

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Educação
Mestrado Profissional em Educação e Docência

A RADIAÇÃO É VILÃ?
POSSIBILIDADES DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Bárbara Maxilene Lucas Lima

Linha de pesquisa: Ensino de Ciências

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Nilma Soares da Silva

Belo Horizonte

2023

Bárbara Maxilene Lucas Lima

A RADIAÇÃO É VILÃ?
POSSIBILIDADES DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional Educação e Docência da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientadora: Profa. Dra. Nilma Soares da Silva

Belo Horizonte

2023

L732r
T

Lima, Bárbara Maxilene Lucas, 1991-
A radiação é vilã? [manuscrito] : possibilidades de alfabetização científica na
educação básica / Bárbara Maxilene Lucas Lima. -- Belo Horizonte, 2023.
196 f. : enc, il., color.

Dissertação -- (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de
Educação.

Inclui apêndice (f. 151-196) com sequência de ensino, com o título: "A radiação é
vilã?".

Orientadora: Nilma Soares da Silva.

Bibliografia: f. 129-138.

Apêndices: f. 139-196.

1. Educação -- Teses. 2. Ciências (Ensino fundamental) -- Estudo e ensino --
Teses. 3. Ciências (Ensino fundamental) -- Métodos de ensino -- Teses. 4. Química --
Estudo e ensino (Ensino fundamental) -- Teses. 5. Físico-química -- Estudo e ensino
(Ensino fundamental) -- Teses. 6. Radiação química -- Estudo e ensino (Ensino
fundamental) -- Teses. 7. Radioquímica -- Estudo e ensino (Ensino fundamental) --
Teses. 8. Radioatividade -- Estudo e ensino (Ensino fundamental) -- Teses. 9. Radiação
-- Estudo e ensino (Ensino fundamental) -- Teses.

I. Título. II. Silva, Nilma Soares da, 1969-. III. Universidade Federal de Minas
Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 372.35

Catálogo da fonte: Biblioteca da FaE/UFMG (Setor de referência)

Bibliotecário: Ivanir Fernandes Leandro CRB: MG-002576/O



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
PROMESTRE - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA/MP

FOLHA DE APROVAÇÃO

A RADIAÇÃO É VILÃ? POSSIBILIDADES DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

BARBARA MAXILENE LUCAS LIMA

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA/MP, como requisito para obtenção do grau de Mestre em EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA, área de concentração ENSINO E APRENDIZAGEM.

Aprovada, em 17 de julho de 2023, pela banca constituída pelos membros:

Profa. Nilma Soares da Silva
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Fernando César Silva
Universidade Federal de Minas Gerais

Profa. Angélica Oliveira de Araujo
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Leandro Antônio de Oliveira
Universidade Federal de Santa Catarina

Belo Horizonte, 17 de julho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Nilma Soares da Silva, Professora do Magistério Superior**, em 20/07/2023, às 16:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leandro Antonio de Oliveira, Usuário Externo**, em 20/07/2023, às 20:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Cesar Silva, Professor do Magistério Superior**, em 07/08/2023, às 16:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Angélica Oliveira de Araújo, Usuária Externa**, em 04/09/2023, às 18:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2410429** e o código CRC **397D5525**.

“Professor não é o que ensina, mas o que desperta no
aluno a vontade de aprender.”

Jean Piaget

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus pela minha vida, me deu força e sabedoria, assim permitindo ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Aos meus pais Giane Maxilene e José Raimundo Nonato por serem pilares da minha vida, pelo amor incondicional que sempre demonstram por mim, por acreditarem no meu potencial e sempre me incentivarem.

Ao meu marido Eduardo que esteve ao meu lado, pela amizade, pelo amor demonstrado e por compreender a minha ausência ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a esse trabalho.

A Marilene Carneiro e Rosalina Conceição (*in memoriam*) pelo carinho de vó.

À minha orientadora Nilma Soares por ter sido tão amorosa, calma e compreensiva em seus ensinamentos.

Ao Centro Educacional Mário Rabelo por acreditar em minha proposta de estudo e viabilizar o desenvolvimento do trabalho, bem como aos estudantes que participaram da pesquisa.

Aos demais que estiveram presentes e contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Esse trabalho de pesquisa foi desenvolvido no Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Educação e Docência (PROMESTRE) da FaE/UFMG na linha Ensino de Ciências. No ensino de ciências, as abordagens de ensino por investigação e Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) vem ganhando força e adeptos para a promoção da alfabetização científica. Essas abordagens utilizam de recursos e estratégias para motivar os estudantes a verem sentidos em temas de modo a aproximar a teoria à sociedade. Com o objetivo de promover a alfabetização científica e levar os estudantes a se questionarem sobre os tipos de radiação existentes, seus impactos e suas aplicações na sociedade associados às tecnologias envolvendo radiação e radioatividade, o presente trabalho apresenta a elaboração, validação, desenvolvimento e análise de uma sequência de ensino investigativa (SEI) utilizando como tema radiação e radioatividade. A escolha desse tema se deu pois, embora desconhecida por muitos, a radiação tem um papel fundamental em algumas áreas, mas infelizmente é através de seus riscos que ela se faz divulgada pela mídia. A sequência foi elaborada e apresentada aos tutores de um curso de especialização e a licenciandos do último período do curso de Química Licenciatura que contribuíram para a organização e sugestões de substituição de atividades. A sequência foi reelaborada e aplicada em uma turma do 8º ano do Ensino Fundamental II de uma escola da rede privada do município de Contagem. Durante a aplicação da SEI foram gravados os áudios para posterior análise dos dados utilizando a Análise Textual Discursiva (ATD). Considerou-se como categorias *a priori* indicadores de alfabetização científica apresentados na literatura que se assemelham às práticas científicas, bem como indicadores apresentados em estudos mais recentes baseados nos anteriores que procuram aproximar o fazer científico da sala de aula. Durante as análises dos áudios a ATD permitiu o surgimento de outras quatro categorias, que são denominadas de categorias emergentes: quantificação - os estudantes tentaram comparar as diferentes consequências da exposição à radiação; impactos - relacionaram a exposição à radiação aos impactos causados por essa exposição; aplicações - quando questionados sobre como a radiação está presente na sociedade, a classificaram em três áreas de aplicações; tipos de radiação - observou-se que os estudantes tentaram classificar a radiação em quatro tipos, que eles denominaram de boa, ruim, fraca e forte. Com base na categorização proporcionada pela ATD foi possível identificar, nas falas dos estudantes, diversos momentos em que ocorreu a promoção da alfabetização científica. Os resultados foram apresentados com o uso do processo auto-organizado de construção de compreensão da ATD, denominados de metatextos.

Palavras-chave: sequência de ensino investigativa, alfabetização científica, CTS, radiação, radioatividade.

ABSTRACT

This study was developed in the Master's Degree Program in Education and Teaching (PROMESTRE) at FaE/UFMG in the Science Teaching area. In science teaching, the approaches of inquiry teaching and Science, Technology and Society (STS) have been gaining strength and supporters to promote scientific literacy. These approaches use resources and strategies to motivate students to perceive meaning in themes in order to approximate the theory to the society. Aiming to promote scientific literacy and lead students to question themselves about the types of radiation, its effects and its applications in society associated with technologies involving radiation and radioactivity, this study presents the design, validation, development and analysis of an investigative teaching sequence (ITS) based on radiation and radioactivity. The choice of this theme was made because, although unknown to many, radiation plays a fundamental role in some areas, but unfortunately it is through its risks that it is disseminated by the media. The sequence was prepared and presented to tutors from a specialization course and to undergraduate students in the last period of the undergraduate Chemistry course, who contributed to the organization and suggestions for substitution of activities. The sequence was re-designed and applied to an 8th grade class of Elementary II of a private school in the city of Contagem. During the ITS application, audios were recorded for later data analysis using Textual Discourse Analysis (TDA). We considered as a priori categories indicators of scientific literacy presented in the literature that are similar to scientific practices as well as indicators presented in more recent studies based on the previous ones that seek to bring the scientific practice closer to the classroom. During the analysis of the audios, the TDA allowed four other categories to emerge, which are called emerging categories: quantification - the students tried to compare the different consequences of exposure to radiation; impacts - they related exposure to radiation to the impacts caused by this exposure; applications - when asked how radiation is present in society, they classified it into three areas of application; types of radiation - it was observed that the students tried to classify radiation into four types, which they called good, bad, weak and strong. Based on the categorization provided by the TDA, it was possible to identify, in the students' speeches, several moments in which the promotion of scientific literacy occurred. The results were presented using the self-organized process of construction of understanding of the TDA, called metatexts.

