferas.

No decorrer das atividades houve a tentativa de buscar os indicadores da AC propostos por Sasseron e Carvalho (2008), que visam fornecer evidências sobre o desenvolvimento dos processos nos estudantes. Os indicadores propostos pelas autoras ponderam sobre as ações próprias de uma cultura científica escolar, sendo eles: a seriação, organização e classificação de informações, o raciocínio lógico e proporcional, o levantamento e teste de hipóteses, a justificativa, previsão e explicação e construção de modelos explicativos.

Para análise das atividades propostas nos dois ciclos da SEI, foi utilizada a técnica ATD. A ATD propõe-se a “descrever e interpretar alguns dos sentidos que a leitura de um conjunto de textos pode suscitar” (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 14). Foram estabelecidos

códigos para cada uma das atividades analisadas de acordo com o Quadro 10.

Quadro 10- Códigos das atividades

Sequência	Etapa	Atividade	Código
1º ciclo	Problematização	Experimento de Becquerel	ATV1
	Sistematização	Becquerel descobriu a radiação?	ATV2
	Avaliação	Divulgação do conhecimento	ATV3
2º ciclo	Problematização	Experimento das ratoeiras	ATV4
	Avaliação	Quiz: Mitos e Verdades sobre a energia nuclear	ATV5

Fonte: Elaboração própria

Os códigos foram utilizados seguindo o exemplo: “*O casal Curie teve extrema importância na mudança de rumo que tomaria a radioatividade (ATV2/GD).*”. Essa unidade foi recortada da atividade 2 (Becquerel descobriu a radiação) do grupo D.

No Quadro 11 estão relacionadas as respostas dos alunos para as atividades do primeiro ciclo da SEI e os indicadores identificados.

Quadro 11 - Indicadores identificados no 1º ciclo

Atividade transcrita	Indicador
“Acreditamos que ambos podem se tornar fluorescentes (ATV1/GB).” E “A caneta fica fluorescente. O sabão fica fluorescente. A água fica fluorescente (ATV1/GC).”	Previsão
“A energia que a luz ultravioleta transmite causa uma intensificação das cores as deixando fluorescentes, e essas alterações só ocorrem com a energia da luz ultravioleta (ATV1/GA).”; “Porque está energia está ligada a luz ultravioleta, por isso ocorre a mudança de cor (ATV1/GC).”	Raciocínio
“os trabalhos do casal tiveram crucial importância na mudança de rumo que tomariam a radioatividade. Marie constatou que havia algum componente mais ativo que o urânio em seus minerais naturais. Isolaram átomos de dois elementos químicos radioativos que não eram conhecidos na época. O primeiro chamaram de rádio e o segundo chamaram de polônio (ATV2/GA).	Previsão e explicação
“A meia vida de um elemento radioativo é o intervalo de tempo em que uma amostra deste elemento se reduz à metade (ATV3/GD)”	Justificativa
“Becquerel também descobriu que essa radiação que o urânio emitia também ionizava gases, transformando-os em condutores. Então juntamente a Pierre	Explicação

<p>Curie e Marie Curie, Becquerel descobriu que a propriedade que ele viu era pertencente ao urânio, pois todos os minérios de urânio emitiam os raios que impressionavam o filme (ATV3/GA).”;</p> <p>“A cada dia, novas técnicas nucleares são desenvolvidas, possibilitando a execução de tarefas impossíveis de serem realizadas pelos meios convencionais. As radiações podem até atravessar a matéria ou serem absorvidas por ela, o que possibilita múltiplas aplicações (ATV3/GC).”</p>	
--	--

E no Quadro 12 estão relacionadas as respostas dos alunos para as atividade do segundo ciclo da SEI e os indicadores identificados.

Quadro 12 - Indicadores identificados no 2º ciclo

Atividade transcrita	Indicador
<p>“acreditamos que quando soltar a bolinha sobre a ratoeira irá disparar, porém não irá prender as bolas. E logo após elas ativarem as ratoeiras elas se chocam. A energia usada é dinâmica (ATV4/GB).”;</p> <p>“A ratoeira vai desarmar, com a pressão fazendo as bolinhas subirem (ATV4/GC).”;</p> <p>“Ao jogar a bola terá uma pressão contra uma ratoeira. E com o disparo de uma ratoeira, as outras são também ativadas (ATV4/GD)”</p>	Previsão
<p>“Por causa da dimensão de espaço em que as ratoeiras estão armadas, proporcionando assim a colisão de uma com a outra e ocorre a energia potencial elástica (ATV4/GA).”;</p> <p>“Isso ocorre por causa da energia cinética, pois a bola estava em movimento e ela tinha uma determinada massa e com isso fez com que a velocidade dessa bolinha desarmar as ratoeiras fazendo as bolinhas subirem (ATV4/GC).”.</p>	Levantamento de hipóteses
<p>“Verdade – Porque com a fusão é possível as energias se juntarem (ATV5/GA).”;</p> <p>“Verdade – Porque fissão é a quebra de um elemento radioativo (ATV5/GB).”;</p> <p>“Verdade – sim por causa da quebra de átomos (ATV5/GC).”</p>	Organização de informações

Desse modo, a partir das respostas dos alunos ao longo da SEI realizada e dos indicadores identificados foram construídos dois metatextos: Explicando a radiação e As possibilidades da energia nuclear.

6.2 Metatexto 1: Explicando a radiação

O primeiro ciclo da SEI foi proposto com o objetivo de introduzir aos alunos conceitos relacionados a medicina e suas aplicações. Com problemas investigativos e questões

reflexivas, os alunos puderam tecer hipóteses que lhes permitiram chegar às resoluções, bem como discutir sobre as idéias levantadas e outras questões que surgiram.

Além disso, todas as atividades foram pensadas com o intuito de auxiliar os alunos a perceber que os conteúdos estudados em sala de aula estão presentes em sua vida cotidiana. Assim, buscou-se identificar nas respostas dos alunos os indicadores da AC em processo.

No que se refere ao indicador previsão, “*O indicador da previsão é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos*” (SASSERON; CARVALHO, 2008, p.339)” podemos destacar que no momento inicial da primeira atividade, antes da demonstração dos experimentos, os alunos já relacionaram o experimento ao conceito da fluorescência, como é evidenciado na resposta “*Acreditamos que ambos podem se tornar fluorescentes (ATV1/GB).*” E “*A caneta fica fluorescente. O sabão fica fluorescente. A água fica fluorescente (ATV1/GC).*”. Pode-se perceber que os alunos estavam certos no que ocorreria em seguida a demonstração do experimento, evidenciando assim o indicador previsão.

No livro de Young e Freedmann (2016, p.319) encontramos a explicação para o fenômeno: “*Quando iluminamos um ponto quântico, ele absorve fótons e os reemite com um comprimento de onda diferente. Esse fenômeno é chamado de fluorescência.*”.

Depois da demonstração do experimento, envolvendo uma simulação de experimento radioativo - o experimento de Becquerel, no qual três substâncias (água tônica, sabão em pó e fluido da carga da caneta marca texto) foram iluminadas por uma luz ultravioleta proveniente de uma lâmpada de luz negra - os grupos foram indagados, sem nenhuma explicação prévia, se saberiam explicar o porquê do fenômeno ter ocorrido.

Nesta atividade podemos destacar o indicador raciocínio lógico, “*o raciocínio lógico compreende o modo como as idéias são desenvolvidas e apresentadas e está diretamente relacionada à forma como o pensamento é exposto*” (SASSERON; CARVALHO, 2008, p.339), como fica evidenciado nos trechos onde os grupos relacionaram o fenômeno da fluorescência com a energia: “*A energia que a luz ultravioleta transmite causa uma intensificação das cores as deixando fluorescentes, e essas alterações só ocorrem com a energia da luz ultravioleta (ATV1/GA).*”; “*Porque está energia está ligada a luz ultravioleta, por isso ocorre a mudança de cor (ATV1/GC).*”. E de acordo com Pimentel e colaboradores, os conhecimentos prévios dos alunos estavam corretos:

A energia da radiação incidente é um fator importante para a ocorrência da fluorescência. Radiações da região do infravermelho do espectro eletromagnético

não possuem energia suficiente para gerar fluorescência visível, enquanto que a energia das radiações ultravioleta (UV) provoca tal emissão luminosa (PIMENTEL, et. al, 2014, p.368).

A melhor explicação para os fenômenos observados na atividade inicial foi expressa por Silva (2017) em seu trabalho de dissertação:

A água tônica apresenta-se incolor quando iluminada com luz branca, mas ao ser iluminados com radiação Ultravioleta percebe-se uma resplandecente coloração azulada. Na sua composição tem-se o alcalóide quinino, responsável por seu sabor amargo, substância essa responsável também pela fluorescência da água tônica (SILVA, 2017, sp).

Algumas marcas de sabão em pó e alvejante contém em sua fórmula substâncias que são fluorescentes e ficam impregnadas nas fibras das roupas após o processo de lavagem. Roupas lavadas com esses produtos e expostas ao Ultravioleta (seja de uma lâmpada de luz negra ou do Sol) mostram-se “brilhantes brancas” e podem parecer mais limpas se comparadas com roupas lavadas com sabão convencional (SILVA, 2017, sp).

Dessa forma, o que se pode concluir, é que as respostas dos alunos foram satisfatórias, porém não da forma completa, mas alcançando o indicador raciocínio lógico.

Um dos grupos deu uma resposta coerente ao ocorrido: *“Acreditamos que os raios ultravioletas da luz refletem nesses elementos e influenciam a tornar ambos fluorescentes (ATV1/GB).”*, porém sem relacionar a energia. Porém um demonstrou confusão na resposta: *“Cada substância tem seu nível de densidade, por isso o sabão se misturou, mas a espuma se separa e sobe. Com a água tônica tem gás separado e a carga de caneta se mistura depois de um tempo (ATV1/GD).”*.

Contudo, era esperado que os alunos relacionassem a atividade ao fenômeno da radioatividade, mas este conceito só foi alcançado pelos alunos na segunda atividade, a sistematização dos conhecimentos. Como destaca Carvalho (2013), pode ocorrer que nem todos os alunos alcancem o nível de conhecimento necessário. Assim, o papel do professor é organizar os conteúdos de forma que haja a completa compreensão do problema apresentado, visando ampliar o diálogo do desafio inicial, introduzindo uma nova visão de conhecimento aos alunos, a visão científica. É nesse momento que a exploração de textos teóricos e científicos podem desempenhar sua função formativa na apropriação dos conhecimentos específicos (CARVALHO, 2013).

Logo, na segunda atividade, os grupos receberam um texto histórico “Becquerel descobriu a radiação?”, para que realizassem sua leitura, na tentativa de levá-los a refletirem e reverem suas ideias a respeito dos conceitos abordados. Após a leitura, houve a discussão do

texto e os alunos então responderam a questão proposta e todos os grupos envolveram o conceito da radioatividade, como podemos observar no trecho da resposta *“A relação da luminescência e a radioatividade é o uso da luz. A luminescência precisa da luz para ver a fluorescência e a radioatividade a luz sofre o desvio por campo elétrico e o mais impressionante, podiam sensibilizar uma chapa fotográfica, permitindo ver os ossos da mão (ATV2/GA).”*.

Mesmo incluindo o conceito da radioatividade nas respostas, nenhum grupo a conceituou. Mas como era esperado, com a leitura do texto os grupos demonstraram ter entendido a existência de uma relação entre a luminescência e a radioatividade, para eles a relação entre os fenômenos é a necessidade de ter “um complemento para ter seu efeito” (ATV2/GD) e que esse complemento seria a “luz” (Grupos A e C). Somente o grupo B discordou dessa relação.

Outro ponto importante dessa etapa foi aproximar a história da ciência do cotidiano dos alunos, por meio da história da descoberta da radioatividade. Já que o uso história da ciência é defendido no PCN para que o ensino de física:

[...] na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. (BRASIL, 2012, p. 229)

Esse ponto fica evidente nesta etapa, observando as respostas dadas pelos grupos, vemos como eles enfatizam as contribuições do casal Curie e Rutherford para a radioatividade. Podemos também inferir que nesses trechos há presença de dois dos indicadores da AC, o indicador previsão, já explicado anteriormente e o explicação: “A explicação surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas.” (SASSERON; CARVALHO, 2008, p.339). Todos concordaram que o trabalho desses cientistas foram fundamentais para o desenvolvimento dos estudos sobre a radioatividade, como podemos observar, por exemplo, nas respostas dos Grupos A e D respectivamente: *“os trabalhos do casal tiveram crucial importância na mudança de rumo que tomariam a radioatividade. Marie constatou que havia algum componente mais ativo que o urânio em seus minerais naturais. Isolaram átomos de dois elementos químicos radioativos que não eram conhecidos na época. O primeiro chamaram de radio e o segundo chamaram de polônio (ATV2/GA).”*; *“O casal Curie teve extrema importância na mudança de rumo que tomariam a radioatividade. Esse casal trabalhou exaustivamente, usaram 1400 litros de*

uranita (UO₂) e em 1898 isolaram átomos de dois elementos químicos radioativos. O primeiro eles chamaram de rádio e o segundo de polônio. Rutherford realizou um experimento que identificou a natureza da radioatividade, mostrando que ela se originava do núcleo (ATV2/GD).”

Após serem levados a uma visita técnica, parte da Contextualização Social desta sequência, momento em que os conhecimentos que incorporados pelo aluno são apresentados sob novas abordagens, foi pedido que os grupos fizessem cartazes explicitando o que aprenderam durante todas as etapas investigativas. Nesse momento, além de retomarem os conceitos já citados, surgiram novos conceitos: radiação e meia-vida. E alguns conceitos já vistos foram retomados, como o de radioatividade e fluorescência.