Keywords: investigative teaching sequence, scientific literacy, STS, radiation, radioactivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Primeira versão da sequência de ensino.....	61
Figura 2 – Segunda versão da sequência de ensino.....	63
Figura 3 – Questionário aplicado aos licenciandos.....	66
Figura 4 – Relações estabelecidas para a elaboração da sequência.....	69
Figura 5 – Texto “Origem do Hulk”	70
Figura 6 – Texto “O Homem-Aranha”	70
Figura 7 – Texto “Vivendo com a radioatividade”	71
Figura 8 – Texto “Efeitos da radiação no corpo humano”	71
Figura 9 – Tipos de radiação.....	72
Figura 10 – Decaimento radioativo.....	73
Figura 11 – Texto “Usos da radiação na saúde”.....	74
Figura 12 – Divisão em grupos para o debate.....	75
Figura 13 – Instruções para o debate.....	76
Figura 14 – Organização para a avaliação final	77
Figura 15 – Instruções para produção do texto	77
Figura 16 – Instruções para a realização da análise do texto.....	78
Figura 17 – Materiais produzidos pelas estudantes E07 (a) e E10 (b) na atividade 1.3.	80
Figura 18 – Material impresso preparado pela estudante E11, integrante do grupo 1.....	83
Figura 19 – Produção dos estudantes E07 e E08 (a) sobre o tema “Radiação na produção de alimentos” e respectiva avaliação realizada pelos estudantes E12 e E13 (b).....	86
Figura 20 – Produção dos estudantes E14 e E15 (a) sobre o tema “Radiação na indústria” e respectiva avaliação realizada pelos estudantes E20, E16 e E17 (b).....	86
Figura 21 – Produção dos estudantes E18 e E19 (a) sobre o tema “Rejeitos radioativos” e respectiva avaliação realizada pelos estudantes E05, E03 e E09 (b).....	87
Figura 22 – Tipos de radiação alfa, beta e gama.....	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Abordagem dos temas radiação e radioatividade no Ensino Fundamental – Anos Finais conforme o Currículo Referência Minas Gerais	20
Quadro 2: Abordagem dos temas radiação e radioatividade no Ensino Médio conforme o Currículo Referência Minas Gerais.....	21
Quadro 3: Fases de ensino de uma sequência de ensino e seus propósitos.	31
Quadro 4: Artigos selecionados para análise	38
Quadro 5: Alterações realizadas com base em sugestões dos professores/tutores do curso de especialização.....	62
Quadro 6: Descrição das atividades que compõem a sequência de ensino.	68
Quadro 7: Atividades propostas e recursos utilizados.	78
Quadro 8: Indicadores relacionados ao trabalho direto com os dados empíricos propostos por Sasseron (2008).....	89
Quadro 9: Indicadores relacionados à estruturação do pensamento e à construção de uma ideia lógica e objetiva propostos por Sasseron (2008)	91
Quadro 10: Indicadores vinculados à procura do entendimento da situação analisada propostos por Sasseron (2008)	92
Quadro 11: Indicadores relacionados à aprendizagem propostos por Pizarro e Lopes Junior (2015).....	94
Quadro 12: Indicadores relacionados ao trabalho direto com os dados empíricos propostos por Sasseron (2008).....	96
Quadro 13: Indicadores relacionados à estruturação do pensamento e à construção de uma ideia lógica e objetiva propostos por Sasseron (2008)	97
Quadro 14: Indicadores vinculados à procura do entendimento da situação analisada propostos por Sasseron (2008)	98
Quadro 15: Indicadores relacionados à aprendizagem propostos por Pizarro e Lopes Junior (2015).....	99
Quadro 16: Indicadores relacionados ao trabalho direto com os dados empíricos propostos por Sasseron (2008).....	100
Quadro 17: Indicadores relacionados à estruturação do pensamento e à construção de uma ideia lógica e objetiva propostos por Sasseron (2008)	101
Quadro 18: Indicadores vinculados à procura do entendimento da situação analisada propostos por Sasseron (2008)	102
Quadro 19: Indicadores relacionados à aprendizagem propostos por Pizarro e Lopes Junior (2015).....	103
Quadro 20: Categorias e subcategorias emergentes.	107
Quadro 21: Categoria emergente Quantificação e unidades de sentido.....	108

Quadro 22: Categoria emergente Impactos e unidades de sentido.....	110
Quadro 23: Categoria emergente Aplicação e unidades de sentido.....	111
Quadro 24: Categoria emergente Tipos de Radiação e unidades de sentido.....	113
Quadro 25: Categorias emergentes Quantificação e Tipos de radiação e unidades de sentido.....	115
Quadro 26: Categoria emergente Quantificação e unidades de sentido.....	117
Quadro 27: Categoria emergente Impactos e unidades de sentido.....	118
Quadro 28: Categoria emergente Aplicação e unidades de sentido.....	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número de artigos selecionados com os termos consultados	37
--	----

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	14
2. INTRODUÇÃO	16
3. OBJETIVOS	17
3.1 Objetivo geral.....	17
3.2 Objetivos específicos	18
4. PROBLEMA DA PESQUISA	18
5. JUSTIFICATIVA	18
6. REFERENCIAIS TEÓRICOS	23
6.1 Alfabetização científica	23
6.2 Ensino por investigação	26
6.3 Ciência, Tecnologia e Sociedade.....	29
6.4 Sequência de Ensino	30
6.5 O ensino de radiação e radioatividade.....	33
6.6 Contexto escolar	34
6.7 Contexto atual.....	37
6.8 Indicadores de alfabetização científica	50
7. PERCURSO METODOLÓGICO.....	52
7.1 A metodologia da pesquisa	52
7.2 Elaboração da Sequência de Ensino Investigativa (SEI)	54
7.3 Desenvolvimento das etapas de validação da SEI.....	55
7.4 A coleta de dados	56
7.5 Análise de dados	57
8. RESULTADOS	60
8.1 A elaboração da Sequência de Ensino Investigativa (SEI)	60
8.2 A aplicação da sequência de ensino.....	69
8.2.1 Atividade 1 - O que eu sei sobre radiação e radioatividade.....	70
8.2.2 Atividade 2 - O que é radiação	72
8.2.3 Atividade 3 - Debate	74
8.2.4 Atividade 4 - Avaliação	76
8.3 Coleta de dados.....	78
8.3.1 O que eu sei sobre radiação e radioatividade	79
8.3.2 O que é radiação.....	80
8.3.3 Debate.....	81
8.3.4 Avaliação.....	84
9. ANÁLISE DOS RESULTADOS	87

9.1 Análise dos resultados na perspectiva do ensino por investigação e dos indicadores de alfabetização científica.....	87
9.1.1 Aula 1	88
9.1.2 Aula 2	96
9.1.3 Aula 3	100
9.1.4 Aula 4	105
9.2 Análise dos resultados na perspectiva da nova compreensão dos fenômenos	106
9.2.1 Aula 1	107
9.2.2 Aula 2	114
9.2.3 Aula 3	116
9.2.4 Aula 4	121
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
11. REFERÊNCIAS	129
12. APÊNDICES.....	139
12.1 Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) para os estudantes de graduação.....	139
12.2 Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) para os pais dos alunos do Ensino Fundamental II	141
12.3 Termo de assentimento livre e esclarecido do menor (TALE) para os estudantes do Ensino Fundamental II	144
12.4 Autorização da escola para realização da pesquisa	147
12.5 Termo de compromisso	150
12.6 Sequência de ensino – material do estudante	151
12.7 Sequência de ensino – material do professor	174

1. APRESENTAÇÃO

Meu primeiro contato profissional com a Educação ocorreu em 2009, quando trabalhei como monitora em um projeto de reforço escolar para jovens entre 7 e 15 anos, no contra turno do horário de aula dos estudantes chamado “Biblioteca Comunitária”. Eu percebia que havia uma dificuldade que os estudantes possuíam para compreender o conteúdo das disciplinas e que muitos achavam cansativo dedicar-se aos estudos. Alguns estudantes afirmavam que algumas coisas que os professores ensinavam nunca seriam usadas por eles. Então para quê aprender?

No vestibular, optei pela área de ciências e escolhi o curso de Química Licenciatura. Eu já tinha interesse no campo das ciências exatas e aos realizar pesquisas e participar da Mostra das Profissões da UFMG me identifiquei com o curso.

Durante o curso de graduação solicitei uma autorização para lecionar nas escolas públicas para que pudesse ter uma proximidade com o ambiente escolar, já que no projeto Biblioteca Comunitária eu apenas auxiliava a professora. Assim, por meio de processos de designação passei a lecionar como professora em escolas da rede estadual de ensino.

Na primeira escola em que lecionei o conteúdo de química, era realizada uma “Feira de Ciências”, que compreendia todas as disciplinas em um único evento. Durante uma conversa com a professora de português, entramos em acordo que nessa feira, que recebe o nome de “Ciências”, não deveriam estar presentes todas as disciplinas. Com isso propusemos uma reelaboração desse projeto de modo que fosse dividido em dois eventos, que são a “Feira de Ciências” e a “Comemoração do Dia da Consciência Negra”. Para a realização da “Feira de Ciências” lecionamos aulas de modo a contemplar os temas que escolhemos na área das Ciências, incentivamos os estudantes à realização de pesquisas e para a culminância do processo realizamos uma feira em que os estudantes apresentaram parte da sua pesquisa. Foram realizadas exposições e apresentações de procedimentos e experimentos científicos, palestras e jogos das áreas que contemplam as ciências.

No ano seguinte trabalhei em outra escola, mas o contrato durou apenas 4 meses, por se tratar de um cargo de substituição. Nesse pouco tempo pude observar que os estudantes já estavam bem acomodados e acostumados com aulas expositivas nas quais eram apenas expectadores durante o processo de aprendizado. Em seguida iniciei atividades em outra escola que possuía estudantes com um perfil bem diferente que a anterior, mais dispostos a realizar atividades fora da sala de aula, pesquisas, mais participativos e comprometidos com as atividades propostas. Meu contrato também não durou mais que 4 meses. Assim, fui para uma terceira escola lecionar o conteúdo de química e matemática.

Os estudantes dessa escola não tinham interesse pelo aprendizado, nem como expectadores, e com isso veio meu grande desafio em motivar esses estudantes. Por isso procurei métodos de ensinar o conteúdo trazendo casos e notícias do bairro ou reportagens do jornal da cidade. As aulas expositivas foram transformadas em rodas de conversas para que pudessem se sentir atraídos. Nas aulas de química, procurava utilizar de alguns fármacos para que eles pudessem fazer experimentos durante as aulas. Nas aulas de matemática, pedia aos estudantes para levarem materiais simples como trenas, cartolinas, canetões, réguas, fitas e bolas mostrando a aplicabilidade do conteúdo. Dessa forma, percebi a importância de buscar diferentes estratégias para o processo de ensino e aprendizagem.

Depois de 4 anos lecionando no período diurno, fui lecionar no período noturno. Nessa escola enfrentei um novo desafio. A escola é localizada em um dos bairros mais violentos do município, e a violência e o tráfico de drogas eram muito presentes dentro da sala de aula. Fascinados por esse mundo, os estudantes dessa escola não conseguiam perceber a importância dos estudos. A falta de interesse e o fato de irem à escola por obrigação tornava mais difícil a tarefa de lecionar. Para driblar essa situação era necessário assumir uma postura mais informal e próxima ao ambiente dos estudantes.

Em meio a vários contratos de designação, após a conclusão da graduação comecei a lecionar em uma escola da rede privada. O planejamento da escola era bastante rígido, não possibilitando a implementação de metodologias de ensino que não fosse a tradicional aula expositiva em que o professor é a autoridade do conhecimento.

Durante minha experiência no ensino de Química, percebi grande dificuldade dos estudantes em se empenharem nos estudos, principalmente por não perceberem a aplicabilidade da Química no dia a dia e em seu contexto social.

Pensando em como suprir essas dificuldades dos estudantes, comecei a refletir sobre minha prática pedagógica e percebi que precisava me tornar melhor preparada para enfrentar os desafios relacionados à aprendizagem de conteúdos, de normas de convívio social e de valores e atitudes necessárias à formação humana. Por esse motivo ingressei no curso de Mestrado Profissional Educação e Docência, para que assim pudesse articular a pesquisa científica e acadêmica à prática escolar.

Iniciei minha pesquisa em abordagens que chamaram minha atenção, o ensino por investigação e as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, por trazerem o estudante como sujeito do aprendizado e levá-lo a se engajar no processo.

Dessa forma, proponho o presente trabalho para a elaboração, validação, desenvolvimento e análise de uma sequência de ensino investigativa (SEI) utilizando como tema radiação e radioatividade para a promoção de condições para a alfabetização científica.

Essa sequência de ensino consiste no recurso educacional a ser apresentado como parte dos pré-requisitos para apresentação da dissertação do Mestrado Profissional Educação e Docência da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais – Promestre/FaE/UFMG.

2. INTRODUÇÃO

A escola é desafiada a contribuir para o desenvolvimento do saber científico de um sujeito que está inserido em um contexto social e histórico por meio de uma educação voltada para a argumentação, com fundamentos éticos e morais, valorizando assim a subjetividade do indivíduo (OLIVEIRA; FIREMAN; BASTOS FILHO, 2017). Oliveira, Fireman e Bastos Filho (2017) ainda afirmam que o ensino de Ciências surge dentro desse contexto com a responsabilidade de dar ao estudante subsídios para uma construção complexa, dinâmica e integrada da prática social.

Mesmo com todo o desenvolvimento tecnológico, social e econômico que aconteceram após a Segunda Guerra Mundial, a educação básica no Brasil não acompanhou toda essa mudança, e muitas aulas de Ciências hoje ministradas acontecem de forma mecânica de tradições que se encontram em conceitos e sistemas classificados em livros do século XVIII (MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000). Além disso, em grande parte, estão presas a uma prática em que o professor é detentor do conhecimento e autoridade, enquanto os estudantes ocupam a posição de expectadores (CASTRO, 2016).

Sasseron e Carvalho (2008) e Azevedo e Fireman (2017) discutem que é necessário que se contribua para as aulas de Ciências visando à promoção de um ambiente investigativo pelo qual seja proporcionado ao estudante o conhecimento sobre o mundo científico. Afinal os conteúdos da maneira que tradicionalmente são propostos não apresentam um olhar investigativo, mas repetitivo com pouca aproximação com a realidade.

Segundo Cleophas (2016), o ensino por investigação tem como ideia principal proporcionar, por meio de uma situação problema, o desenvolvimento das capacidades de reflexão, argumentação e interação tendo como base os conhecimentos prévios e assim construir os conhecimentos científicos em que os estudantes são protagonistas de seu próprio aprendizado. O que se pretende com a abordagem de ensino de ciências por investigação é propor uma alternativa às aulas de Ciências, diferentes daquelas comuns nas escolas, em que o professor segue um roteiro, fazendo anotações no quadro, seguida de explicações e os estudantes atuam como ouvintes sobre um determinado tópico do conteúdo (MUNFORD; LIMA, 2007).

Ao darmos oportunidades para os estudantes exporem suas ideias e as avaliarem criticamente durante o ensino investigativo, podemos dividir a autoridade epistêmica na sala de aula de ciências (SASSERON; DUSCHL, 2016). Assim esses momentos têm como objetivo tornar os estudantes responsáveis pelo processo de construção e avaliação do conhecimento, situação pouco comum no ensino tradicional de ciências, no qual o professor é o agente epistêmico do conhecimento, conferindo o status de verdadeiro às afirmativas científicas (SÁ et al., 2007).

Esse trabalho traz como contribuição a elaboração, validação, desenvolvimento e análise de uma sequência de ensino investigativa (SEI) para estudantes da Educação Básica utilizando o tema Radiação como problema motivador. Essa sequência de ensino contará com uma abordagem de ensino por investigação que utilizará de um enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) com objetivos de promover condições para a alfabetização científica.

O texto dessa dissertação é organizado da seguinte forma. O capítulo 3 descreve os objetivos geral e específicos do trabalho. O capítulo 4 levanta o problema da pesquisa, enquanto o capítulo 5 destaca a relevância do desenvolvimento do trabalho. No capítulo 6 são abordados os principais referenciais teóricos sobre alfabetização científica, ensino por investigação, CTS e sequências de ensino e é descrita, à luz da bibliografia, a forma como o ensino de radiação e radioatividade é abordado em sala de aula. Ainda no capítulo 6, é realizado um levantamento de artigos publicados em três importantes periódicos nos últimos 5 anos sobre os temas abordados. No capítulo 7 é descrito o percurso metodológico. Já no capítulo 8 são mostrados os resultados, que são analisados no capítulo 9. No capítulo 10 são realizadas as considerações finais.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo dessa pesquisa foi utilizar do tema Radiação para a elaboração, validação, desenvolvimento e análise de uma sequência de ensino investigativa (SEI) para estudantes da Educação Básica. Essa sequência de ensino contará com uma abordagem do ensino por investigação que utilizará de um enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e busca evidências de alfabetização científica nos dados coletados.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar estudo teórico sobre: Ensino por investigação, Alfabetização científica, CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e Ensino de Ciências.
- Elaborar as atividades da Sequência de Ensino com a temática Radiação em uma abordagem de ensino investigativa e enfoque CTS utilizando de reportagens, notícias, artigos, vídeos e imagens.
- Aprimorar a sequência de ensino elaborada por meio da avaliação de tutores de um Curso de Especialização em Educação em Ciências do CECIMIG/FaE/UFMG e estudantes da Licenciatura em Química da UFMG.
- Desenvolver a sequência de ensino elaborada com uma turma da Educação Básica.
- Coletar dados e analisar as atividades com base nos referenciais teóricos e na metodologia de análise de dados ATD.
- Buscar indícios/evidências de alfabetização científica.
- Reelaborar a sequência de ensino e divulgar para professores da educação básica.

4. PROBLEMA DA PESQUISA

Quando os temas radiação e radioatividade são abordados, grande parte dos estudantes e muitos professores de ciências associam apenas aos grandes acidentes nucleares que marcaram a nossa história, o que acaba tornando a radiação uma grande vilã. Pensando nisso o presente trabalho objetivou trabalhar o tema em sala de aula destacando o outro lado da radiação, mostrando que apesar dos acidentes que ocorreram ela está mais presente na nossa sociedade do que muitos imaginam, como na geração de energia, em diagnósticos e tratamentos médicos e na agricultura.

5. JUSTIFICATIVA

Por vivermos em sociedade, somos atores dessa sociedade, de modo que não só vivemos, mas também agimos e interferimos. Diante do progresso nos deparamos com diversas questões científicas, tecnológicas e ambientais que precisamos questionar como essas podem nos influenciar a médio e em longo prazo. Além disso, os meios de comunicação estão a todo o momento abordando assuntos como a produção de alimentos transgênicos, construção de usinas nucleares e outras fontes de energia, formas de tratamento do lixo e sustentabilidade. Muitos cidadãos tem dificuldade em perceber por que

está se abordando tais questões e quais as suas influências diárias e acabam não sabendo tomar decisões ou opinar sobre esses assuntos.

A escolha do tema Radiação para compor esse trabalho provém da experiência vivida em sala de aula pela pesquisadora, licenciada em química, e de relatos de colegas da mesma área sobre a dificuldade em abordar o conteúdo ou de encontrar materiais que o abordem para utilização em sala de aula. Os livros didáticos que chegam às escolas possuem um conteúdo breve ao abordarem o tema, deixando limitados os professores que utilizam apenas o livro didático como material de apoio.

Isso pode ser observado também ao realizar a busca pelo tema Radiação em periódicos científicos. Para esse trabalho, ao buscar referências em periódicos, foram encontrados poucos trabalhos abordando o ensino ou materiais pedagógicos que utilizam desse tema.

Os professores que desejam utilizar outros meios para compor suas aulas sobre radiação, que não apenas os livros didáticos, necessitam buscar outras fontes e/ou abordagens de ensino capazes de proporcionar a compreensão do desenvolvimento científico e tecnológico almejada pela BNCC (BRASIL, 2017) e pelo Currículo Referência de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2018). No Currículo Referência de Minas Gerais os temas radiação e radioatividade são abordados no Ensino Fundamental – Anos Finais conforme mostrado no Quadro 1 e no Ensino Médio no Quadro 2.

Quadro 1: Abordagem dos temas radiação e radioatividade no Ensino Fundamental – Anos Finais conforme o Currículo Referência Minas Gerais

Unidade Temática	Objetos de conhecimento	Direitos de Aprendizagem
Matéria e energia	<ul style="list-style-type: none"> • Aspectos quantitativos das transformações químicas • Estrutura da matéria • Radiações e suas aplicações na saúde • Modelos atômicos □ 	<p>(EF09CI06) Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.</p> <p>(EF09CI58MG) Reconhecer que uma transformação química pode ocorrer com liberação ou absorção de energia na forma de calor e/ou luz.</p>
Ciência e Tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> • Biotecnologia 	<p>(EF09CI07) Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).</p>

Fonte: Currículo Referência de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2018).

Quadro 2: Abordagem dos temas radiação e radioatividade no Ensino Médio conforme o Currículo Referência Minas Gerais.