Fica então evidente, nesta última atividade a presença de mais um indicador da AC, a justificativa: “A justificativa aparece quando em uma afirmação qualquer proferida lança mão de uma garantia para o que é proposto; isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando mais segura.” (SASSERON; CARVALHO, 2008, p.339).

O Grupo A foi o único que retomou o conceito de radioatividade, como podemos ver no trecho: “*Radiatividade é o fenômeno pelo qual o núcleo de um átomo instável emite partículas e ondas para atingir a estabilidade (ATV3/GA).*”. E segundo Young e Freedmann sua resposta pode ser considerada correta:

De um total de 2.500 núclídeos conhecidos, pouco menos de 300 são estáveis. Os outros constituem estruturas instáveis que sofrem decaimento ao emitir partículas e ondas eletromagnéticas mediante um processo chamado radioatividade (YOUNG; FREEDMANN 2016, p.422)

Já o Grupo C e D retomaram o conceito de fluorescência: “*Substâncias fluorescentes: São substâncias que emitem luz visível depois que absorvem energia de outra fonte (ATV3/GC).*” e “*Substâncias fluorescentes: continuam emitindo luz por algum tempo, mesmo depois que a fonte de energia é desligada (ATV3/GD).*”. Conceituando da forma correta, como já citado anteriormente por Young e Freedmann.

Dos novos conceitos alcançados, todos os grupos citaram a radiação: “*Radiação é a propagação de energia na forma de ondas eletromagnéticas ou partículas. A radiação pode ser tanto um fenômeno natural como artificial (ATV3/GA).*”; “*As radiações podem até atravessar a matéria ou serem absorvidos por ela, o que possibilita múltiplas aplicações (ATV3/GB)*”; “*É a propagação de energia na forma de ondas eletromagnéticas ou partículas, ou seja, radiação nada mais é do que energia (ATV3/GC)*”; e “*Radiação é a propriedade de*

energia na forma de ondas eletromagnéticas ou partículas (ATV3/GD)”.

Como evidenciado por Okuno, esse conceito foi alcançado corretamente:

Radiação é energia que se propaga a partir de uma fonte emissora através de qualquer meio, podendo ser classificada como energia em trânsito. [...] A radiação pode se apresentar também em forma de onda eletromagnética, constituída de campo elétrico e campo magnético oscilantes (OKUNO, 2013, p. 185).

O conceito de meia vida foi somente exposto pelo Grupo D: *“A meia vida de um elemento radioativo é o intervalo de tempo em que uma amostra deste elemento se reduz à metade (ATV3/GD)”*. Sendo endossado por Young e Freedmann (2016, p. 430): *“A meia-vida $T_{1/2}$ é o tempo necessário para que o número de núcleos radioativos se reduza à metade do número original N_0 .”*

Outro ponto importante que podemos destacar, evidenciado na atividade 3, foi a observação dos alunos do trabalho coletivo na ciência: *“Becquerel também descobriu que essa radiação que o urânio emitia também ionizava gases, transformando-os em condutores. Então juntamente a Pierre Curie e Marie Curie, Becquerel descobriu que a propriedade que ele viu era pertencente ao urânio, pois todos os minérios de urânio emitiam os raios que impressionavam o filme (ATV3/GA).”*; *“O casal Curie teve extrema importância na mudança de rumo que tomaria a radioatividade (ATV3/GD).”*

A utilização de atividades com narrativa histórica permitiu problematizar a visão da ciência e demonstrar aos alunos como ela é socialmente construída.

Um aspecto bastante ressaltado pela Sociologia da ciência e mesmo pelas discussões sobre NdC na área de ensino de ciências é a maneira pela qual a ciência se constitui em conhecimento socialmente partilhado, construído coletivamente num processo de diálogo (MARTINS, 2015, p 714).

Os grupos destacaram a presença de tecnologias que podem ser explicadas através de processos físicos: *“Exemplos de radiação não ionizadas: microondas; luz ultravioleta (ATV3/GA)”*. Também relacionaram seu uso no cotidiano: *“Os benefícios da energia nuclear e das radiações são pouco divulgados. A medicina, a indústria, particularmente a farmacêutica e a agricultura são as áreas mais beneficiadas (ATV3/GA).”*; *“Medicina Nuclear: É a área da medicina onde são utilizados os radioisótopos, tanto em diagnósticos como em terapias (ATV3/GB).”*; *“A cada dia, novas técnicas nucleares são desenvolvidas, possibilitando a execução de tarefas impossíveis de serem realizadas pelos meios convencionais. As radiações podem até atravessar a matéria ou serem absorvidas por ela, o*

que possibilita múltiplas aplicações (ATV3/GC).”

É possível perceber que os alunos reconheceram as técnicas que utilizam radiação em diversas áreas científicas e verificaram de que forma elas podem contribuir para que possamos melhorar a qualidade de vida da sociedade em que vivemos.

Pode-se destacar a presença do indicador explicação, já que os alunos fazem relação do conteúdo estudado a aplicações, como explicam Sasseron e Carvalho (2008, p. 339): “A explicação surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente a explicação sucede uma justificativa para o problema, mas é possível encontrar explicações que não se recebem estas garantias.”

De acordo com Sasseron e Carvalho (2008) é importante voltarmos nossa atenção para o modo como os alunos argumentam em sala de aula e quais as características expressas nestas argumentações, pois elas que nos trazem indícios de como o processo da AC está ocorrendo.

6.3 Metatexto 2 : As possibilidades da energia nuclear

O segundo ciclo da SEI foi proposto com o intuito de introduzir aos alunos conceitos relacionados a energia nuclear e suas aplicações, visando gerar possibilidades aos estudantes para que eles se envolvam com problemas e questões relacionados a fenômenos naturais.

O ciclo se inicia com uma atividade de investigação, na qual os alunos são levados a discutir, a partir de um vídeo de simulação de experimento, o que ocorreria na simulação e o porquê do ocorrido.

No que se refere ao indicador previsão, podemos destacar que no momento inicial da primeira atividade, antes da demonstração do vídeo, os alunos previram que o experimento estaria relacionado ao conceito de energia e pressão: *“acreditamos que quando soltar a bolinha sobre a ratoeira irá disparar, porém não irá prender as bolas. E logo após elas ativarem as ratoeiras elas se chocam. A energia usada é dinâmica (ATV4/GB).”*; *“A ratoeira vai desarmar, com a pressão fazendo as bolinhas subirem (ATV4/GC).”*; *“Ao jogar a bola terá uma pressão contra uma ratoeira. E com o disparo de uma ratoeira, as outras são também ativadas (ATV4/GD)”*.

Sendo o conceito de energia definido como: “Chama-se energia a capacidade de realizar trabalho [...] Esta forma de energia, devida ao movimento, chama-se energia cinética; (NUSSENZVEIG, H.M, 1998 p. 109)”. E “pressão é a magnitude da força por unidade de área (TIPLER, 2000, p.433)”.

Apenas o grupo A relacionou ao conceito peso: *“Quando a bolinha mais pesada bater na bolinha mais leve, o impacto fará a ratoeira desarmar. A bola mais pesada vai quicar e desarmar ela mais não vai ficar presa e irá desarmar todas (ATV4/GA)”*.

Após a demonstração do vídeo da simulação, pode-se identificar nos trechos a seguir indicador da AC levantamento de hipóteses: *“O levantamento de hipóteses aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema (SASSERON; CARVALHO, 2008, p.339)”*: *“Por causa da dimensão de espaço em que as ratoeiras estão armadas, proporcionando assim a colisão de uma com a outra e ocorre a energia potencial elástica (ATV4/GA).”*; *“Isso ocorre por causa da energia cinética, pois a bola estava em movimento e ela tinha uma determinada massa e com isso fez com que a velocidade dessa bolinha desarmar as ratoeiras fazendo as bolinhas subirem (ATV4/GC).”*. O grupo B e D mantiveram o padrão das respostas iniciais: *“Nós achamos que quando uma das bolas batem nas ratoeiras e logo em seguida as outras, elas balançam e se chocam. Esse fenômeno pode ser causado pela energia dinâmica pois estuda movimento e etc (ATV4/GB).”*; *“Por causa da pressão que é feita contra uma ratoeira. A bola quando cai em direção a uma ratoeira, dispara outra ratoeira lançando a bolinha para o alto e assim sucessivamente (ATV4/GD).”*

Analisando as respostas, é perceptível que fazem sentido ao que foi demonstrado, porém não evidenciam o real fenômeno por trás da simulação, o conceito de reação em cadeia, que ocorre nos reatores nucleares, conforme explica Nussenzveig (1998):

Num reator nuclear, núcleos de U^{235} sofrem um processo de fissão (fragmentação em núcleos mais leves), com a liberação de energia, quando capturam nêutrons, e alguns nêutrons também são emitidos pelo próprio processo de fissão, o que permite, em princípio, produzir uma reação em cadeia (NUSENZVEIG, H.M, 1998 p. 174).

Contudo, é justificável a falta desse conceito, visto que os alunos estavam em um momento inicial de investigação, onde deveriam relacionar o experimento apresentado com seus conhecimentos prévios, sem interferências do professor.

Após o momento de discussão com toda classe das respostas dadas, foi iniciada uma aula expositiva e dialogada sobre os conceitos de fissão nuclear, reação em cadeia e fusão nuclear e suas aplicações, com a finalidade de esclarecer as dúvidas sobre o fenômeno observado durante a simulação.

Na atividade de avaliação desta sequência, foi realizado um *“Quiz”* intitulado *“Os mitos e verdades sobre a Energia Nuclear”*. Onde foram retomados os conceitos vistos durante seu desenvolvimento, bem como a retomada de conceitos estudados durante o

primeiro ciclo da SEI. O “*Quiz*” foi composto por dez perguntas, que, além de responderem se era mito ou verdade, os grupos tiveram tempo para justificar o porquê de suas respostas.

No que se refere ao indicador Organização de informações: “A organização de informações ocorre nos momentos em que se discute sobre o modo como um trabalho foi realizado. Este indicador pode ser vislumbrado quando se busca mostrar um arranjo para informações novas ou já elencadas anteriormente (SASSERON; CARVALHO, 2008, p. 338)”.

Podemos assim verificá-lo, já que os grupos organizaram as novas informações adquiridas no segundo ciclo da SEI e retomaram um conhecimento estudado anteriormente, como fica evidente em determinados trechos, como nas respostas da questão “As usinas nucleares iniciam o processo de geração de energia a partir do processo de fissão nuclear”, todos os alunos acertaram: “*Verdade – Porque com a fusão é possível as energias se juntarem (ATV5/GA).*”; “*Verdade – Porque fissão é a quebra de um elemento radioativo (ATV5/GB).*”; “*Verdade – sim por causa da quebra de átomos (ATV5/GC).*”. Vemos que o grupo B e C, mesmo não justificando de forma completa a resposta, demonstraram entendimento acerca do conceito fissão, que de acordo com Carvalho e Oliveira (2017, p.15): “fissão: ela ocorre quando um núcleo se separa em outros dois, em geral por causa de uma interferência externa [...] Durante a fissão, são liberados outros nêutrons e uma grande quantidade de energia”

É possível perceber que o Grupo A parece ter confundido o conceito, mesmo demonstrando entendimento que no processo de fusão do núcleo exista uma “junção de energias”, visto que o processo de fusão se difere da fissão por ser a união de núcleos, e não a divisão e o grupo D não justificaram a resposta.

De acordo com Gore (2010) a fissão nuclear do urânio é uma das principais aplicações da energia nuclear na sociedade, sendo a base do funcionamento de centrais nucleares em vários países. O autor ainda explica o processo que ocorre nos reatores das usinas:

No núcleo do reator, os átomos de urânio são divididos em uma reação em cadeia, desacelerada com barras de controle. A reação em cadeia libera raios gama, que geram calor de alta energia que, por sua vez, aquece a água. A água quente radioativa percorre uma tubulação por onde passa a água fria, formando vapor que, por sua vez, faz funcionar uma turbina geradora de eletricidade. O calor residual, na forma de vapor, é liberado da torre de resfriamento (GORE, 2010, p. 154).

Por fim, é perceptível que a AC deve ser pensada e construída visando às possibilidades de leitura de mundo e das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. É imprescindível levar os alunos à compreensão dos conceitos científicos, os avanços e as consequências do desenvolvimento tecnológico.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como principal objetivo analisar se uma SEI possui elementos que podem auxiliar no desenvolvimento do processo de AC. Para isso, foi utilizada uma SEI dividida em dois ciclos, um com foco na nos processos físicos utilizados na medicina e o outro nas aplicações da energia nuclear com a intenção de apresentar o contexto da inserção de FMC no ensino de Física. Pode-se notar que as discussões levaram os alunos a usarem as habilidades próprias do “fazer científico”, percebidas através dos indicadores da AC. Esse fato evidencia que os alunos participantes destas discussões estão em processo de se alfabetizarem cientificamente, demonstrando a capacidade das sequências analisadas de inseri-los em discussões próprias das Ciências.

Por meio da ATD, foram analisadas as respostas de uma turma da 2ª série do ensino médio composta por 22 alunos (divididos em quatro grupos: A, B, C e D), a cinco das atividades propostas durante as sequências. Suas respostas foram divididas em três categorias de acordo com os eixos da AC, buscando relacioná-las aos indicadores da AC.