Habilidades	Objetos de conhecimento
(EM13CNT103X) Conhecer e analisar os tipos de radiação e suas origens, para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia. □	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura do átomo • Diferença de fissão e fusão • Elementos radioativos - tabela periódica • Radiações ionizantes e não ionizantes • Equipamentos de produção e emissão de radiação e suas implicações • História da radioatividade □
(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidade e reatividade de substâncias químicas • Poluição em água e solo e tecnologias empregadas como soluções • Propriedades periódicas aplicados no contexto ambiental • Descarte e tratamento inadequado • Ligações e interações químicas • Geometria molecular • Radioatividade e raios gama • Noções básicas de laboratório • Polaridade das moléculas • Propriedades dos compostos inorgânicos e nomenclatura
(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo atômico atual • Relação de tempo e espaço • Aceleradores de partícula • Obtenção e produção de metais • Composição e extração de minerais • Modelo cinético molecular • Fatores que afetam a velocidade de reação e os impactos industriais • Estequiometria
(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicação e argumentação com base em conhecimentos científicos sobre questões: âmbito regional, <i>fake news</i>, mineração, homeopatia e alopatia, entre outros

<p>(EM13CNT305X) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade o respeito à diversidade levando em consideração os impactos que perpassam no âmbito social, familiar, cultural, econômico e político, ampliando a discussão e o desenvolvimento crítico e argumentativo dos estudantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mulheres na ciência • Aspectos de natureza da ciência • História e filosofia da ciência
<p>(EM13CNT306X) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos, conhecer as normas de segurança, o tratamento de resíduos e reconhecer os equipamentos de proteção individual e coletivo, inclusive a tecnologia aplicada nos mesmos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos de proteção individual (EPI) e coletiva (EPC) • Ações de segurança e descarte adequado de materiais, resíduos, substâncias nocivas e tóxicas produzidas em ambientes de trabalho e/ou laboratórios químicos

Fonte: Currículo Referência de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2018).

Uma dessas possíveis abordagens, e que vem ganhando adeptos nos últimos anos no Brasil, é o ensino por investigação. Ao realizar uma pesquisa bibliográfica de trabalhos recentes sobre ensino por investigação observou-se a frequência de trabalhos que apresentam estudos de caso da aplicação de sequências de ensino investigativas (SEI). Dentre esses trabalhos, mesmo abordando os assuntos relacionados ao ensino de ciências, predomina um olhar mais voltado para o ensino de física e de biologia.

Diante dessas constatações, novas propostas didáticas precisam ser elaboradas para serem utilizadas nas salas de aulas da Educação Básica e minimizar, assim, os problemas citados.

Acredita-se que o conceito de radiação, bem consolidado, cujos significados sejam construídos e pautados na evolução do conhecimento científico permitirá que os estudantes tenham um novo olhar sobre o mundo que os cerca, que possam fazer escolhas e intervenções conscientes, pautadas nos princípios da sustentabilidade e do bem comum.

6. REFERENCIAIS TEÓRICOS

Propusemos fazer um resgate histórico para entender como a conjuntura sócio-política, a partir da Guerra Fria (1950) até o final do século XX, levou à necessidade da adoção de novas metodologias de ensino de ciências como o ensino por investigação e CTS com foco na promoção da alfabetização científica.

Para fazer um panorama sobre como essas metodologias e abordagens vêm sendo aplicadas no contexto escolar atualmente, será apresentada uma revisão da literatura realizada nas bases de dados dos seguintes periódicos: “Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências”, “Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências” e “Investigações em Ensino de Ciências”, que são classificados como A1 pelo Qualis CAPES no quadriênio 2017-2020. Foram considerados trabalhos contendo os termos: ensino por investigação, sequência de ensino, abordagem CTS, alfabetização científica e ensino de radiação/radioatividade no período de 2016 a 2023.

6.1 Alfabetização científica

Para apoiar essa pesquisa, inicialmente faz-se necessário explorar o conceito de alfabetização científica. É comum encontrarmos na literatura nacional autores que utilizam a expressão letramento científico (MAMEDE; ZIMMERMANN, 2007; SANTOS; MORTIMER, 2001), enquanto outros adotam o termo alfabetização científica (BRANDI; GURGEL, 2002; AULER; DELIZOICOV, 2001; DELIZOICOV; LORENZETTI, 2001; CHASSOT, 2000). Já na literatura estrangeira também notamos uma variação desses termos. Autores de língua espanhola costumam usar *alfabetización científica* (DÍAZ; ALONSO; MAS, 2003; CAJAZ, 2001). Outros autores como os de língua inglesa utilizam o termo *scientific literacy* (NORRIS; PHILLIPS, 2003; BYBEE; DEBOER, 1994). Nas publicações francesas a expressão utilizada é *alphabétisation scientifique* (FOUREZ, 1994). Todas as discussões levantadas por esses autores abordam um objetivo comum sobre a alfabetização científica, que não é necessariamente formar futuros cientistas, mas sim permitir que os estudantes entendam os fenômenos científicos e como eles se relacionam com os aspectos tecnológicos, sociais e ambientais envolvidos.

Sasseron e Carvalho (2008) utilizam a expressão alfabetização científica baseada na ideia de alfabetização concebida por Paulo Freire. No presente trabalho também iremos adotar o termo alfabetização científica.

Teixeira (2013) e Vizzotto e Pino (2020) consideram que a concepção da alfabetização científica se deu após o lançamento do satélite *Sputnik* pela União Soviética no período da Guerra Fria. Os Estados Unidos viram então a necessidade de se

desenvolver em diversos aspectos, principalmente Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática. Foram então oferecidos incentivos financeiros em diferentes setores da sociedade. O setor da Educação foi um dos contemplados, uma vez que se viu a necessidade da promoção de uma cultura científica e que isso requer investimentos contínuos durante toda a Educação Básica do indivíduo. Bilhões de dólares foram investidos em materiais didáticos, publicações científicas, formação de professores e programas de incentivo à popularização das ciências. (DEBOER, 2000)

Assim, um período histórico marcante das reformas curriculares ocorreu nas décadas de 50 e 60, tanto no Brasil quanto no mundo. Focando nas atividades para promoção da alfabetização científica, os materiais propostos na época eram planejados proporcionando aos estudantes realizarem o método científico. Pensando em construir uma nova geração de cientistas que impulsionariam o desenvolvimento científico, econômico e social é que surgiu esse interesse de executar métodos científicos no contexto escolar (ANDRADE, 2011).

Existem diferentes perspectivas sobre o que significa ser alfabetizado cientificamente. Para alguns autores, como Demastes e Wandersee (1992) e Hirsch (1987), envolve ter conhecimento de conceitos e princípios científicos. Já para outros, como Shamos (1988), trata-se de sentir-se confortável ao ler ou discutir sobre ciências de forma não técnica. Hurd (1958) foi o primeiro a usar o termo "alfabetização em ciência", que engloba a observação da ciência, a natureza da ciência, a ciência do conhecimento e como tudo isso se combina para resolver problemas no mundo real. A Associação Americana para o Avanço da Ciência (AAAS) destaca que um indivíduo alfabetizado em ciências deve ter "hábitos da mente que o tornem inquisitivo e um participante crítico nos assuntos do mundo", reconhecendo que a alfabetização em ciências pode ter diferentes dimensões e que uma pessoa pode ser alfabetizada em um aspecto mas não em outro (PENIK, 1998). Segundo Penick (1998), embora haja diferentes definições, a maioria concorda que a alfabetização em ciências envolve a análise racional, a compreensão da natureza e da necessidade da ciência e tecnologia para todos.

Miller (1983) critica o uso frequente mesmo havendo a falta de uma definição clara do termo alfabetização científica. O autor propõe que esse conceito é composto por três eixos estruturantes, nos quais os indivíduos devem demonstrar conhecimentos mínimos para serem considerados alfabetizados cientificamente. Os três eixos estruturantes são os seguintes: Eixo 1 - Entendimento dos conteúdos científicos, que abrange conceitos, significados e nomenclaturas; Eixo 2 - Entendimento da natureza da ciência, que se concentra na dimensão epistemológica da construção do conhecimento; e Eixo 3 - Entendimento do impacto da ciência e tecnologia na sociedade e ambiente, que exige compreensões para relacionar as influências que as ciências e tecnologias têm no meio social e ambiental.

Bybee (1995) também adota a abordagem com três aspectos da alfabetização científica, acreditando que ela evolui progressivamente através das transições: Funcional, Conceitual e Processual, e Multidimensional. Na primeira dimensão, ocorrem processos de aquisição conceitual, técnica e procedimental que permitem ao indivíduo reconhecer o vocabulário específico da Ciência e identificá-lo em contextos de divulgação científica. Na fase Conceitual e processual, é possível atribuir significados aos conhecimentos já adquiridos, o que permite uma melhor compreensão. Já a terceira dimensão consiste na combinação das fases anteriores com uma visão de mundo que possibilite a aplicação desses conhecimentos em situações cotidianas e a tomada de decisões embasadas em evidências científicas.

Já no contexto brasileiro, Carvalho e Ramalho (2018) afirmam que a perspectiva da alfabetização científica dialoga com um movimento mundial em defesa da ciência para todos e reforça os objetivos estabelecidos na Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI, promovida pela UNESCO em Budapeste, em 1996. Segundo as autoras, a alfabetização científica está alinhada a outras perspectivas do ensino de ciências que reconhecem o estudante como agente ativo na construção do conhecimento.

Segundo Chassot (2003), uma pessoa alfabetizada cientificamente é aquela que é capaz de ler a linguagem em que está escrita a natureza, ou seja, saiba interpretar um texto com os termos técnicos daquela linguagem. Auler e Delizoicov (2001) argumentam que a alfabetização não se limita à simples decodificação e união de letras. Ela vai além da capacidade de ler e escrever e permite uma compreensão mais ampla do mundo. Essa perspectiva está em consonância com a visão de Rosa, Lorenzetti e Lambach (2019), os quais afirmam que a alfabetização científica ocorre quando a formação do estudante não se limita apenas ao contexto escolar, mas também se aproxima da sua condição de sujeito social.

Consonante com Miller (1983) e Bybee (1995), Sasseron e Carvalho (2008) descrevem três eixos estruturantes da alfabetização científica, que servem como apoio na idealização, planejamento e análise de propostas de ensino que almejem a alfabetização científica: (1) compreensão básica dos termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; (2) compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; (3) entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.

Assim, objetiva-se que o estudante seja capaz de refletir e argumentar sobre o ensino proposto e que os conhecimentos desenvolvidos sejam levados consigo para além de procedimentos técnicos e processos avaliativos, ampliando sua compreensão sobre a vida, o nosso planeta e o universo (FRANCO, 2018).

De acordo com Sasseron e Carvalho (2011), há um consenso na área de educação em ciências sobre a importância de formar indivíduos capazes de compreender e interagir com temas e situações do cotidiano à luz dos conhecimentos científicos, incluindo conceitos e aspectos relacionados à atividade científica. Além disso, Sasseron (2015) enfatiza que a alfabetização científica não deve ser vista como um processo limitado no tempo, mas sim como um processo contínuo que se constrói e reconstrói à medida que os estudantes avançam em sua escolarização e adquirem novos conhecimentos. É por essa razão que Sasseron (2008) defende que a alfabetização científica deve ser um objetivo permanente na educação em ciências, com o propósito de levar os estudantes a uma compreensão mais ampla do mundo e de si mesmos.

6.2 Ensino por investigação

Para falarmos de atividades investigativas não poderíamos deixar de dar início com os trabalhos de John Dewey no começo do século XX, que propuseram uma abordagem investigativa na escola com base no método científico.

Segundo Andrade (2011), no início do século XX, as ideias de Dewey emergiram em um contexto em que o desenvolvimento econômico nos EUA estava fundamentado em interesses capitalistas que silenciavam as desigualdades e conflitos sociais. As empresas, buscando aumentar a produtividade, concentravam seus negócios, formando grandes monopólios, e eram indiferentes ao bem-estar social de seus trabalhadores.

Ainda segundo Andrade (2011), as ideias de Dewey sobre a educação surgiram em um contexto marcado pela crise econômica gerada pela queda da bolsa de Nova York em 1929 e pelas medidas governamentais adotadas para combater o desemprego e a falência das empresas. Nesse cenário, Dewey propôs uma visão da educação como meio de construir uma sociedade mais humana e democrática.

Segundo Rodrigues e Borges (2008), Dewey criticou o ensino de ciências de seu tempo por meio de uma visão instrumentalista e uma atitude inquieta de busca. Ele argumentou que a educação enfatizava o acúmulo de informações acabadas, com as quais os estudantes deveriam estar familiarizados, o que não era suficiente para compreender a ciência como um método de pensamento e uma atitude mental que auxilia na transformação das formas de pensar.

Teitelbaum e Apple (2001) afirmam que as ideias de Dewey não foram incorporadas oficialmente no sistema educacional americano, possivelmente devido à resistência dessas ideias ao modelo político-econômico da época. No entanto, a ideia de trazer a investigação científica para a sala de aula, especificamente para o ensino de Ciências, ressurgiu na

metade do século XX em outros países, incluindo os EUA, influenciada pelas reflexões de John Dewey.

Andrade (2011) complementa que as reformas curriculares ocorridas nas décadas de 1950 e 60 nos Estados Unidos e no Brasil buscavam incorporar a prática científica no ensino de Ciências por meio de materiais didáticos. Contudo, essa investigação científica presente nesses materiais era concebida como neutra e distante da sociedade.

De acordo com Ferreira e Hartwing (2004) e Barrow (2006), a história do ensino de ciências passou a ter como objetivo transformar os estudantes em minicientistas através do método de ensino por descoberta. No Brasil, esse movimento ganhou forma a partir de 1967 com a tradução e utilização dos materiais desenvolvidos em projetos nos EUA. A tradução desses materiais para o português foi fundamental para a base da educação científica presente nos projetos atuais.

A partir da década de 1980, houve uma associação entre as práticas de ensino de Ciências baseadas em atividades investigativas e as perspectivas teóricas derivadas de pesquisas em Educação em Ciências, como as concepções alternativas e a mudança conceitual (POSNER et al, 1982), alfabetização científica e enfoque CTS. A investigação científica como prática de ensino de Ciências foi retomada em um segundo movimento de reformas curriculares nos EUA e na Inglaterra no final da década de 1980 e início da década de 1990 (DUSCHL, 2008). Nos EUA, o objetivo era levar a "Ciência para Todos" (*Science for All*), enquanto na Inglaterra, o objetivo era promover o "Entendimento Público da Ciência" (*Public Understanding of Science*). Ambos tinham como objetivo alfabetizar a população cientificamente, de modo que as pessoas pudessem compreender melhor um mundo em que a Ciência e a Tecnologia têm cada vez mais influência nos aspectos políticos, econômicos e sociais.

Quando se trata de ensinar Química na educação básica, é comum percebermos que muitas vezes o conteúdo abordado em sala de aula não se relaciona com a vida cotidiana do estudante, nem com as pesquisas que são desenvolvidas em universidades ou centros de pesquisa (MUNFORD; LIMA, 2007).

Carvalho (2013) afirma que o divisor de águas entre o ensino expositivo feito pelo professor e o ensino que proporciona condições para que o estudante possa raciocinar e construir a ciência em sala de aula é a presença de um problema inicial a ser desenvolvido.

Um dos desafios encontrados pelos professores para elaborar uma atividade de caráter investigativo é encontrar um experimento que possa ser usado como situação problema. Mas autores como Carvalho (2013) e Sá et al. (2007) afirmam que a situação problema pode ser proposta com base em outros meios, como figuras de jornal ou internet, textos, atividades teóricas, atividades de simulação em computador, atividades com bancos

de dados, atividades com avaliação de evidências, atividades de demonstração, atividade de pesquisa, uso de filme ou mesmo ideias que os estudantes já dominam.

Diversos autores (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2010; CARVALHO et al., 2013; CLEMENT; CUSTÓDIO; ALVEZ FILHO, 2015) concordam que uma atividade investigativa deverá conter algumas características como: apresentar uma situação problema, favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse da situação proposta, potencializar as análises, considerar a formulação de hipóteses como atividade central da investigação e ressaltar as dimensões coletivas do trabalho científico.

Segundo Ferraz e Sasseron (2017), o ensino por investigação não deve ser considerado como uma estratégia metodológica específica, mas sim como uma abordagem didática que envolve a maneira como o professor promove interações entre estudantes, materiais e conhecimentos. Para implementar essa abordagem, é necessário criar um ambiente em que o professor e os estudantes possam colaborar e interagir para ampliar e aprofundar o entendimento sobre diferentes temas. É importante ressaltar que o ensino por investigação só será verdadeiramente investigativo se o professor criar condições para que isso aconteça, e que não há atividade intrinsecamente investigativa. As atividades se tornam investigativas pela forma como são trabalhadas em sala de aula, embora algumas atividades já sejam construídas com características que favorecem esse tipo de abordagem e podem ter mais sucesso em estabelecer a investigação entre os estudantes.

Carvalho (2018) define ensino por investigação como

o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos: pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido; escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas. (p. 766)

Assim, a construção do conhecimento não depende apenas da relação entre o sujeito que aprende e o objeto estudado, mas também da interação entre o sujeito, o objeto e o estado atual do conhecimento. Em outras palavras, a elaboração de conhecimento científico é influenciada pelo coletivo de pensamento e não apenas pelo pesquisador e sua capacidade de interpretar um dado empírico. (RODRIGUES; BORGES, 2008).

De acordo com Ferraz e Sasseron (2017), quando os estudantes participam ativamente de práticas argumentativas em sala de aula, surgem diversas oportunidades para construir um entendimento coletivo sobre os objetos de estudo. Segundo Leitão (2007) é comum observar o uso da argumentação no discurso natural de um indivíduo, porém nas aulas de Ciências não se encontra esse momento com frequência.

Ao utilizar práticas de argumentação no ensino de Ciências, promove-se um maior engajamento dos estudantes no trabalho em grupo. Especificamente, durante essas práticas, os estudantes são encorajados a considerar e avaliar ideias apresentadas por seus colegas e fontes diversas. Essa abordagem não apenas fortalece a capacidade de argumentação dos estudantes, mas também contribui para que eles desenvolvam habilidades de tomada de decisão em situações do cotidiano, alinhando-se aos princípios da Alfabetização Científica (FERRAZ; SASSERON, 2017).

6.3 Ciência, Tecnologia e Sociedade

A partir da metade do século XX, nos países capitalistas centrais, houve um aumento na percepção de que o progresso científico e tecnológico não necessariamente levava ao bem-estar social e econômico, como indicado pelo modelo linear de desenvolvimento (AULER, 2002). O lançamento do pequeno satélite *Sputnik* pela União Soviética, que colocou o país na liderança da ciência e tecnologia, indicou que algo não estava funcionando como esperado (SANMARTÍN et al., 1992).

Segundo Carletto e Pinheiro (2016) a partir de então, os desastres e desigualdades relacionados ao avanço técnico-científico, como vazamentos de resíduos contaminantes, acidentes nucleares em reatores civis, a poluição causada pela indústria química e o aumento da exclusão social serviram para desmistificar a crença ingênua de que a tecnologia poderia resolver todos os problemas por si só.

Os autores ainda afirmam que esses eventos foram responsáveis pelo surgimento de um movimento de mudanças no cenário dos países europeus e da América do Norte, que mais tarde acabou se espalhando pelo mundo todo. Esse movimento foi baseado em questionamentos sobre o uso da ciência e da tecnologia, especialmente em relação às armas nucleares e químicas, no agravamento dos problemas ambientais e em seus impactos na vida das pessoas. A partir dessas dúvidas, algumas organizações começaram a surgir para promover uma educação científica e tecnológica. Assim, o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade ganhou destaque no âmbito educacional, buscando promover a alfabetização científica e tecnológica, bem como superar o ensino de conteúdos isolados presentes no currículo dos estudantes, sem a devida contextualização. Além disso, o enfoque CTS possibilita uma abordagem interdisciplinar desenvolvendo um trabalho que leva o estudante a compreender a influência mútua da ciência e da tecnologia, e a interação entre elas.