A partir das análises realizadas foi possível identificar alguns dos eixos da AC. No primeiro ciclo da SEI, notar-se que os alunos construíram explicações coerentes durante as atividades, relacionando a importância dos fatos históricos para o avanço da Ciência e Tecnologia, além de demonstrarem reconhecer as técnicas que utilizam radiação na medicina. Estas relações mostram o uso de garantias para as proposições explicitadas, através dos indicadores: justificativa, previsão, uso do raciocínio lógico e explicação associadas aos fenômenos analisados.

No segundo ciclo da SEI, pode-se encontrar os indicadores que se referem à previsão, levantamento de hipóteses e organização, evidenciando assim, as construções que os alunos fizeram na busca para explicar os fenômenos apresentados. O uso desses indicadores é importante não só por trazerem evidências de que os alunos se aproximam da AC, mas também porque representam habilidades importantes a serem trabalhadas dentro e fora do ambiente escolar.

Defende-se então o uso de SEIs que utilizem diversas estratégias de ensino, como a experimentação, leitura de textos, discussões, questões matemáticas, vídeos, entre outras estratégias que estimulem a reflexão dos alunos. As atividades apresentadas evidenciaram que é possível realizar aulas contextualizadas e significativas, em que o aluno seja o construtor de seu próprio conhecimento, além de priorizar a promoção da AC e o desenvolvimento de habilidades como análise, reflexão, comparação, contribuindo assim, para a formação de

indivíduos críticos e atuantes no mundo em que vivem.

Respondendo ao questionamento que deu início a essa pesquisa: “*De que forma a realização de Sequências de Ensino Investigativas sobre Física Nuclear podem auxiliar no desenvolvimento da Alfabetização Científica dos alunos do nível médio?*”, observa-se que as atividades realizadas nas SEIs, foram fundamentais para inserção da FMC no ensino médio, uma vez que ambas se complementam e iniciam o processo de promoção da AC. Desse modo, é essencial para o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos, que as atividades os aproximem dos aspectos da Cultura Científica e se relacionem com os eixos da AC, além de possibilitarem que os mesmos possam compartilhar suas experiências, observando as questões vivenciadas em sala de aula e as relacionando com seu cotidiano.

A partir das considerações anteriores, conclui-se que o professor deve investir em estratégias inovadoras, que permitam o desenvolvimento investigativo e reflexivo de seus alunos, com atividades que façam sentido em sua vida e que assim, possam contribuir para ensino de Física. Nesse sentido, espera-se que o produto educacional possa ser utilizado por outros professores, proporcionando aulas mais dinâmicas e contextualizadas.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. J. O planejamento de pesquisas qualitativas em educação. Cadernos de Pesquisas. Fundação Carlos Chagas. São Paulo: Cortez, n. 77, p. 53-61, 1991.

AVANCINI, S. S.; MARINELLI, J. R. Tópicos de física nuclear e partículas elementares. Florianópolis, SC: UFSC/EAD/CED/CFM, 2009. Disponível em: <https://www.academia.edu/32230859/T%C3%B3picos_de_F%C3%ADsica_Nuclear_e_Part%C3%ADculas_Elementares> Acesso em: 04 de jan. de 2020

AZEREDO, S. R. Interdisciplinaridade entre a Física e a Biologia para alunos do Nível Fundamental em um experimento. Monografia, Curso de licenciatura em Física UERJ, Rio de Janeiro, Brasil, Dezembro, 2007. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0299-1.pdf>> Acesso em 12 de out. de 2018

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos. Portugal: Porto Editora, 1994. Disponível em <<https://docente.ifrn.edu.br/albinonunes/disciplinas/pesquisa-em-ensino/investigacao-qualitativa>> Acesso em 14 de jan. de 2019.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>> Acesso em 02 de abr. de 2019.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR. Brasília: MEC/Semtec, 2016. Disponível em: <<http://historiadabncc.mec.gov.br/documentos/BNCC-APRESENTACAO.pdf>> Acesso em 02 de jan. de 2020.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf> Acesso em 19 de nov. de 2019.

BYBEE, R. W. Science education and the science-technology-society (STS) theme. Science Education, v. 71, n. 5, p.667-683, 1987.

CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E.R.; REY, R. C.; VANUCCHI, A. I. Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico. São Paulo: Editora Scipione, 1998.

CARVALHO, A. M. P. de. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*[S.l: s.n.], 2006.

CARVALHO, A. M. P. Habilidades de Professores Para Promover a Enculturação Científica. Contexto & Educação. Editora Unijuí Ano 22 • nº 77 • Jan./Jun. • 2007

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativo (SEI). In: Longhini, M. D. (org). O uno e o diverso na educação. cap. 18, p. 253-266. Uberlândia, MG: EDUFU, 2011.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) Ensino de ciências por investigação - Condições para implementação em sala de aula. cap.1. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 18, n. 765–794. Dez., 2018.

CARVALHO, R.P; OLIVEIRA, S. M. V. Aplicações da energia nuclear na saúde [livro eletrônico] – São Paulo : SBPC ; Viena : IAEA, 2017. Disponível em:<<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/aplicacoes-energia-nuclear-na-saude.pdf>> Acesso em: 28 de dez de 2019

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: questões e desafios para a educação. 6. ed. Ijuí: Unijuí, 2014.

FOUREZ, G. A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

GARCIA, A. A.; NICOLINI, A. M.; ANDRADE, R. O. B. de. Valor agregado aos estudantes nos cursos de administração: uma comparação do desempenho entre instituições de ensino superior públicas e privadas. Revista GUAL – Revista Gestão Universitária na América Latina, Florianópolis, v. 7, n. 2, pp. 24-46, 2014. Disponível em:<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/gual/article/view/1983-4535.2014v7n2p24>> Acesso em: dez. 2018.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (organizadoras). Métodos de Pesquisa. 1ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL PÉREZ. Orientações didáticas para a formação de professores de Ciências. In: MENEZES, L. C. (Org.). Formação continuada de professores de ciências no contexto ibero-americano. NUPES. Campinas: Autores Associados, 1996.

GIL PÉREZ; D., MONTORO, I. F., ALÍS; J. C., CACHAPUZ, A. & PRAIA; J. Por uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/01.pdf>> Acesso em 28 de dez de 2019

GORE, A. Nossa escolha: um plano para solucionar a crise climática. “Our choice: a plan to solve the climate crisis”. Barueri, SP: Manole, 2010.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. WALKER, J. Fundamentos da Física, volume 4. 8ed. Traduzido por Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2009

INEP, (2016). Brasil no Pisa 2015 – Sumário Executivo, Daeb,Inep. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa2015_completo_final_baixa.pdf> Acesso em: 15 de ago. de 2018

IRD – INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA. CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO PARA DEPOSIÇÃO DE REJEITOS RADIOATIVOS DE BAIXO E MÉDIO NÍVEIS DE RADIAÇÃO. 2002. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm609.pdf>> Acesso em 04 de jan. de 2020

JUNIOR, A. A. R. O que é irradiação? E contaminação radioativa? Física na Escola, v. 8, n. 2, pp. 40-43, 2007. Disponível em: < <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a11.pdf>> Acesso em 04 de jan. de 2020

LIBÂNEO, J. C.; OLIVEIRA, J. F.; TOSCHI, M. S. Educação escolar: políticas, estrutura e organização. São Paulo: Cortez, 2009.

LIMA, Rodrigo da Silva; PIMENTEL, Luiz Cláudio Ferreira; AFONSO, Júlio Carlos. O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX. Qnesc, Vol. 33, N° 2, MAIO 2011.

Martins, A.F.P. Natureza da ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em temas e questões. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 32 (3), pp. 703-73, 2015. Disponível em:< <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n3p703>> Acesso em 05 de jan. de 2020

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. Ciência & Educação, v.9, n. 2, p.191-211, 2003. Disponível em:< <http://pesquisaemeducacaoufrgs.pbworks.com/w/file/etch/54950175/tempestade%20de%201uz.pdf>> Acesso em 26 de Nov. 2019

MORAES, R; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo construído de múltiplas faces. Ciência & Educação, v.12, n.1, p.117-128, 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v12n1/08.pdf>> Acesso em 14 de jan. de 2019

MOREIRA, M. A.; Teorias de aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. S. Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos. Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências. Porto Alegre: UFRGS, 2016.

MOREIRA, M.A. Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea. Revista do Professor de Física • Brasília, vol. 1, n. 1, 2017.

MOREIRA, R. H. Proposta de uma sequência didática com o uso de recursos diversificados para o ensino e aprendizagem de tópicos específicos de astronomia. UFSCAR, 2015

MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? Revista Brasileira de História da Ciência, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014

NOTO, V. A.; OTTO, R. ABC da Física Nuclear. Lawrence Berkeley Laboratory. Califórnia, 2000.

NOUAILHETAS, Y; BOCANOSSA, A. Radiações ionizantes e a vida: apostila educativa. Rio de Janeiro: Comissão Nacional de Energia Nuclear. 1998 Disponível em:

<<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/radiacoes-ionizantes.pdf>>. Acesso em: 14 de abr. 2019.

NUSSENZVEIG, H.M. Curso de física básica: ótica, relatividade, física quântica. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. v. 4.

OKUNO, Emico. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Estudos Avançados, 27 (77), 2013. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ea/v27n77/v27n77a14.pdf>> Acesso em: 08 de jan de 2020

OSTERMANN, Fernanda. TÓPICOS DE FÍSICA CONTEMPORÂNEA EM ESCOLAS DE NÍVEL MÉDIO E NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA. 2000. 440 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Instituto de Física, Ufrgs, Porto Alegre, 2000.

PEDRUZZI, A. N.; SCHMIDT, E. B.; GALIAZZI, M. C.; PODEWILS, T. L. Análise Textual Discursiva: os movimentos da metodologia de pesquisa. Atos de Pesquisa em Educação, Blumenau, v. 10, n.2, p.584-604, maio/ago. 2015.

PIMENTEL, J. R.; SAAD, F. D.; YAMAMURA, P.; FURUKAWA, C. H.; ZUMPANO, V. H. Uma sugestão para a interação multidisciplinar: A observação do fenômeno da fluorescência. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. v. 31, n. 2, p. 365-384, ago. 2014.

PINHEIRO, A. C. F. B.. Ciências do ambiente: ecologia, poluição e impacto ambiental. São Paulo: Makron, 1992.

RIO DE JANEIRO. Currículo Mínimo. Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro. 2011a. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: < http://www.rj.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=d34c3917-7d42-48be-a678-e6721ecdcca0&groupId=91317> Acesso em: 23 de jul. de 2018.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. Ciência & Ensino, v. 1, número especial, nov. 2007.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. 2008. 265f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, FEUSP, São Paulo.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008

SASSERON, Lucia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. Investigações em Ensino de Ciências, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SASSERON, L. H., & MACHADO, V. F. Alfabetização Científica na prática: inovando a forma de ensinar Física. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2017

SCHMIEDECKE, Winston Gomes; PORTO, Paulo Alves. A história da ciência e a divulgação científica na TV: subsídios teóricos para uma abordagem crítica dessa aproximação no ensino de ciências (2015). Disponível em: <

<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/viewFile/2536/1937>> . Acesso em: 27 de set. de 2018.

SILVA, G. A. Fluorescência: uma abordagem para o ensino de Física moderna e contemporânea no ensino médio. 2016. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física em Rede) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2017.

TIPPLER, P.A. Física: para cientistas e engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. v. 4.

YOUNG, H. D.; FREEDMANN, R. A. Sears e Zemanski física IV: ótica e física moderna - 14. ed. - São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

APÊNDICES



Desvendando a Radioatividade

Uma proposta para o ensino por investigação da Física Nuclear

Clotildes de Souza Miranda Simões

Orientadora: Profa. Dra. Cassiana Hygino Barreto Machado



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

**SBF**
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Apresentação



Imagem: <https://goo.gl/images/8BKxFV>

Caro(a) leitor(a),

O material “Desvendando a radioatividade - uma proposta para o ensino por investigação da Física Nuclear” consiste em um guia de orientação constituído de uma sequência didática inspirada nas Sequências de Ensino Investigativas (SEI) defendidas por Ana Maria Carvalho* (2013).

A sequência aqui descrita é composta por dois ciclos que reúnem uma série de atividades que constituem o Produto Educacional de uma dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto Federal Fluminense.

O primeiro ciclo da SEI aborda conteúdos que envolvem os conhecimentos da natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso na medicina. E o segundo ciclo traz os conteúdos relacionados a produção e uso da energia nuclear e suas implicações na natureza.

Durante a construção desta sequência buscou-se estruturá-la seguindo as quatro partes principais descritas por Carvalho (2013): o *problema*, a *sistematização do conhecimento*, a *contextualização social do conhecimento* e a *atividade de avaliação*.

As atividades didáticas que caracterizam um ensino por investigação, adequado a um ensino que promova a Alfabetização Científica dos alunos, devem ser pautadas na *problematização* e na *investigação*

Esta sequência foi aplicada no ano de 2019 para alunos da 2ª série do Ensino Médio de uma Instituição pública Estadual localizada na cidade de Campos dos Goytacazes-RJ.

*CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) Ensino de ciências por investigação - Condições para implementação em sala de aula. cap.1. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

Sumário



Imagem: <https://goo.gl/images/8BKxFV>

O QUE SÃO AS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS?	02
Etapas da SEI.....	02
a) O problema.....	03
b) Sistematização dos conhecimentos.....	03
c) Contextualização social do conhecimento.....	03
d) Atividade de Avaliação.....	03
ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA	04
1º ciclo: Onde a Física e a Medicina se encontram	05
1. Uma atividade de conhecimento físico: O experimento de Becquerel.....	06
2. Leitura e discussão do texto: “Becquerel descobriu a radiação?”.....	07
3. Vídeo e discussão: Conhecendo as Radiações.....	08
4. Experimentação - análise de dados e gráficos: Decaimento radioativo.....	09
5. Visita técnica: Onde a Física e a Medicina se encontram.....	11
6. Avaliação: divulgação do conhecimento.....	12
2º Ciclo Entendendo a Energia Nuclear	13
1. Uma atividade de conhecimento físico: Reação em cadeia.....	14
2. Leitura e discussão do texto: Usinas nucleares.....	15
3. leitura e discussão: Os problemas da energia nuclear.....	16
4. Avaliação: Mitos e verdades sobre a energia nuclear.....	16
RELATO DE APLICAÇÃO	17
MATERIAL DO ALUNO	19

O que são as Sequências de Ensino Investigativas?



Imagem: <https://goo.gl/images/sYJAZ1>

■ O que são as Sequências de Ensino Investigativas?

As Sequências de Ensino Investigativas (SEI) estruturam importantes resultados das pesquisas em ensino de Física e Ciências, representando referências fundamentais para o planejamento de aulas transformando-as em atividades mais motivadoras e significativas para alunos e professores (CARVALHO, 2013).

Segundo Carvalho (2013), estas atividades propõem não somente a observação dos fenômenos ou a realização dos passos de um experimento, mas que os alunos, tenham momentos para questionamentos, testes de hipóteses, trocas de informações e sistematização de idéias.

As SEI's permitem a busca de um problema que deve fazer parte da realidade do aluno e explorar o interesse deles na procura de uma solução, de um problema que pode ser proposto por meio de atividades experimentais ou não experimentais.

■ Etapas da SEI

Desse modo, as sequências investigativas podem seguir etapas para o seu desenvolvimento: o problema, sistematização do conteúdo, contextualização social do conhecimento e Atividade de avaliação.



Imagem própria

O que são as Sequências de Ensino Investigativas?



Imagem: <https://goo.gl/images/sYJAZI>

A) O PROBLEMA

O tipo de problema para iniciar uma SEI pode variar entre, problemas experimentais ou não experimentais, demonstração investigativa, problema aberto ou até uma leitura investigativa. A problematização inicial deve conter questionamentos de forma dialógica. Este momento tem como objetivos principais: envolver o aluno com o tema que será abordado e diagnosticar as pré-concepções dos alunos acerca do tema. Neste primeiro momento, a função do professor é questionar.

B) SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

O professor deve organizar os conteúdos de forma que haja a completa compreensão do tema e do problema apresentado. Esta organização visa ampliar o diálogo do desafio inicial, introduzindo uma nova visão de conhecimento aos alunos, a visão científica.

C) CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIAL DO CONHECIMENTO

Os textos de contextualização devem se seguir de questionamentos que relacionem o problema investigado com o problema social (ou tecnológico). Deve-se seguir as mesmas etapas anteriores: discussão em grupo pelos alunos, discussão com toda classe com supervisão do professor, atividade escrita. Deseja-se que o aluno seja capaz de articular a conceituação científica com situações reais e não pura e simplesmente encontrar uma solução matemática a um problema típico do livro didático.

D) ATIVIDADE DE AVALIAÇÃO

A avaliação deve ser realizada pelo professor e incluir a observação das ações realizadas e dos resultados obtidos pela turma como um todo, como também individualmente e as participações dos alunos durante a aula. Destaca-se que no contexto de uma SEI, avaliar os conteúdos processuais e atitudinais é importante, visto que fazem parte dessa metodologia.

Alfabetização Científica



Imagem: <https://goo.gl/images/6FDjmb>

■ Alfabetização Científica

Nos dias atuais, pesquisadores têm identificado a necessidade de que a Alfabetização Científica (AC) seja pensada como um elemento fundamental no campo educacional, estando diretamente ligada ao ensino de Ciências e nas relações que envolvem o homem e a natureza, visando à formação de cidadãos cientificamente alfabetizados.

A AC pode ser usada para planejar um ensino que permita ter conhecimentos com uma nova cultura, novos saberes e com uma maneira diferente de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los por meio das suas ações e suas habilidades associadas ao fazer científico.

Com a intenção de classificar as diferentes concepções sobre as habilidades a serem trabalhadas no desenvolvimento da AC, foram identificados três eixos estruturantes.

Eixo Estruturante	Habilidade
1º	Promover um ensino capaz de levar os alunos à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais;
2º	Compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática;
3º	Entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente (CTSA).

A utilização dos três eixos para o planejamento e elaboração de atividades, deve ser capaz de iniciar o processo de AC, já que os eixos criam oportunidades para trabalhar problemas envolvendo sociedade e ambiente, discutindo os fenômenos naturais associados ao mundo e cotidiano dos alunos.

Pode-se concluir, que alfabetizar cientificamente os alunos mostra a necessidade de trabalhar Ciências de modo a frisar os temas científicos do cotidiano para a tomada decisões conscientes e crítica.

Roteiro do professor

1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM



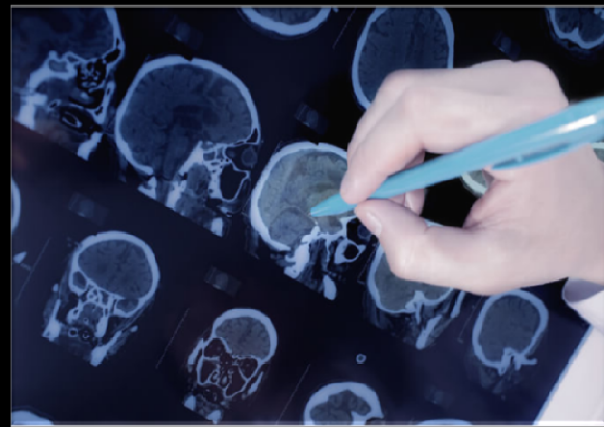
Imagem: <https://goo.gl/images/MhojKi>

As sequências se baseiam em buscar estratégias facilitadoras da aprendizagem por meio da utilização de experimentos, textos, vídeos, uso da história da ciência, entre outras atividades. O quadro a seguir contém o roteiro da primeira sequência.

Quadro 1: 1º ciclo da SEI – Onde a Física e a Medicina se encontram

Etapas da SEI	Intencionalidades Pedagógicas	Recurso Didático	Descrição
1 Problematização inicial	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Experimento e discussão	No primeiro momento a turma será dividida em grupos. Em seguida será realizada a demonstração investigativa do experimento de Becquerel. Após a demonstração, cada grupo deve responder a questão na tentativa de explicar o que ocorreu no experimento.
2 Sistematização do conhecimento	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Leitura e discussão	Os alunos receberão um texto "O experimento de Becquerel". Ao final do texto terão que responder uma questão e discutir as respostas com a classe.
3 Sistematização do conhecimento	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Vídeo e slide	Os alunos assistirão a um vídeo que explica o experimento de Rutherford e as partículas alfa, beta e gama. Após o vídeo o professor deve iniciar as discussões pontuando os conceitos mais relevantes em uma aula expositiva e dialogada.
4 Sistematização do conhecimento	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Experimento e gráficos	Após breve explicação sobre conceitos de decaimento radioativo e meia vida, o professor deve separar a turma em grupos para realizar atividade experimental do fenômeno do decaimento radioativo por meio de uma analogia utilizando moedas.
5 Contextualização social	Entendimento das relações existentes entre ciências, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Eixo III).	Visita técnica	Os alunos serão levados a uma clínica que realiza diagnósticos e, separados em grupos, terão que realizar perguntas para uma entrevista gravada que será apresentada a toda turma.
6 Avaliação	Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática (Eixo II).	Computador e projetor.	Será levantada uma discussão sobre os conceitos vistos nas aulas anteriores. Os alunos irão produzir um painel onde explicarão tais conceitos.

Roteiro Professor



1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

• PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Uma atividade de conhecimento físico: O experimento de Becquerel

Esta atividade, propõe uma demonstração investigativa que envolve uma simulação de experimento radioativo – o experimento de Becquerel. Nesta etapa, o professor tem papel de propor um problema e testar as hipóteses dos alunos e questioná-los sobre novas idéias, possibilitando que eles percebam outras variáveis.

Com os alunos separados em grupos (de 4 a 5 alunos, de acordo com o tamanho da turma) e com o experimento montado, o professor deve lançar o problema inicial e dar tempo para que eles discutam entre si e escrevam suas hipóteses.

O que você acha que vai acontecer quando iluminarmos o sabão em pó, a água tônica e a carga da caneta marca texto com luz ultravioleta?

Após a demonstração, ainda separados em grupos, os alunos podem discutir o que ocorreu no experimento, tentando responder ao segundo problema.

Por que esse fenômeno ocorre?

Os alunos devem descrever o experimento demonstrado e relatar suas hipóteses em forma de texto e entregar ao professor. Resolvido o problema, a sala será organizada em forma de círculo e devem-se discutir as respostas obtidas.

Espera-se que os alunos consigam relacionar o fenômeno com a radioatividade.

DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA

O experimento de Becquerel



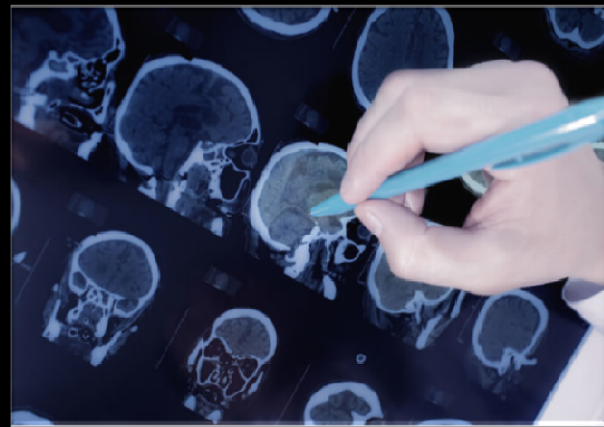
MATERIAIS

Luminária com luz negra;
Três frascos de laboratório;
Água;
Água tônica;
Caneta marca texto;
Sabão em pó.

PROCEDIMENTO

Em três béqueres são colocados água tônica, tinta de marca texto e sabão em pó, depois os materiais são irradiados com luz ultravioleta.

Roteiro Professor



1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

• SISTEMATIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Leitura e discussão do texto: “Becquerel descobriu a radiação?”

Nesse momento, deve-se iniciar a aula distribuindo o texto “Becquerel descobriu a radiação?” e em seguida solicitar que os alunos façam a leitura do mesmo. Após a leitura do texto os alunos devem voltar formação de grupos da aula anterior (formação essa que será levada em todas as etapas da SEI) e iniciar a discussão para responderem a questão proposta:

É comum ler em livros que Becquerel descobriu a radioatividade, mas não foi bem isso que aconteceu. Em seus experimentos, Becquerel percebeu que sais de urânio (que foi escolhido por ser luminescente) marcavam filmes fotográficos tanto expostos ao Sol, quanto dentro de uma gaveta escura, ele não conseguiu explicar o que havia ocorrido naquele momento. O trabalho do casal Curie e Rutherford foram fundamentais para a compreensão do fenômeno da radioatividade. Qual é a relação entre o fenômeno de luminescência e a radioatividade? E quais foram às principais contribuições que o casal Curie e Rutherford deram para a radioatividade?”

Esta questão tem como objetivo proporcionar a participação do aluno de modo que ele comece a produzir seu conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e fazer, bem como entender o que moveu Becquerel a realizar os seus experimentos com o urânio e discutir a ideia de descoberta científica. Espera-se que com a leitura do texto o aluno consiga relacionar a demonstração do primeiro momento com a história acerca do fenômeno.

Em seguida, deve-se organizar a turma em círculo a fim de dar início a uma dinâmica de grupo para fins de relato do que foi apreendido de conhecimento e para que os estudantes relatem como chegaram às respostas. Com essa dinâmica, espera-se que muitos consigam reformular as respostas que foram dadas aos questionamentos iniciais relacionados as observações da 1ª atividade.

Roteiro Professor

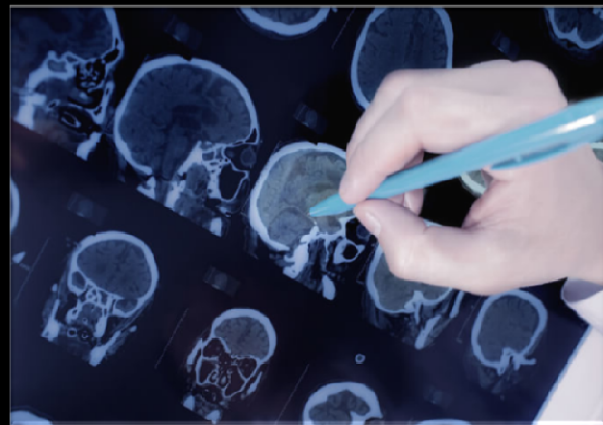


Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

• SISTEMATIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Vídeos e discussão: Conhecendo as Radiações

Com o objetivo de sistematizar o conceito de radiação e radioatividade, visando garantir que os alunos aprendam o conteúdo, deve ser iniciada a aula 3, com a apresentação de um vídeo “Radioatividade: Radiações alfa, beta e gama”.

O professor deve iniciar a aula organizando a classe para assistirem ao vídeo, que busca sistematizar a discussão ocorrida na aula anterior, trazendo informações de diferentes tipos de radiação, suas características e suas utilizações.

Após a apresentação do vídeo, o professor deve iniciar as discussões com toda classe sobre as informações coletadas, os alunos devem ser levados a refletir onde as radiações apresentadas no vídeo são utilizadas.