Dessa forma, desde as décadas de 50 e 60, vêm ocorrendo tanto no Brasil quanto no mundo reformas curriculares de ensino de ciências com ênfase CTS (Ciência, Tecnologia e

Sociedade), focando nas atividades direcionadas para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia relacionando-as com a sociedade.

Segundo Freitas e Queirós (2020), no final da década de 70 houve uma mudança de perspectiva em relação à educação e alfabetização que esteve intimamente ligada à inclusão de ideias progressistas nos currículos, como a abordagem CTS. O propósito era promover a incorporação de conteúdos diversos com relevância social, incentivando a capacidade crítica e a necessidade de uma educação além dos limites dos ambientes formais de ensino, ou seja, uma educação voltada para a vida.

Santos e Mortimer (2000) afirmam que no final da década de 80 e início da década de 90 houve uma reformulação do ensino de Ciências, com o objetivo de analisar as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico. Dessa forma o ensino de Ciências com enfoque CTS passa a visar à formação de cidadãos que sejam capazes de assumir postura ativa frente às implicações científicas em suas vidas, e utilizem essas discussões para a tomada de decisões e para a construção de uma sociedade democrática.

Segundo Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), os cidadãos acabam por utilizar a ciência e a tecnologia apenas como bens de consumo, mas eles também precisam saber opinar sobre o uso desses produtos, não considerando apenas sua aparência e qualidade e sim considerando os aspectos sociais, ambientais e éticos envolvidos na sua produção. Esses autores observam então a importância de discutir com os estudantes os avanços da ciência e tecnologia, suas causas, consequências, os interesses econômicos e políticos, de forma contextualizada.

O enfoque CTS surge como uma possibilidade para alcançar esse objetivo, já que atua na transformação dos valores capitalistas e individualistas predominantes e auxilia no desenvolvimento da autonomia do pensamento crítico nos indivíduos, por meio da integração de temas científicos com a vida em sociedade (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

Com caráter interdisciplinar a abordagem CTS está vinculada diretamente à aplicação da ciência e tecnologia voltada para a cidadania, assim utiliza de recursos e estratégias para motivar os estudantes a verem sentidos em temas de modo a aproximar o teórico à sociedade (BORGES et al., 2010).

6.4 Sequência de Ensino

Autores como Zabala (1998), Aguiar Junior (2005), Oliveira (2013) e Franco (2018) afirmam que a sequência de ensino deverá ser composta por atividades sequenciadas, de maneira organizada, visando objetivos previamente definidos para professores e estudantes. Uma sequência de ensino é formada por um modo de organizar atividades de ensino

utilizando de estratégias e intervenções, composto por etapas programadas pelo docente de maneira sistemática para que o entendimento do conteúdo ou tema proposto seja alcançado pelos discentes (ARAÚJO, 2013; FRANCO, 2018).

Como objetivo, a sequência de ensino tem o ensino de conteúdos de modo a atender as necessidades do estudante e a reflexão sobre a prática docente utilizando de observações do seu processo de desenvolvimento e interação entre todos os envolvidos (ZABALA, 1998; OLIVEIRA, 2013).

Aguiar Junior (2005) denomina os diferentes momentos que são proporcionados em sala de fases do ensino. Essas fases são: problematização inicial, desenvolvimento da narrativa de ensino, aplicação dos novos conhecimentos e reflexão sobre o que foi aprendido. O Quadro 3 descreve, de maneira sucinta, essas fases de ensino bem como os propósitos de cada uma delas. Aguiar Junior (2005) evidencia que essas fases não necessitam ser desenvolvidas na ordem proposta e que elas podem apresentar superposições e alternância.

Quadro 3: Fases de ensino de uma sequência de ensino e seus propósitos.

Fases de ensino	Propósitos (intenção) do professor
Problematização inicial	<ul style="list-style-type: none"> - Engajar os estudantes, intelectual e emocionalmente, com o estudo do tema. - Explorar as visões, conhecimentos prévios e interesses dos estudantes sobre o tema.
Desenvolvimento da narrativa de ensino	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilizar as ideias e conceitos da ciência e/ou das artes no plano social da sala de aula.
Aplicação dos novos conhecimentos	<ul style="list-style-type: none"> - Dar oportunidades aos estudantes de falar e pensar com as novas ideias e conceitos, em pequenos grupos e por meio de atividades com a toda a classe. - Dar suporte aos estudantes para produzirem significados individuais, internalizando essas ideias. - Dar suporte aos estudantes para aplicar as ideias ensinadas a uma variedade de contextos e transferir aos estudantes controle e responsabilidade pelo uso dessas ideias.
Reflexão sobre o que foi aprendido	<ul style="list-style-type: none"> - Prover comentários e reflexões sobre o conteúdo, de modo a sistematizar, generalizar e formalizar os conceitos apreendidos. - Destacar relações entre os conceitos e destes com outros tópicos do currículo, promovendo, assim, o desenvolvimento da narrativa do ensino.

Fonte: Aguiar Junior (2005), p.25.

Já Franco (2018) afirma que a sequência de ensino deve ser dividida em três etapas que são: abertura, que consiste na apresentação do tema; desenvolvimento, que é quando realizam-se diversas etapas como discussão coletiva, motivação, exibições de vídeos,

aulas expositivas, atividades, dinâmicas, jogos, e outros; fechamento, que consiste em sintetizar e reiterar o conteúdo. Todas as etapas são acompanhadas por avaliações sobre os conhecimentos adquiridos.

As sequências de ensino que compõem todas as suas aulas e atividades por momentos de cunho investigativo são definidas por Sasseron (2015) como sequências de ensino investigativas (SEI). Assim a autora afirma que são aulas e atividades sequenciadas de modo que estejam interligadas, além de serem realizadas investigações, partido de uma situação problema. Essas atividades podem ser experimentos, leitura de textos, imagens, vídeos entre outros, mas precisam ter um tema que possa estabelecer as relações entre os conceitos, práticas e relações com o âmbito social.

Carvalho (2013) afirma que uma sequência de ensino investigativa deve ter algumas atividades chave:

na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e dê condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático. É preciso, após a resolução do problema, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Essa sistematização é feita preferivelmente através da leitura de um texto escrito quando os alunos podem novamente discutir, comparando o que fizeram e o que pensaram ao resolver o problema, com o relatado no texto. Uma terceira atividade importante é a que promove a contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos, pois nesse momento eles podem sentir a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social. Esta atividade também pode ser organizada para o aprofundamento do conhecimento levando, os alunos a saberem mais sobre o assunto. Algumas SEIs, para dar conta de conteúdos curriculares mais complexos, demandam vários ciclos destas três atividades ou mesmo outros tipos de atividades precisam ser planejadas. (CARVALHO, 2013, p. 9)

Podemos observar que tanto Aguiar Junior (2005) como Carvalho (2013) e Franco (2018) estabelecem que para a elaboração de uma sequência de ensino ela deve ser composta primeiramente por uma atividade denominada abertura ou problematização em que o assunto é introduzido, bem como possibilita ao professor identificar os conhecimentos prévios dos estudantes. Em seguida tem-se uma atividade em que o conhecimento é construído, contextualizado e possibilita ao estudante a aplicação desses novos conhecimentos. Em um último momento o estudante é avaliado diante de sua reflexão sobre o que foi construído.

Seguindo essas etapas, Alvarenga (2018) e Pinto (2021) apresentam o desenvolvimento de sequências de ensino de caráter investigativo em seus trabalhos do Mestrado Profissional Educação e Docência da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais (Promestre/FaE/UFMG), em que os produtos finais dos trabalhos

são as próprias sequências de ensino, que podem ser utilizadas por professores em suas atividades docentes para a promoção da alfabetização científica.

6.5 O ensino de radiação e radioatividade

Cordeiro e Peduzzi (2013) afirmam que grande parte dos professores utilizam o livro didático como material de apoio para elaboração de suas aulas e os estudantes como fonte de consulta. Kuhn (1996) afirma que os livros didáticos são essenciais para a transmissão à sociedade dos conhecimentos aceitos e compartilhados pela comunidade científica.

Segundo Mortimer e Santos (2012), embora os professores possam se sentir mais confiantes ao usar o livro, é importante que não se limitem a ele para evitar um processo de ensino e aprendizagem tradicional baseado na mera transmissão e recepção de conteúdo. Essa abordagem pode acarretar sérias consequências para a qualidade da educação.

Cordeiro e Peduzzi (2013) afirmam ainda que, ao se apoiar apenas no livro didático, os professores ficam limitados à forma como esse conteúdo é abordado e podem difundir uma imagem da natureza da ciência e do trabalho científico que, provavelmente, não reflete a maneira como esse conhecimento foi originalmente concebido.

De acordo com Brown et al. (1989), o ensino tradicional pode levar os estudantes a desenvolver um raciocínio mecânico que resulta em significados e conceitos fixos, difíceis de serem aplicados em outras situações, limitando a compreensão do conteúdo pelo estudante. Essa dificuldade também foi constatada por Pelicho (2009), que destacou como esse aspecto contribui ainda para a desmotivação para aprendizagem por parte dos estudantes.

Conforme apontado por Ricardo (2003), a motivação do estudante pode ser estimulada quando o tema abordado desperta seu interesse, fazendo com que ele encontre na aprendizagem a satisfação de sua necessidade de conhecimento. Segundo Medeiros e Lobato (2010), ao explorar situações do cotidiano em sala de aula e explicá-las com base no conhecimento científico, é possível que o estudante consiga relacionar melhor o conteúdo químico com sua vida. Nesse sentido, a contextualização do ensino tem relação com a motivação do estudante, pois dá sentido ao que ele está aprendendo e o ajuda a estabelecer conexões entre o que está sendo ensinado e sua experiência diária.

Conforme Mortimer (1996), a aprendizagem das ciências implica na introdução dos estudantes a uma nova forma de pensar e explicar o mundo natural, ou seja, não é suficiente apenas estabelecer conexões entre os conceitos científicos e os fenômenos cotidianos; é essencial que os estudantes reestruturem sua maneira de pensar, permitindo-lhes compreender verdadeiramente a química como uma ciência.