Em seguida, o professor pode iniciar uma aula expositiva com apresentação de slides abordando os conceitos de radiações ionizantes e não-ionizantes, explicando suas causas e efeitos, além de demonstrar o que é radioatividade e como calcular o decaimento radioativo e meia-vida.

Ao final da aula, deve-se retomar a discussão realizada após a apresentação do vídeo, com o intuito de esclarecer quaisquer dúvidas dos alunos.


Vídeo inicial



Disponível em: <https://youtu.be/JRhc7v6SN5g>

Slide da aula

O que é radiação?



Radiação é a propagação de energia na forma de ondas eletromagnéticas ou partículas.

Ou seja, radiação nada mais é do que **energia**.

A radiação pode ser tanto um fenômeno **natural** como **artificial**.

Disponível em: http://bit.ly/SEI1_slide3

Roteiro Professor

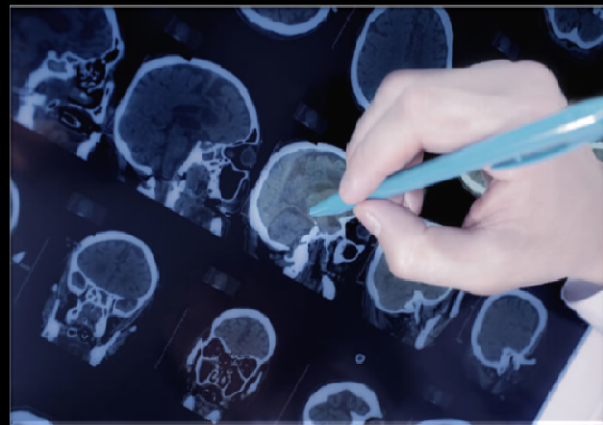


Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

• SISTEMATIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Experimentação: análise de dados e gráficos

Neste momento, o professor deve iniciar a aula retomando os conceitos de decaimento radioativo e meia vida estudados na aula anterior. Após a breve explicação, o professor deve separar a turma em grupos e distribuir entre eles uma caixa de sapato e um saquinho com algumas moedas (no mínimo 10 moedas). Os alunos deverão observar o fenômeno do decaimento radioativo por meio de uma analogia utilizando moedas.

Nesta atividade cada moeda representará um átomo instável de um determinado elemento químico. A atividade deve ser repetida três vezes e os dados coletados deverão ser utilizados para preencher a tabela sugerida e, depois, gerar um único gráfico representando as três curvas obtidas a partir dos valores da tabela.

Depois de feita a experimentação para as três amostras, os valores da tabela devem ser utilizados para a construção de um gráfico. Neste gráfico cada amostra deve ter seus valores anotados com uma cor diferente.

Como o tipo de gráfico obtido irá apresentar uma curva decrescente que, no entanto, nunca chega a tocar o eixo horizontal. O professor deve questionar os alunos a fim de iniciar uma discussão: O que isso significa em termos de desintegração radioativa de um material real? É esperado que os alunos entendam como o fenômeno ocorre e quais as suas causas e implicações.

Ao final da aula, deve ser distribuído para os alunos parte de uma apostila intitulada “Aplicações da energia nuclear” da Comissão Nacional de Energia Nuclear/CNEN (Disponível em <http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/aplicacoes-da-energia-nuclear.pdf>) como leitura extraclasse para dar continuidade a próxima atividade.

O recorte da apostila se encontra no anexo deste produto.

Roteiro Professor

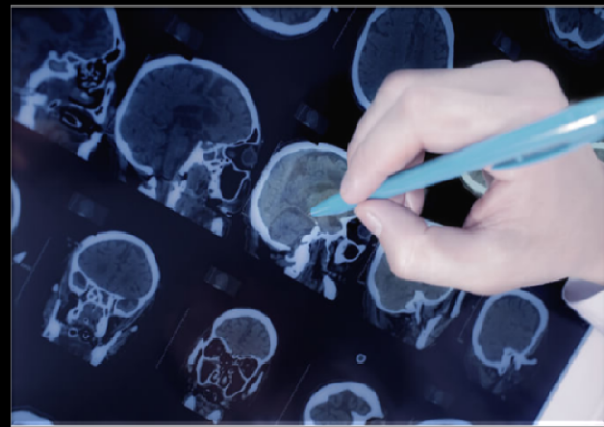


Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

ROTEIRO PARA O PROFESSOR

OBJETIVOS:

Observar o fenômeno do decaimento radioativo por meio de uma analogia utilizando moedas.

MATERIAIS:

no mínimo 10 moedas por grupo;
uma caixa de sapatos vazia e com tampa;
régua;
lápiz de cor;
caderno e caneta para anotações.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

1. Divida a classe em grupos. Cada grupo deve ter um kit de materiais necessários para o experimento.
2. Cada grupo deverá colocar suas moedas no interior da caixa e então fechá-la. (O professor deve explicar aos alunos que as moedas representam átomos instáveis e a caixa é o corpo que contém esses “átomos”)
3. A caixa deve ser agitada de forma que as moedas em seu interior possam ficar de forma aleatória com as faces “cara” ou “coroa” para cima. Cada agitação da caixa representará um período de meia-vida do elemento químico que está sendo representado pelas moedas.
4. Após cada evento de meia-vida, ou seja, após ter agitado a caixa, a tampa deve ser aberta e o grupo deve retirar as moedas que tiverem a face “cara” (número) voltada para cima. Essas moedas representam simbolicamente os átomos que sofrem decaimento transformando-se em outro elemento químico. A quantidade de moedas restante na caixa deve ser contada e anotada na tabela anexa. Para o tempo de meia-vida 0 a quantidade de moedas é, obviamente, o total delas.
5. O experimento com a amostra 1 termina quando atingir-se a 12ª meia-vida (12 agitações da caixa) ou quando não restarem mais moedas com a face coroa para cima. As moedas devem então ser recolocadas na caixa para a repetição do experimento com a segunda amostra. Idem para a terceira amostra
6. Depois de feita a experimentação para as três amostras, os valores da tabela devem ser utilizados para a construção de um gráfico. Neste gráfico cada amostra deve ter seus valores anotados com uma cor diferente.

Roteiro Professor

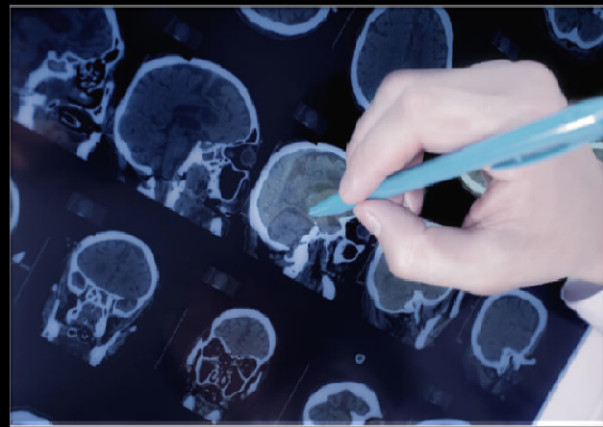


Imagem: <https://goo.gl/images/C1eQSR>

1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

• CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIAL

Visita técnica: Onde a Física e a Medicina se encontram

Esta atividade tem como objetivo integrar os conhecimentos até então estudados sobre as radiações com o reconhecimento de sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos. Para isso, o professor pode procurar clínicas de diagnósticos em sua cidade e perguntar sobre a disponibilidade para uma visita técnica.

Durante a visita os alunos devem ficar atentos e fazer anotações das explicações dos procedimentos, para a realização da etapa de avaliação desta SEI.

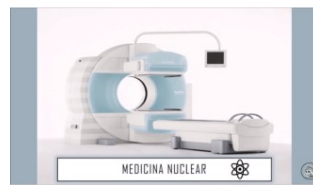
Caso o professor não consiga realizar a visita técnica, esta etapa pode ser adaptada.

Sugestão 1: O professor deve organizar a sala, para que os alunos assistam aos seguintes vídeos:



A importância da medicina nuclear

<https://youtu.be/WFq1fL6s-rs>



Medicina Nuclear (Função do Radiofármacos)

<https://youtu.be/3qFTAsTqdTI>

Após assistirem, o professor deve iniciar uma discussão com toda sala sobre quais aspectos os alunos acharam mais relevantes e quais aplicações acharam mais interessantes.

Sugestão 2: O professor deve dividir a sala em grupos e distribuir entre eles o artigo “Quando a física e a medicina se encontram” disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//educacao-rede-cancer-21.pdf> e em anexo nesse produto.

Após a leitura do texto, o professor deve iniciar uma discussão com toda sala sobre quais aspectos os alunos acharam mais relevantes.

Roteiro Professor

1ª SEI: ONDE A FÍSICA E A MEDICINA SE ENCONTRAM

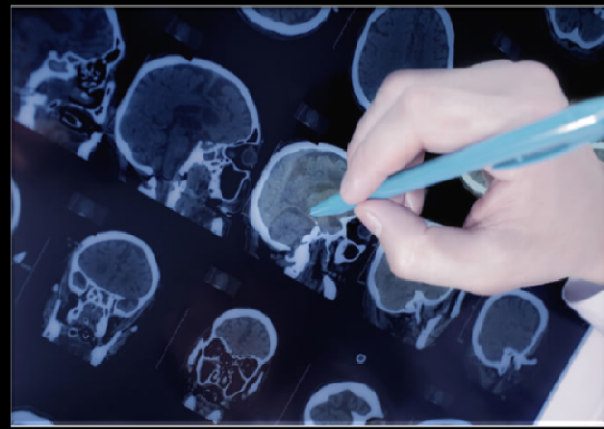


Imagem: <https://goo.gl/images/CIeQSR>

• AVALIAÇÃO

Avaliação: divulgação do conhecimento

Para fechar o primeiro ciclo da SEI, deve ser realizada uma atividade de avaliação formativa, que tem como objetivo confirmar se os alunos estão ou não aprendendo o conteúdo. No início da aula, cada grupo deve ter de 5 a 8 minutos para apresentar o que aprenderam durante a visita técnica (caso a visita não tenha sido possível, o professor deve avaliar a necessidade desta etapa).

Após as apresentações, o professor deve distribuir cartolinas, lápis de cor e hidrocores (ou solicitar na aula anterior que os alunos tragam de casa). O professor deve pedir que cada grupo construa um cartaz explicando "*O que é a radioatividade e onde ela pode ser aplicada*".

O professor deve deixar os alunos livres para construir os cartazes, e explicar que eles também podem fazer desenhos.

Ao terminarem a confecção dos cartazes, os mesmos devem ser expostos na sala de aula.

Roteiro do professor

2ª SEI: ENTENDENDO A ENERGIA NUCLEAR



Imagem: <https://goo.gl/images/MhojKi>

É importante ressaltar que uma SEI deve seguir etapas para o seu desenvolvimento: o problema, sistematização do conteúdo, contextualização social do conhecimento e atividade de avaliação (CARVALHO, 2013). O quadro a seguir contém o roteiro da segunda sequência.

Quadro 2: 2º ciclo da SEI – Entendendo a Energia Nuclear

Etapas da SEI	Intencionalidades Pedagógicas	Recurso Didático	Descrição
1 Problematização inicial	Discussão sobre os conhecimentos e conceitos científicos fundamentais (Eixo I).	Experimento, slide e discussão	Demonstração investigativa com experimento das ratoeiras para explicação dos processos de fissão nuclear.
2 Sistematização do conhecimento	Compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática (Eixo II).	Vídeo e slide	Os alunos assistirão um vídeo “Entramos na usina nuclear de Angra!!! #Boravê”. Ao final do vídeo terão uma aula expositiva e dialogada.
3 Contextualização social	Entendimento das relações existente entre ciências, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Eixo III).	Análise textual e discussão	Os alunos irão analisar os conceitos físicos presentes em reportagens sobre acidentes nucleares encontrados em revistas eletrônicas.
4 Avaliação	Entendimento das relações existente entre ciências, tecnologia, sociedade e meio ambiente (Eixo III).	Atividade em grupo	Mitos e verdades sobre a energia nuclear– Os alunos serão questionados pelo professor e terão que responder se é mito ou verdade.

Roteiro Professor

2ª SEI: ENTENDENDO A ENERGIA NUCLEAR



Imagem: <https://goo.gl/images/HTBis2>

• PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Uma atividade de conhecimento físico: Reação em cadeia

Para dar início ao segundo ciclo da SEI, o professor deve realizar uma demonstração investigativa do experimento de simulação de reação em cadeia – Experimento da ratoeira. Um experimento simples para ilustrar o processo de fissão nuclear.

O professor pode construir a caixa ou então apresentar aos alunos uma simulação em vídeo (disponível: <<https://youtu.be/F1u3YFNe5ls>>). Nesta simulação a bola a ser lançada representará o nêutron e as ratoeiras com as bolas de pingue-pongue representam os núcleos de urânio a serem fissurados, quando a bola lançada atinge a primeira ratoeira e desprende a primeira bola, que representa o nêutron liberado provoca a reação em cadeia.

Antes da demonstração, os alunos devem ser indagados sobre o que ocorre quando a bolinha se chocar com as demais.

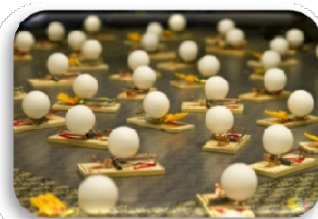
O que você acredita que vai acontecer quando soltar a bolinha sobre as ratoeiras?

Os alunos devem então fazer um texto explicando o processo. E após a apresentação do vídeo devem explicar:

Por que você acha que isso ocorreu?

Após responderem aos questionamentos, o professor deve iniciar uma aula expositiva e dialogada sobre os conceitos de fissão nuclear, reação em cadeia e fusão nuclear e suas aplicações, com a finalidade de esclarecer as dúvidas sobre o fenômeno observado durante a simulação. (slide disponível em: <http://bit.ly/SEI2_slideaula1>)

DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA Experimento da ratoeira



<https://goo.gl/images/Lunx2h>

MATERIAIS

Ratoeiras;
Bolas de pingue-pongue;
Caixa de acrílico.

PROCEDIMENTO

Armar as ratoeiras dentro da caixa de acrílico e colocar com cuidado as bolinhas no lugar da isca;
Depois de armar todas as ratoeiras deve-se fechar a caixa e soltar a bolinha mais pesada pela buraco da tampa.

Roteiro Professor

2ª SEI: ENTENDENDO A ENERGIA NUCLEAR



Imagem: <https://goo.gl/images/HTBis2>

• SISTEMATIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS

Leitura e discussão do texto: Usinas nucleares

Nesse momento, a aula deve ser iniciada com a organização da turma para assistirem a um vídeo de uma visita técnica na usina nuclear de Angra, buscando sistematizar os conteúdos e despertar a curiosidade dos alunos.

Após a exibição do vídeo o professor deve iniciar uma discussão com toda turma sobre alguns aspectos importantes na geração de energia em uma usina nuclear.

Devem ser retomados os conteúdos de fissão nuclear e reação em cadeia estudados na aula anterior, além de dar ênfase em questões como o combustível utilizado na usina, medidas de contenção da reação em cadeia e descarte de lixo nuclear.



Entramos na usina nuclear de Angra!!! #Boravê

<https://youtu.be/ZsR-2zkEwCM>

• CONTEXTUALIZAÇÃO SOCIAL

Leitura e discussão: Os problemas da energia nuclear

Esta atividade tem como objetivo analisar os conceitos físicos presentes em reportagens sobre acidentes nucleares encontrados em revistas eletrônicas. Nesta etapa é que se realiza o aprofundamento do conteúdo, onde se observa a aplicação do conteúdo em um contexto social.

O professor deve distribuir entre os grupos, reportagens que abordem assuntos como as bombas atômicas; acidente de Chernobyl; acidente do Césio 137 em Goiânia; e o acidente de Fukushima. Pedir para os grupos lerem os textos distribuídos. Após este momento, organizar a turma em círculo e realizar uma discussão sobre os conceitos encontrados.

Roteiro Professor

2ª SEI: ENTENDENDO A ENERGIA NUCLEAR



Imagem: <https://goo.gl/images/HTBis2>

• AVALIAÇÃO

Avaliação: Mitos e verdades sobre a energia nuclear

Para finalizar este ciclo, deve ser realizada a atividade de avaliação com a discussão sobre “*Os mitos e verdades sobre a energia nuclear*”.

Para iniciar a atividade, o professor deve organizar a turma em grupos e arrumar a sala em vários círculos (de acordo com o número de grupos) e distribuir para cada grupo duas placas, uma escrita mito e a outra verdade e lançar o tema da atividade: “Mitos e verdades sobre a energia nuclear” .

A dinâmica da atividade deve ser da seguinte maneira: o professor faz 10 perguntas e cada uma delas valerá 1 ponto; depois que o professor fizer a pergunta, os grupos terão 2 minutos para discutirem e anotarem as justificativas das respostas e passado esse tempo devem levantar a plaquinha; o professor deve anotar no quadro a resposta de cada grupo. Ao final das perguntas, durante a contagem da pontuação de cada grupo, o professor deve questionar os alunos sobre as respostas explicando se realmente é mito ou verdade; o professor deve contar a pontuação de cada grupo e definir o vencedor. As perguntas sugeridas são:

1. O maior perigo do material radioativo à saúde é que ele demora a sair do corpo;
2. A exposição à radioatividade causa morte instantânea;
3. Uma pessoa contaminada por radiação pode contaminar outra;
4. As usinas nucleares jogam lixo radioativo na natureza;
5. Uma usina nuclear é semelhante a uma fábrica de bombas nucleares;
6. As usinas nucleares iniciam o processo de geração de energia a partir do processo de fissão nuclear;
7. Uma usina nuclear pode explodir como uma bomba nuclear;
8. Qualquer nível de radiação faz mal à saúde;
9. O processo de fusão nuclear só ocorre na superfície de estrelas como o Sol;
10. Num acidente com liberação de material radioativo, fechar a casa ajuda;

Relato de aplicação



Imagem: <https://https://images.app.goo.gl/2BbPxT8ttp7NgbKx5>

SOBRE A APLICAÇÃO

Este produto educacional foi pensado com objetivo de verificar se uma Sequência de Ensino Investigativo possui elementos para auxiliar no desenvolvimento da Alfabetização Científica, além de inserir o contexto da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Pode-se notar que as discussões levaram os alunos a usarem as habilidades próprias do “fazer científico”, percebidas através dos indicadores da Alfabetização Científica. Esse fato evidencia que os alunos participantes destas discussões estão em processo de se alfabetizarem cientificamente, demonstrando a capacidade das sequências analisadas de inseri-los em discussões próprias das Ciências.

Apesar de exigir muito tempo e dedicação, implementar as atividades descritas neste produto mostrou ser uma boa estratégia de motivação para os alunos aprenderem Física. As discussões geradas, os questionamentos e participação dos alunos nessas aulas diferenciadas, me incentivaram a continuar nesta perspectiva.

Vale ressaltar ainda que esta proposta dá oportunidade aos estudantes de expor suas concepções, serem os protagonistas de seu próprio conhecimento e, principalmente, dá ao professor oportunidade de confrontá-las fazendo-os expandir suas ideias prévias.



Material do aluno



Imagem: <https://goo.gl/images/29mhZH>

SOBRE O MATERIAL DO ALUNO

Professor, estão relacionadas nas próximas páginas as atividades para o aluno realizar em todas as etapas dos dois ciclos da sequência didática. Essa coletânea de textos e atividades foi pensada para enriquecer o processo de produção coletiva dos estudantes em sala de aula.

Além disso, pretendemos que este material auxilie nos momentos de discussão e leitura, abrindo os horizontes dos estudantes, incentivando a pesquisa e a busca contínua de informações significativas para sua vida e para o prosseguimento de seus estudos.

Para baixar os arquivos das atividades, basta acessar os links:

SEI 1 : http://bit.ly/SEI1_ATIVIDADE1

http://bit.ly/SEI1_TEXTO_ATIVIDADE2

http://bit.ly/SEI1_ATIVIDADE2

http://bit.ly/SEI1_ATIVIDADE3

http://bit.ly/SEI1_ATIVIDADE4

SEI2: http://bit.ly/SEI2_ATIVIDADE1

http://bit.ly/SEI2_ATIVIDADE2_TEXT01

http://bit.ly/SEI2_ATIVIDADE2_TEXT02

http://bit.ly/SEI2_ATIVIDADE2_TEXT03

http://bit.ly/SEI2_ATIVIDADE2_TEXT04

http://bit.ly/SEI2_ATIVIDADE3

BECQUEREL DESCOBRIU A RADIAÇÃO?

Os fenômenos radioativos começaram a ser descobertos em 1896 pelo cientista francês Antoine Henri Becquerel (1852-1908). No entanto, as suas descobertas só foram possíveis graças aos estudos anteriores sobre os raios X. Assim, vejamos primeiro como os raios X foram descobertos e qual a sua relação com a descoberta da radioatividade, acontecimentos importantes que marcaram o caso do século passado.

Em 1895, o físico alemão **Wilhelm Konrad Röntgen (1845-1923)** descobriu de maneira acidental "um novo tipo de raio", que possibilitava "ver" dentro do corpo humano. Como esse cientista não sabia qual era exatamente a natureza desses raios, ele chamou-os de **raios X**. Certa noite, ele estava em seu laboratório, onde havia uma ampola de Crookes, um tubo de vidro vedado que tinha no seu interior gases em pequena quantidade, a baixas pressões, e, em sua extremidade, havia dois eletrodos, isto é, peças metálicas ligadas a uma fonte elétrica externa que estabelecia uma diferença de potencial, passando corrente elétrica pelos gases dentro do tubo.

A ampola de Crookes estava coberta com papel-cartão preto e as luzes estavam apagadas. Então, Röntgen notou que uma tela recoberta de platino-cianeto de bário, que estava por acaso no laboratório, começou a brilhar quando ele ligou a ampola. O platino-cianeto de bário é uma substância fluorescente, o que significa que ele emite luz visível quando absorve energia de determinada fonte, mas cessa depois que a fonte é desligada. Depois de fazer vários



Wilhelm Konrad Röntgen (1845-1923)

testes, Röntgen chegou à conclusão de que raios vindos da ampola atingiam o platino-cianeto de bário.

Ele notou também que eles não sofriam desvio por campo elétrico e c mais impressionante: podiam sensibilizar uma chapa fotográfica, permitindo que ele visse os ossos de suas mãos. Abaixo temos a radiografia da mão da esposa de Röntgen, Anna Bertha Ludwig. Veja que os raios X não atravessaram o ouro da aliança e, por isso, o osso na região da aliança não ficou visível. Os raios X tiveram uma tremenda repercussão, tanto que Röntgen recebeu em 1901 o Prêmio Nobel de Física por sua descoberta.



Radiografia da mão da esposa de Röntgen, Anna Ludwig

• Raios X

A descoberta de Röntgen levou Becquerel, no início do ano de 1896, a testar a hipótese de que as substâncias fosforescentes (substâncias que emitem luz visível depois de absorver energia de outra fonte, mas que, ao contrário das substâncias fluorescentes, continuam emitindo luz por algum tempo, mesmo depois que a fonte de energia é desligada) e fluorescentes também emitiriam raios X.

Ele fez isso deixando as amostras de um minério de urânio, o sulfato duplo de potássio e a uranila di-hidratada. Em seguida, ele colocou essas amostras em contato com um filme fotográfico envolvido por um invólucro preto para ver se elas impressionavam o filme e, assim, emitiam raios X.

No entanto, começou um tempo de chuva em Paris e Becquerel teve que guardar as



Antoine Henri Becquerel (1852-1908)

suas amostras em uma gaveta escura com alguns filmes virgens protegidos com um papel preto. Novamente, um fato acidental aliado à perspicácia resultou em uma descoberta excepcional. Veja um trecho do relatório que Becquerel fez à Academia de Ciências da França:

“Como o sol não voltou a aparecer durante vários dias, revelei as chapas fotográficas a 1º de março, na expectativa de encontrar imagens muito deficientes. Ocorreu o oposto: as silhuetas apareceram com grande nitidez. Pensei imediatamente que a ação poderia ocorrer no escuro.”

Becquerel também descobriu que essa radiação que o urânio emitia também ionizava gases, transformando-os em condutores.

Entrou então em cena o

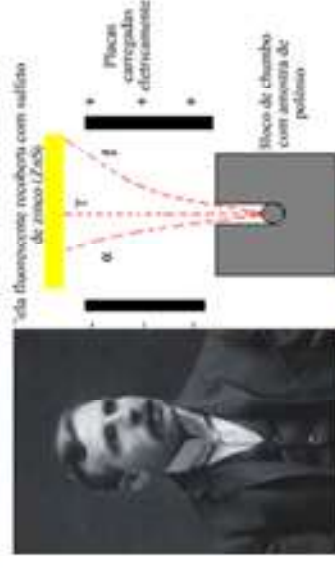
casal **Pierre Curie (1859-1906)** e **Marie Curie (1867-1934)**.

Juntamente a eles, Becquerel descobriu que a propriedade que ele viu era pertencente ao urânio, pois todos os minérios de urânio emitiam os raios que impressionavam o filme. Marie Curie batizou essa propriedade de **urânio emitir raios de radioatividade**.

Os trabalhos do casal Curie tiveram crucial importância na mudança de rumo que tomara a radioatividade. Em abril de 1898, Marie Curie constatou que havia algum componente mais ativo que o urânio em seus minerais naturais. Esse casal trabalhou durante três anos exaustivamente, usaram 1400 litros de um minério de urânio chamado pitchblenda ou uranita (UO_2) e, em 1902, isolaram átomos de dois

elementos químicos radioativos que não eram conhecidos na época. O primeiro, eles chamaram de **rádio**, pois ele era **2 milhões de vezes mais radioativo que o urânio**; o segundo, eles chamaram de **polônio**, em homenagem à Polônia, terra natal de Madame Curie. Em 1903, Marie Curie, Pierre Curie e Antoine-Henri Becquerel dividiram o Prêmio Nobel de Física pelos seus trabalhos com radioatividade.

Anos mais tarde, o físico neozelandês **Ernest Rutherford (1871-1937)** realizou um experimento mostrado na figura abaixo, que identificou a natureza da radioatividade, mostrando que ela se originava do núcleo. Para mais detalhes sobre isso, leia o texto **Emissões Radioativas Naturais**. Ernest Rutherford recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1908 pelos estudos da desintegração de elementos e a química das substâncias radioativas.



Ernest Rutherford

Texto disponível em: < <https://mundeducacao.bol.uol.com.br/quimica/descoberta-radioatividade.htm> >

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 3

Atividade 3 – Roteiro do experimento

• Objetivos:

Observar o fenômeno do decaimento radioativo por meio de uma analogia utilizando moedas.