Segundo Nunes e Mesquita (2022), o currículo do Ensino Médio abrange uma quantidade considerável de conteúdos químicos, incluindo a radioatividade. Essa temática é abordada de diferentes maneiras nos livros didáticos, sendo que alguns adotam uma abordagem mais focada no conteúdo, negligenciando questões ambientais, sociais, malefícios e benefícios da radiação. Essa lacuna é apontada por Dominguni et al. (2012) e Medeiros e Lobato (2010).

Segundo Faria et al. (2012), em um contexto escolar o conceito de radiação e radioatividade é abordado de maneira isolada, não estabelecendo uma relação com a sociedade e o convívio do estudante. Assim, o mesmo não consegue relacionar o que é ensinado em sala com a aplicabilidade, contextualização, interdisciplinaridade ou associação a fatos históricos. Sá e Santin Filho (2009) apontam que a temática da radioatividade é frequentemente abordada de forma limitada no ensino de química, seja devido à complexidade dos conhecimentos envolvidos ou à falta de ênfase nos livros didáticos. Além disso, Pelicho (2009) levanta outra justificativa para esse fato, que é a falta de tempo para abordar a quantidade excessiva de conteúdos no Ensino Médio.

Palmeira-Mello e Chacon (2020) discutem sobre a temática radioatividade em aulas do Ensino Médio, e destacam a sua importância no currículo de Química, afirmando que a radioatividade é um conteúdo de grande relevância para a formação dos estudantes e permite uma abordagem extremamente interessante que integra Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Para Nunes e Mesquita (2022) é essencial que os professores de Química, ao ensinarem sobre radioatividade, tenham à disposição não apenas o livro didático, mas também materiais que lhes permitam realizar uma ampla discussão com os alunos. Essa abordagem deve incluir questões como o contexto histórico da descoberta da radioatividade, os benefícios e malefícios das radiações, os impactos ambientais relacionados à radiação e aos radioisótopos, suas aplicações e os principais acidentes ocorridos no mundo envolvendo a radioatividade. Para as autoras, dessa forma, os estudantes poderão desenvolver uma compreensão mais completa e contextualizada sobre o tema.

6.6 Contexto escolar

A Base Nacional Curricular Comum – BNCC:

É um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenha assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação – PNE. (BRASIL, 2017).

A BNCC é, assim, um documento normativo que estabelece as aprendizagens essenciais que devem ser ensinadas pelos educadores por meio das propostas curriculares e práticas pedagógicas. Embora não seja um currículo em si, a BNCC serve como referência para orientar as escolas brasileiras na promoção de uma educação nacional baseada em princípios éticos, políticos e estéticos, que garanta a formação humana integral e o desenvolvimento de todos os estudantes em todas as etapas e modalidades da Educação Básica. A BNCC tem como objetivo guiar a construção dos referenciais curriculares de cada estado/sistema de ensino e dos projetos político-pedagógicos das escolas, estabelecendo as competências e habilidades que devem ser desenvolvidas pelos estudantes a cada ano. Simplificando, pode-se dizer que a BNCC indica o objetivo a ser alcançado, enquanto o currículo define o caminho para chegar lá. (BRASIL, 2017; MINAS GERAIS, 2018)

Já o Currículo Referência de Minas Gerais é um

documento elaborado a partir dos fundamentos educacionais expostos na nossa Constituição Federal (CF/1988), na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9394/96), no Plano Nacional de Educação (PNE/2014), na Base Nacional Comum Curricular (BNCC/2017) e a partir do reconhecimento e da valorização dos diferentes povos, culturas, territórios e tradições existentes em nosso estado. (MINAS GERAIS, 2018)

Tanto na BNCC como no Currículo Referência de Minas Gerais, o Ensino Fundamental está organizado em cinco áreas do conhecimento, que “favorecem a comunicação entre os conhecimentos e saberes dos diferentes componentes curriculares” (BRASIL, 2010): Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza, Ciências Humanas e Ensino Religioso.

Cada área do conhecimento estabelece competências específicas de área, cujo desenvolvimento deve ser promovido ao longo dos nove anos. Essas competências explicitam como as dez competências gerais se expressam nessas áreas. (BRASIL, 2017, p. 28)

Já o Ensino Médio está organizado em quatro áreas do conhecimento, conforme determina a LDB: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. A organização por áreas:

não exclui necessariamente as disciplinas, com suas especificidades e saberes próprios historicamente construídos, mas, sim, implica o fortalecimento das relações entre elas e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade, requerendo trabalho conjugado e cooperativo dos seus professores no planejamento e na execução dos planos de ensino (BRASIL, 2009).

A BNCC (BRASIL, 2017) possui, principalmente no Ensino Fundamental, na área de Ciências da Natureza, o objetivo do desenvolvimento da alfabetização científica para que os estudantes sejam capazes de ler e compreender os gêneros textuais familiarizando-se com a linguagem científica de modo a estabelecer relação entre o que se conhece, o que se lê e o que se escreve em termo de textos.

No que se refere ao Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC (BRASIL, 2017) contempla o conhecimento científico nos aspectos químico, físico e biológicos, por meio da investigação da natureza para interpretar de forma crítica e analítica os fenômenos naturais observados, resultantes das relações históricas, sociais e econômicas, visando à formação de sujeitos que atuem como agentes questionadores e transformadores conscientes de sua responsabilidade frente aos fenômenos naturais.

Na área de Ciências da Natureza, as práticas investigativas proporcionam aos estudantes a realização de procedimentos de investigação. Com a publicação da Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2017), novas abordagens de ensino são incentivadas, como por exemplo, o ensino por investigação.

Ao se adotar essa abordagem, os estudantes serão conduzidos a realizar ações organizadas que os levem a buscar respostas para uma situação-problema central, formular hipóteses e avaliar evidências à luz dos conhecimentos científicos, promovendo o desenvolvimento de suas habilidades cognitivas, argumentativas e aquelas relacionadas à alfabetização científica. (SASSERON, 2008; SASSERON; CARVALHO, 2011; MACHADO, 2012; SOUZA, 2013; SUART; MARCONDES, 2018)

Em conjunto com o ensino por investigação para possíveis desenvolvimentos da alfabetização científica destaca-se a abordagem CTS. Utilizando o enfoque CTS é possível proporcionar a aproximação entre problemas do cotidiano e conceitos utilizados cientificamente, bem como promover o entendimento sobre como a ciência tem lugar em uma sociedade altamente tecnológica, assim como contribuir para que o estudante possa acompanhar os avanços científicos em diferentes áreas como a medicina, telecomunicações, geração de energia etc. Corroborando com isso, segundo Sasseron e Carvalho (2008), deve-se:

proporcionar oportunidades para que os alunos tenham um entendimento público da ciência, ou seja, que sejam capazes de receber informações sobre temas relacionados à ciência, à tecnologia e aos modos como estes empreendimentos se relacionam com a sociedade e com o meio-ambiente e, frente a tais conhecimentos, sejam capazes de discutir tais informações, refletirem sobre os impactos que tais fatos podem representar e levar à sociedade e ao meio ambiente e, como resultado de tudo isso, posicionarem-se criticamente frente ao tema (p.335-336).

Segundo a BNCC:

Nas sociedades contemporâneas, muitos são os exemplos da presença da Ciência e da Tecnologia, e de sua influência no modo como vivemos, pensamos e agimos: [...]. Nesse contexto, a Ciência e a Tecnologia tendem a ser encaradas não somente como ferramentas capazes de solucionar problemas, tanto os dos indivíduos como os da sociedade, mas também como uma abertura para novas visões de mundo. (BRASIL, 2017, p.547)

Com base em um planejamento claro, organizado e bem estruturado, podemos aproximar o cotidiano do estudante da cultura científica, promovendo assim, a partir de práticas investigativas com enfoque CTS, a alfabetização científica dos estudantes.

6.7 Contexto atual

Foi realizada a leitura dos trabalhos identificados nas bases de dados dos periódicos “Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências”, “Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências” e “Investigações em Ensino de Ciências” contendo os termos: ensino por investigação, sequência de ensino, abordagem CTS, alfabetização científica e ensino de radiação/radioatividade no período de 2016 a 2023. Dentre eles foram selecionados um total de 36 artigos que apresentaram aplicações de sequências de ensino, ensino por investigação na promoção da alfabetização científica, aplicações de abordagem CTS e utilização de metodologias de ensino por investigação. É importante observar que alguns dos trabalhos abordavam mais de um dos termos pesquisados. A Tabela 1 mostra o número de artigos selecionados com os termos consultados referente a cada revista.

Tabela 1: Número de artigos selecionados com os termos consultados

Termo consultado	Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	Investigações em Ensino de Ciências
Ensino por investigação	7	3	4
Abordagem CTS	4	3	10
Alfabetização científica	8	3	8
Radiação/Radioatividade	0	1	3

Fonte: Elaborado pela autora.

É importante destacar que muitos trabalhos que citam os termos consultados não foram selecionados para o corpus desse trabalho, uma vez que durante a leitura observou-

se que não traziam contribuições para essa pesquisa. O Quadro 4 mostra os artigos selecionados para o corpus.