• Materiais:

Moedas;

Caixa de sapatos com tampa;

Régua;

Lápis de cor;

Caderno e caneta para anotações.

• Procedimento experimental:

1. Colocar as moedas no interior da caixa e então fechá-la.
2. A caixa deve ser agitada de forma que as moedas em seu interior possam ficar de forma aleatória com as faces “cara” ou “coroa” para cima.
3. Cada agitação da caixa representará um período de meia-vida do elemento químico que está sendo representado pelas moedas.
4. Após ter agitado a caixa, a tampa deve ser aberta, retire as moedas que tiverem a face “cara” (número) voltada para cima. Essas moedas representam simbolicamente os átomos que sofrem decaimento transformando-se em outro elemento químico.
5. A quantidade de moedas restante na caixa deve ser contada e anotada na tabela anexa. Para o tempo de meia-vida 0 a quantidade de moedas é, obviamente, o total delas.
6. O experimento com a amostra 1 termina quando atingir-se a 12ª meia-vida (12 agitações da caixa) ou quando não restarem mais moedas com a face coroa para cima.
7. As moedas devem então ser recolocadas na caixa para a repetição do experimento com a segunda amostra. Idem para a terceira amostra
8. Depois de feita a experimentação para as três amostras, os valores da tabela devem ser utilizados para a construção de um gráfico. Neste gráfico cada amostra deve ter seus valores anotados com uma cor diferente.

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 3

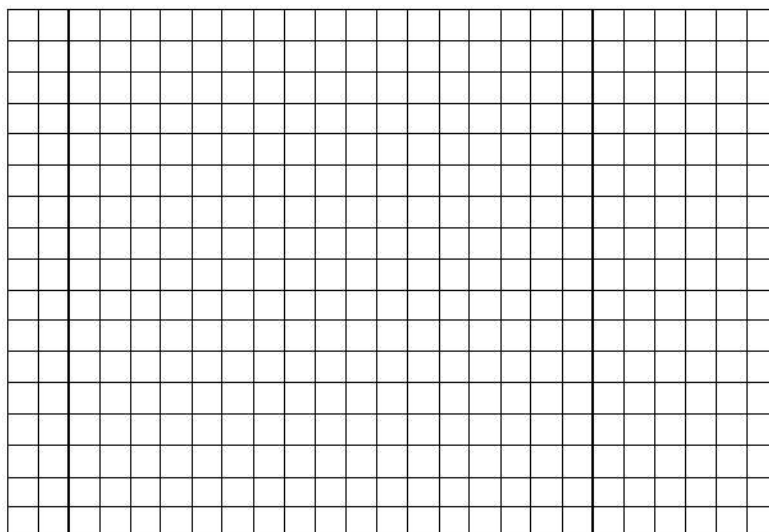
Disciplina: Física	Prof.:	Turma:	Data:
Alunos:			

Atividade 3

1. Anote na tabela o número de moedas que ficaram com a “cara” voltada para cima após cada agitação.

Meia-vida	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

2. Depois de feita a experimentação para as três amostras, use os valores da tabela para a construir um gráfico do numero de átomos/moedas (eixo y) X número de meias-vidas /agitações (eixo x). Neste gráfico cada amostra deve ter seus valores anotados com uma cor diferente.



MATERIAL DO ALUNO

Atividade 4 – leitura extraclasses



Apostila educativa
Aplicações da Energia Nuclear



Apostila educativa
Aplicações da Energia Nuclear

OS BENEFÍCIOS DA ENERGIA NUCLEAR E DAS RADIAÇÕES

Infelizmente são pouco divulgados os grandes benefícios da energia nuclear.

A cada dia, novas técnicas nucleares são desenvolvidas nos diversos campos da atividade humana, possibilitando a execução de tarefas impossíveis de serem realizadas pelos meios convencionais.

A medicina, a indústria, particularmente a farmacêutica, e a agricultura são as áreas mais beneficiadas.

Os isótopos radioativos ou **radioisótopos**, devido à propriedade de emitirem radiações, têm vários usos. As radiações podem até atravessar a matéria ou serem absorvidas por ela, o que possibilita múltiplas aplicações. Mesmo em quantidades cuja massa não pode ser determinada pelos métodos químicos, a radiação por eles emitida pode ser detectada.

Pela absorção da energia das radiações (em forma de calor) células ou pequenos organismos podem ser destruídos. Essa propriedade, que normalmente é altamente inconveniente para os seres vivos, pode ser usada em seu benefício, quando empregada para destruir células ou microorganismos nocivos.

A propriedade de penetração das radiações possibilita identificar a presença de um radioisótopo em determinado local.

TRAGADORES RADIOATIVOS

As radiações emitidas por radioisótopos podem atravessar a matéria e, dependendo da energia que possuem, são detectadas ("percebidas") onde estiverem, através de aparelhos apropriados, denominados **detectores de radiação**. Dessa forma, o deslocamento de um radioisótopo pode ser acompanhado e seu percurso ou "caminho" ser "traçado" num mapa do local. Por esse motivo, recebe o nome de **traçador radioativo**.

Traçadores Radioativos - Radioisótopos que, usados em "pequeníssimas" quantidades, podem ser "acompanhados" por detectores de radiação.

MEDICINA NUCLEAR

A **Medicina Nuclear** é a área da medicina onde são utilizados os radioisótopos, tanto em diagnósticos como em terapias.

Radioisótopos administrados a pacientes passam a emitir suas radiações do lugar (no caso, órgão) onde têm preferência em ficar.

Um exemplo prático bem conhecido é o uso do **iodo-131 (I-131)**, que emite partícula beta, radiação gama e tem meia-vida de oito dias.

O elemento iodo, radioativo ou não, é absorvido pelo organismo humano preferencialmente pela glândula tireóide, onde se concentra. O funcionamento da tireóide influi muito no comportamento das pessoas e depende de como o iodo é por ela absorvido.

O fato de ser radioativo não tem qualquer influência no comportamento de um elemento químico em relação aos demais elementos.



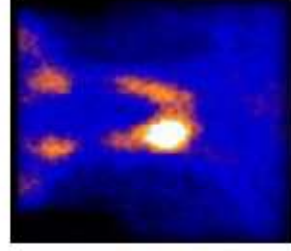
Para diagnóstico de tireóide, o paciente ingere uma solução de iodo ¹³¹I, que vai ser absorvida pela glândula. "Passando" um detector pela frente do pescoço do paciente, pode-se observar se o iodo foi muito ou pouco absorvido em relação ao normal (padrão) e como se distribui na glândula.

O detector é associado a um mecanismo que permite obter um "desenho" ou **mapeamento**, em preto e branco ou colorido da tireóide.

Um diagnóstico, no caso um **radiodiagnóstico**, é feito por comparação com um **mapa padrão** de uma tireóide normal.

A mesma técnica é usada para mapeamento de fígado e de pulmão.

Exemplo de radiodiagnóstico da tireóide, utilizando-se o iodo-131. A área mais brilhante indica maior concentração do radioisótopo



OS RADIOISÓTOPOS NA MEDICINA

Os radioisótopos usados em medicina no Brasil são em grande parte, produzidos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, da CNEN, em São Paulo.

O tecnécio-99 (^{99m}Tc-99m) é utilizado, para obtenção de mapeamentos (cintilografia) de diversos órgãos

- cintilografia renal, cerebral, hepato-biliar (fígado), pulmonar e óssea;
- diagnóstico do infarto agudo do miocárdio e em estudos circulatórios;
- cintilografia de placenta.



Gerador de Tecnécio

Outro radioisótopo, o Samário-153 (¹⁵³Sm-153), é aplicado (injeto) em pacientes com metástase óssea, como paliativo para o dor.

Esses produtos são distribuídos semanalmente pelo IPEN para os usuários.

A RADIOTERAPIA

A radioterapia teve origem na aplicação do elemento **rádio** pelo casal Curie, para destruir células cancerosas, e foi inicialmente conhecida como "Curieterapia". Posteriormente, outros radioisótopos passaram a ser usados, apresentando um maior rendimento. O iodo-131 também pode ser usado em terapia para eliminar lesões, identificadas nos radiodiagnósticos da tireóide, aplicando-se, no caso, uma dose maior do que a usada nos diagnósticos

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 4 – leitura extraclasses



Apostila educativa
Aplicações da Energia Nuclear

O iodo radioativo apresenta as características ideais para aplicação em Medicina, tanto em diagnóstico como em terapia:

- tem meia-vida curta;
- é absorvido preferencialmente por um órgão (a tireóide);
- é eliminado rapidamente do organismo;
- a energia da radiação gama é baixa.

Fontes radiativas (= fontes de radiação) de célio-137 e cobalto-60 são usadas para destruir células de tumores, uma vez que estas são mais sensíveis à radiação do que os tecidos normais (sãos).

Radioterapia = tratamento com fontes de radiação.

Um dos aparelhos de radioterapia mais conhecidos é a **Bomba de Cobalto**, usada no tratamento contra o câncer, e que nada tem de "bomba" (não explode). Trata-se de uma fonte radiativa de cobalto-60 (Co-60), encapsulada ou "**selada**" (hermeticamente fechada) e blindada, para impedir a passagem de radiação. Até bem pouco tempo, para este fim, eram utilizadas fontes de célio-137, que foram substituídas pelas de cobalto-60, que, entre outras razões técnicas, apresentiam maior rendimento terapêutico.

No momento da utilização, a fonte é deslocada de sua posição "segura", dentro do **cabecote de proteção** (feito de chumbo e aço inoxidável), para a frente de um orifício, que permite a passagem de um **feixe de radiação**, concentrado sobre a região a ser "tratada" ou **irradiada**. Após o uso, a fonte é recolhida para a posição de origem ("segura").



Apostila educativa
Aplicações da Energia Nuclear

Deve ficar bem claro que

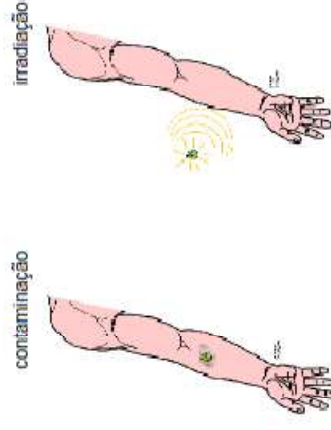
um objeto ou o próprio corpo, quando irradiado (exposto à radiação) por uma fonte radiativa, **NÃO FICA RADIOATIVO**.

É muito comum confundir-se **irradiação** com **contaminação**.

A **contaminação** se caracteriza pela presença de um material indesejável em determinado local.

A **irradiação** é a **exposição de um objeto ou de um corpo a radiação**.

Portanto, pode haver irradiação sem existir contaminação, ou seja, sem contato entre a fonte radiativa e o objeto ou corpo irradiado. No entanto, havendo contaminação radioativa (= presença de material radioativo), é claro que haverá irradiação do meio contaminado. Não se deve confundir o efeito (construtivo ou destrutivo) da radiação com o fato de tornar radioativo um material, só possível por outros processos (em Reatores Nucleares ou aceleradores de partículas).



Efeitos das bombas atômicas sobre Hiroshima e Nagasaki

As bombas atômicas foram lançadas pelos Estados Unidos no Japão, nos dias 6 e 9 de agosto de 1945, nas cidades de **Hiroshima** e **Nagasaki**, durante a Segunda Guerra Mundial. Atribui-se o lançamento das bombas à negativa japonesa de se render e à tentativa americana de evitar uma invasão territorial do Japão. Esse ato foi considerado um crime de guerra.

Justificativas e críticas

Segundo o discurso oficial defendido pelos Estados Unidos, o lançamento das bombas atômicas sobre o Japão foi consequência da negativa japonesa em se render de acordo com os termos estipulados na **Declaração de Potsdam**. Os americanos queriam evitar uma possível invasão por terra do Japão porque isso resultaria em milhares de mortos por causa da dura resistência japonesa nos combates. Do ponto de vista americano, o uso das bombas, apesar de cruel, poupou inúmeras vítimas – principalmente americanas – e antecipou o final da guerra, acabando com a agonia japonesa.

Muitos afirmam que o uso das bombas só ocorreu como uma demonstração de força americana para os soviéticos no contexto da Guerra Fria, que já se delineava no mundo com o final da Segunda Guerra na Europa. Críticas também foram realizadas por aqueles que consideraram o uso das bombas desnecessário, uma vez que o Japão era uma nação falida e não suportaria mais a manutenção da guerra.

Efeitos das bombas

A bomba de Hiroshima, lançada em 6 de agosto de 1945, às 8:15 da manhã, causou uma destruição imensa. Charles Pellegrino afirma que a pessoa mais próxima da explosão da bomba foi a **senhora Aoyama**, que foi instantaneamente vaporizada pelo efeito da explosão. Veja os detalhes da morte dela no relato a seguir:

Desde o momento em que os raios começaram a atravessar seus ossos, sua medula começaria a vibrar a mais de cinco vezes o ponto de ebulição da água. Os ossos ficariam instantaneamente incandescentes, e toda a sua pela tentaria, ao mesmo tempo, explodir e desgrudar-se do esqueleto, enquanto era forçada na direção do chão como se fosse um gás comprimido. Durante os primeiros três décimos de segundo à detonação da bomba, a maior parte do ferro seria separada do sangue da senhora Aoyama, como por refinaria atômica. [...] Quando o som da explosão chegasse a seu filho Nenkai, a dois quilômetros dali, toda a substância do corpo da sua mãe, incluindo o ferro do sangue e o cálcio [...], estaria subindo à estratosfera para se tornar parte das estranhas tempestades radioativas que perseguiriam Nenkai e outros sobreviventes.

Outras vítimas próximas a bombas tiveram sua **sombra impressa** em paredes que permaneceram de pé. A partir daí, uma nuvem de calor varreu Hiroshima, trazendo grande destruição material sobre a cidade. Os sobreviventes relatam a respeito de um forte **clarão** quando a bomba explodiu, e alguns se lembram de um forte som. Apesar da grande destruição, a bomba de Hiroshima foi considerada um fracasso, pois não alcançou nem metade do potencial esperado.

Após a explosão, os impactos e os efeitos da bomba espalharam-se de maneira mais rápida que o corpo humano pudesse reagir. A professora Arai, que examinava papéis de caligrafia de seus alunos, contou que a **radiação** imprimiu os caracteres em preto definitivamente sobre seu rosto. Ela sobreviveu, mas todos seus alunos morreram.

Os **sobreviventes** relataram o horror que se espalhou pela cidade. As pessoas estavam feridas de todas as formas possíveis. Locais

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 2 – Texto 1

com vidraças tornaram-se mortais, pois o impacto da explosão fez com que os cacos de vidros fossem lançados sobre as pessoas a velocidades altíssimas. Há relatos de sobreviventes com inúmeros cacos de vidro espalhados pelo corpo.

Outro efeito da bomba sobre as pessoas foi as queimaduras causadas pela nuvem de calor que se espalhou pela cidade. Os relatos mais fortes falam de pessoas com a pele derretida presa ao corpo. Outros afirmam que pessoas tiveram as órbitas oculares derretidas pelo calor. Alguns, com ferimentos menos graves, tiveram que lidar durante meses com queimaduras no corpo que não se curavam (efeito da radiação).

Nos dias seguintes, nuvens de moscas espalharam-se pela cidade, e as larvas proliferavam-se pelos ferimentos das pessoas. Apesar de tudo, os poucos médicos sobreviventes logo identificaram que as larvas nas feridas auxiliavam no salvamento de vidas, já que se alimentavam da carne podre, o que impedia o desenvolvimento de um quadro infeccioso nas vítimas.

Radiação

Muitos, por sorte, sobreviveram sem nenhum tipo de ferimento ou com ferimentos leves. Entretanto, não somente o calor da bomba fez mortos. A **radiação** foi um inimigo que perseguiu ferozmente os sobreviventes.

A quantidade de radiação espalhada por ambas as cidades era grande demais para o corpo humano resistir. Assim, muitos morreram poucas horas depois da explosão, como foi o caso do filho mais novo da senhora Matsuyanagi, conforme o relato:

Enquanto percorriam a pilha de escombros que havia sido sua escola, os filhos da senhora Matsuyanagi já se

sentiam mal. O mais novo tinha ido para a escola com fome, mas, depois dos efeitos dos raios e dos feixes de partículas, perdeu a vontade de comer. Quando sua mãe finalmente o encontrou, ele havia sido tomado por náuseas secas e convulsões. Em questão de minutos, os braços da criança ficaram pretos e azuis, e ele começou a sangrar, apesar da aparente falta de ferimentos.

Isso aconteceu repetidamente com várias outras pessoas. Algumas demoraram horas para morrer; outras, dias. Os poucos médicos que sobreviveram trabalharam em ritmo frenético e sem materiais adequados para ajudar os sobreviventes. Os que não morreram com a radiação levaram uma vida de doenças repentinas, sobretudo câncer.

Rendição Japonesa

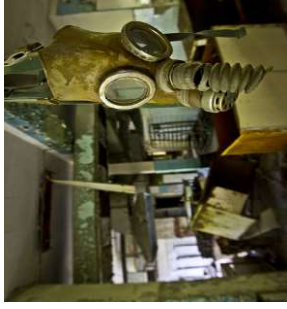
Após o uso das bombas atômicas, o Japão rendeu-se em 14 de agosto de 1945, oficializando a rendição no dia 2 de setembro com a assinatura da ata pelo imperador Hirohito no navio USS Missouri.

Texto disponível em: <
<https://brasilescola.uol.com.br/historiag/efeitos-das-bombas-atomicas-sobre-hiroshima-nagasaki.htm> >

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 2 – Texto 2

Acidente de Chernobyl e a energia nuclear



Máscara contra a radiação dependurada em zona de exclusão em Chernobyl

Na madrugada do dia 26 de abril de 1986, uma sequência de explosões ocorreu na usina nuclear de **Chernobyl**, localizada na **Ucrânia**, República federada à URSS, resultou em um dos maiores acidentes químicos e nucleares da história.

Uma primeira explosão de vapor no reator número 4, também conhecido como Chernobyl-4, e o incêndio resultante levaram a uma sequência de explosões químicas que gerou uma imensa nuvem radioativa de **iodo-131** e **césio-137** que alcançou a União Soviética, Europa Oriental, Escandinávia e Reino Unido. Ao contrário do que comumente se afirma, não houve explosão nuclear em Chernobyl.

As causas do acidente são tanto humanas quanto técnicas e ocorreram durante a realização de testes de segurança no reator. O reator foi destruído, matando no momento cerca de 30 trabalhadores que se encontravam no local, sendo que nos três meses seguintes vários trabalhadores morreram em decorrência do contato com os materiais radioativos.

Entretanto, em virtude da propagação da nuvem radioativa, milhões de outras pessoas sofreram as consequências do contato com o iodo e o césio liberados na explosão, resultando em doenças e más-formações das pessoas nascidas de mães e pais contaminados.

As áreas que mais foram afetadas foram a Rússia, Ucrânia e Bielorrússia, sendo que este último país concentrou 60% do pó radioativo em seu território. O acidente de Chernobyl foi mais radioativo que as duas bombas atômicas lançadas pelos EUA ao final da II Guerra Mundial nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki.

À época, o acidente não foi informado pelo governo soviético imediatamente. Mesmo Kiev, capital da Ucrânia, estando localizada a 130 quilômetros da usina de Chernobyl, um grande desfile do 1º de maio foi realizado na cidade, dias após o acidente. As milhares de pessoas que compareceram ao desfile tiveram contato com a nuvem radioativa sem terem conhecimento do fato.

De abril até agosto de 1986 milhares de trabalhadores de toda a URSS trabalharam para a construção de um sarcófago para impedir a propagação da radiação. A usina encontra-se hoje desativada e isolada, sendo proibida a entrada de pessoas. Sua desativação completa ocorrerá apenas no ano de 2065, quando os níveis de radiação provavelmente terão voltado ao normal.

O acidente serviu de combustível para o fortalecimento das manifestações contra a utilização de energia nuclear, já que os resultados dos acidentes são extremamente nocivos aos seres humanos e às demais formas de vida no planeta. Outros dois acidentes em usinas nucleares também se aproximaram do que ocorreu em Chernobyl: em março de 1979, em Three Mile Island, na Pensilvânia, EUA; e em março de 2011, em Fukushima, no Japão, após um tsunami atingir a usina do local.

Texto disponível em: < <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/historiageral/acidente-chernobyl.htm> >

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 3 – Texto 3

Acidente com Césio-137 em Goiânia

No mês de setembro de 1987, provavelmente no dia 13, teve início o que foi considerado o maior acidente radioativo do Brasil e o maior acidente radioativo do mundo fora de usinas nucleares: o acidente com Césio-137 em Goiânia.

O Césio-137 é um isótopo radioativo do elemento químico césio que é usado em equipamentos de radiografia. Ele era usado na forma de um sal — o cloreto de césio (CsCl) — pelo antigo Instituto Goiano de Radioterapia (IGR), que o guardava dentro de uma bomba ou cápsula revestida de uma caixa protetora de aço e chumbo.

Quando esse hospital foi desativado, os rejeitos radioativos não receberam o destino adequado, mas ficaram entre os escombros. Com isso, essa cápsula com césio foi encontrada por dois sucateiros, que a violaram e venderam-na para um ferro-velho, cujo dono era Devair Alves Ferreira.

No ferro-velho, Devair abriu a caixa que continha a cápsula a fim de aproveitar o chumbo, mas ao fazer isso ele liberou para o meio ambiente cerca de 19g de cloreto de césio-137.

Esse acidente mostrou o quanto pode ser perigoso a manipulação sem conhecimento e preparo de materiais radioativos. Esse sal emite um brilho azulado muito bonito, o que encantou o dono do ferro-velho que acabou distribuindo o material a amigos e familiares. Alguns chegaram até mesmo a passar o cloreto de césio-137 na pele.

O irmão de Devair, Ivo Alves, levou um pouco do material radioativo para casa, e sua filha, Leide das Neves Ferreira, brincou com ele e depois foi comer sem ter lavado as mãos, ingerindo pequenas quantidades de césio-137.

Em virtude da falta de conhecimento da população, dezenas de pessoas foram contaminadas, e os primeiros sintomas que apareceram apenas algumas horas depois foram náuseas, vômitos, tontura e diarreia.

A esposa de Devair suspeitou do material e levou partes da bomba para a sede da Vigilância Sanitária. No dia 29 de setembro de 1987 foi dado o alerta de contaminação radioativa. Em 23 de outubro, Leide das Neves morreu, passando a ser considerada a maior fonte humana de radiação. Ela, que teve que ser enterrada em um caixão de chumbo, tornou-se símbolo dessa tragédia que os moradores de Goiânia nunca esqueceram.

A partir de então, teve início uma força-tarefa para remover os objetos contaminados e tratar as vítimas. Os dados apontam que 249 pessoas foram examinadas e, destas, 22 foram isoladas em razão da alta taxa de contaminação. Passaram a receber monitoramento 129 pessoas, e 14 estavam com um quadro clínico muito grave. Houve quatro vítimas fatais poucas semanas depois: a primeira foi Leide das Neves, conforme já dito; a segunda foi sua tia, esposa de Devair, Maria Gabriela Ferreira; e os outros dois foram jovens de 18 e 22 anos que eram funcionários do ferro-velho. Devair foi tratado no Hospital Navarro Marcílio Dias, no Rio de Janeiro, mas morreu sete anos depois.

Os rejeitos do acidente com césio-137 chegaram a um volume de sete toneladas, que foram colocadas em tambores envoltos por concreto e depositadas em Abadia de Goiás, a 25 km do centro de Goiânia. Esses rejeitos foram colocados em uma espécie de piscina de concreto impermeabilizada que foi coberta por concreto e vegetação. Esse lixo atômico envolve plantas, animais, materiais de construção e objetos provenientes do hospital abandonado, do ferro-velho e de toda a vizinhança.

Nos anos subsequentes, outras pessoas também morreram em razão da exposição à radiação. Além disso, muitos carregam traços deixados pela radiação.

Texto disponível em: < <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/acidente-com-cesio137-goiania.htm> >

MATERIAL DO ALUNO

Atividade 2 – Texto 4

Entenda o acidente nuclear em Fukushima, no Japão



Cartaz, mostrando o símbolo da energia nuclear, na área que foi contaminada pelo Césio 137. (Crédito: Foto: João Rami)

O terremoto de 8,9 graus na escala Richter e o tsunami que abalaram o Japão na madrugada do último dia 11 de março (horário de Brasília) provocaram danos na usina nuclear de Fukushima, localizada na região nordeste da ilha. Vazamentos radioativos foram registrados e um iminente desastre nuclear mobilizou a comunidade internacional.

No momento do terremoto, 11 usinas localizadas na região entraram em processo de desligamento. Como parte do procedimento, os reatores precisam ser resfriados, uma vez que a fissão nuclear permanece ocorrendo mesmo após a interrupção na geração da energia.

Cerca de uma hora depois do tremor, a usina de Fukushima foi atingida pelo tsunami. O sistema de resfriamento foi avariado e os técnicos japoneses passaram a adotar medidas alternativas, como a injeção de água do mar nos reatores. Mesmo assim, três explosões se sucederam a última delas na manhã da segunda-feira (14).

Segundo informações do governo japonês, houve vazamento radioativo, mas os reatores estão preservados. Os níveis de radiação no entorno da usina superaram em oito vezes o limite de segurança, forçando a evacuação da população em um raio de 20 km ao redor da

usina.

Segundo Laércio Vinhas, diretor de Radioproteção e Segurança Nuclear, da Comissão Nacional de Energia Nuclear brasileira, as medidas tomadas pelo governo japonês estão de acordo com o manual de operações para crises em usinas.

Em Fukushima, explica o especialista, as explosões ocorreram quando a água usada para o resfriamento se tornou vapor de alta temperatura - liberando hidrogênio, altamente inflamável. Ainda que o reator seja danificado, Vinhas acredita que o acidente não deverá atingir grande magnitude. "Ainda sabemos pouco sobre a dimensão dos acontecimentos.

Mas mesmo com o núcleo exposto, a estrutura da usina japonesa tem capacidade para evitar uma exposição exagerada. Caso isso ocorra, as consequências serão bem locais", afirma.

Vinhas afirma que não é possível comparar o acidente de Fukushima ao ocorrido em Chernobyl, na Ucrânia, em 1986. "Naquele caso, as estruturas eram defasadas. E o acidente aconteceu com o reator em funcionamento", explica o diretor. O evento do Japão é mais parecido com o acidente na usina Three Mile Island, em 1979, nos Estados Unidos", avalia Vinhas.

Na ocasião, em TMI, não houve vítimas nem vazamento de radiação para além dos limites da usina. No entanto, no Japão, com o acidente ainda fora de controle e dificuldade das autoridades em mensurar seus efeitos, os estragos podem ser maiores.

Texto disponível em: <
<https://novaescola.org.br/conteudo/261/entenda-o-acidente-nuclear-em-fukushima-no-japao> >