Quadro 4: Artigos selecionados para análise

Título	Autores (ano)	Termos
Abordagem das relações ciência/ tecnologia/sociedade nos conteúdos de funções orgânicas em livros didáticos de química do ensino médio	Amaral, Xavier, Maciel (2016)	CTS
Agrotóxicos: uma proposta socioambiental reflexiva no ensino de química sob a perspectiva CTS	Buffolo e Rodrigues (2016)	CTS
Subsídios para uma prática pedagógica transformadora: contribuições do enfoque CTS	Carletto e Pinheiro (2016)	CTS
Ensino de ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do ensino fundamental	Brito e Fireman (2016)	EI AC
O ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sob a ótica CTS: uma proposta de trabalho diante dos artefatos tecnológicos que norteiam o cotidiano dos alunos	Fabri e Silveira (2016)	AC CTS
O ensino de química e a qualidade do ar interior: análise de uma proposta de abordagem temática com enfoque CTS	Oliveira, Guimarães e Lorenzetti (2016)	AC CTS
Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia <i>FlexQuest</i> sobre radioatividade	Vasconcelos e Leão (2016)	Radiação
As Imagens Científicas como Estratégia para a Integração da História da Ciência no Ensino de Ciências	Callegario et al (2017)	CTS
Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas	Ferraz e Sasseron (2017)	EI AC
Propósitos da divulgação científica no planejamento de ensino	Lima e Giordan (2017)	CTS AC
Transposição do Rio São Francisco – o uso da controvérsia controlada como meio de promover aproximações entre o enfoque educacional CTS e educação ambiental crítica	Alves, Fonseca (2018)	CTS AC
Diagnóstico de elementos do ensino de ciências por investigação (DEEnCI): Uma ferramenta de análise de propostas de ensino investigativas	Cardoso e Scarpa (2018)	EI
Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação	Carvalho (2018)	EI
A queda dos corpos para além do que se vê: contribuições das imagens estroboscópicas e da videoanálise para a alfabetização científica	Dias, Vianna e Carvalho (2018)	AC

O processo de reflexão orientada na formação inicial de um licenciando de química visando o ensino por investigação e a promoção da alfabetização científica	Suart e Marcondes (2018)	EI AC
Uso da história da ciência para favorecer a compreensão de estudantes do ensino médio sobre ciência	Santos (2018)	AC
Sequência didática com enfoque investigativo: alterações significativas na elaboração de hipóteses e estruturação de perguntas realizadas por alunos do ensino fundamental I	Santos e Galembeck (2018)	EI AC
Investigando a significação de problemas em sequências de ensino investigativa	Solino e Sasseron (2018)	EI AC
Uma análise das interações discursivas em uma aula investigativa de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sobre medidas protetivas contra a exposição ao sol	Barcellos e Coelho (2019)	Radiação CTS EI
Usina: articulações entre ensino, literatura e interações entre ciência, tecnologia e sociedade	Oliveira e Gonçalves (2019)	CTS
Compreensões de alunos de nível médio sobre descoberta: discussões em torno do episódio da descoberta da radioatividade em uma sequência de ensino e aprendizagem	Rocha e Silva (2019)	Radiação AC
O enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS) na reconstrução da identidade profissional docente	Moreno Rodríguez, Del Pino (2019)	CTS
O Uso de audiovisuais problematizadores no processo de investigação temática como meio para obtenção do tema gerador	Freitas e Queirós (2020)	CTS
Alfabetização científica e enfoque CTS na visão de licenciandos em ciências biológicas: uma análise de grupo focal	Malta, Dorvillé e Nascimento (2020)	CTS AC
Investigando aproximações entre textos de divulgação científica e livros didáticos de química	Oliveira, Castanhede e Castanhede (2020)	CTS
Onda ou partícula? Um estudo das trajetórias ontológicas da radiação eletromagnética em livros didáticos de física da educação básica	Vazata et al (2020)	Radiação CTS
O uso de documentários para o debate ciência-tecnologia-sociedade (CTS) em sala de aula	Barbosa e Bazzo (2021)	CTS
Competências e formação de docentes dos anos iniciais para a educação científica	Briccia e Carvalho (2021)	EI
Percepções de alunos sobre a utilização de tarefas de investigação em aulas de química	Matoso e Freire (2021)	EI
Promovendo a alfabetização científica por meio de ensino investigativo no ensino médio de química: contribuições para a formação inicial docente	Miranda, Suart e Marcondes (2021)	EI AC
Práticas epistêmicas no ensino de ciências por investigação: contribuições necessárias para a alfabetização científica	Santana e Sedano (2021)	EI

		AC
Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em aula de ciências: análise de uma situação	Sasseron (2021)	EI
Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social	Silva e Sasseron (2021)	AC
A alfabetização científica na Educação de Jovens e Adultos em atividades baseadas no programa “Mão na Massa.”	Ramos e Sá (2021)	AC
Abordagem CTS no ensino de ciências: o que dizem as publicações acadêmicas sobre a formação inicial docente para os anos iniciais do ensino fundamental	Pires, Costa e Moreira (2022)	EI AC

Fonte: Elaborado pela autora.

Silva e Sasseron (2021) levantam um questionamento de qual seria o objetivo do ensino de ciências nos anos atuais. Para isso propõem uma reflexão sobre o conceito de alfabetização científica como uma perspectiva formativa. Para isso elas retomam a definição e os objetivos a ela associados, explorando relações com a literatura sobre a aprendizagem da ciência como prática social e sobre os domínios do conhecimento científico com vistas às proposições de um referencial teórico para a área. Assim, fundamentando em referenciais teóricos, utilizaram da argumentação a favor de que uma perspectiva formativa de sujeitos que ocorre em espaços educativos oportunize condições para incorporação de modos de pensar, agir e tomar decisões.

Considerando os desafios atuais, o ensino de ciências com uma abordagem crítica da realidade tornou-se uma tarefa cada vez mais complexa, devido aos diversos problemas que a sociedade enfrenta, especialmente em relação a temas científicos. Nesse contexto, estudos e pesquisas enfatizam a metodologia de ensino por investigação como uma abordagem importante para ensinar ciências e promover a alfabetização científica dos estudantes.

Diversos pesquisadores na área de educação em ciência têm enfatizado a necessidade de uma abordagem contextualizada no ensino de ciências, já que tal abordagem pode contribuir para uma alfabetização científica mais ampla, ou seja, para a formação de estudantes críticos e reflexivos (SASSERON; CARVALHO, 2011).

De acordo com Sasseron (2015), o ensino de ciência por investigação é uma abordagem didática que pode ser aplicada a qualquer recurso de ensino, desde que o processo de investigação seja colocado em prática e conduzido pelos estudantes com orientação do professor. A autora ressalta que a investigação em sala de aula, assim como a construção do conhecimento em ciências, deve permitir que os estudantes resolvam

problemas e estabeleçam conexões entre variáveis para explicar um fenômeno observado, utilizando o raciocínio hipotético-dedutivo.

Fabri e Silveira (2016) evidenciam como foi promovida a alfabetização científica e tecnológica no 2º ano do Ensino Fundamental utilizando de uma abordagem CTS com eixo temático recursos tecnológicos. Os autores puderam evidenciar que os estudantes apresentaram em suas concepções prévias uma visão linear/tradicional, que é passada à população em geral que acredita que a ciência é sempre benéfica. Os autores ainda concluem a necessidade fundamental de que as escolas formem cidadãos capazes de participar ativamente das discussões sobre as soluções para problemas gerados pela modernização tecnológica e ao mesmo tempo tenham condições de apresentar alternativas para rumos que se pretende impor ao desenvolvimento.

Com base em uma perspectiva bakhtiniana, Santana e Sedano (2021) investigaram as contribuições das práticas epistêmicas do ensino por investigação para a alfabetização científica dos estudantes do 3º ano iniciais do ensino fundamental. Os autores concluíram que a implementação dessas práticas pelos estudantes, dentro do contexto do ensino por investigação, aumenta a robustez e autenticidade dessa abordagem no processo de alfabetização científica.

Brito e Fireman (2016) demonstram a aplicação de uma sequência de ensino com a temática “De onde vem o arco-íris?” que utiliza da metodologia do ensino por investigação para a promoção da alfabetização científica com estudantes do 5º ano do Ensino fundamental. Eles concluíram que o ensino por investigação se mostrou uma metodologia adequada quando o objetivo é promover alfabetização científica em estudantes. A confirmação dessa afirmação foi ocorrendo à medida que os estudantes, mediados pelos problemas a serem resolvidos, assumiram o papel de protagonistas ativos na construção da aprendizagem, ou seja, não foram meros espectadores da aula do professor. Essa abordagem possibilitou que os estudantes aprendessem conteúdos conceituais por meio do exercício da análise crítica.

Miranda, Suart e Marcondes (2021), em seu trabalho, realizaram uma análise dos níveis investigativos de uma sequência de ensino, bem como dos indicadores de alfabetização científica de Sasseron e Carvalho (2008) promovidos em estudantes do Ensino Médio nas aulas de Química. As autoras utilizaram do processo de reflexão orientada para elaborar uma sequência de aulas que denominaram de unidade didática, utilizando do ensino por investigação. Com a aplicação da sequência de ensino elaborada pelas autoras, as mesmas observaram que houve um envolvimento dos estudantes com as investigações e discussões propostas. Sendo assim essa metodologia serviu como uma estratégia que contribuiu para a promoção da alfabetização científica. As autoras perceberam uma diferença no nível investigativo dos estudantes a cada aula que se

passava. Também concluíram que a conduta do professor é essencial para o desenvolvimento de habilidades por parte dos estudantes. Assim evidenciaram que há uma necessidade de mudança nos cursos de formação inicial de forma a permitir que os futuros professores tenham a oportunidade de elaborar, ministrar e avaliar propostas didáticas relacionando os aspectos teóricos e práticos vistos durante a graduação e refletindo sobre as situações reais da sala de aula sobre suas ações.

Santos (2018) realizou uma atividade de júri simulado com uma turma do 1º ano do Ensino Médio, utilizando como base a história da cientista Marie Curie. O objetivo da autora era evidenciar a promoção de um ensino que possa contribuir para que os estudantes entendam o significado da ciência. A autora conclui que ao utilizar da história da ciência, mais especificamente um episódio histórico, é possível proporcionar condições para o processo de ensino e aprendizagem de ciências.

Dias, Vianna e Carvalho (2018) utilizaram recursos como vídeos e imagens no ensino conteúdo de física para uma turma do 1º ano do Ensino Médio para a realização de experimento evidenciando assim que não é necessário ter um laboratório para que se realizem aulas capazes de desenvolver alfabetização científica. Para verificar se houve evidências de alfabetização científica os autores utilizaram os indicadores de alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvalho (2008).

Ramos e Sá (2021) discutem como promover alfabetização científica para turmas de Educação de Jovens e Adultos (EJA) utilizando dos conhecimentos dos estudantes e com base em suas experiências, baseado no programa “Mão na Massa”. Na análise de dados foram utilizados como referencial teórico os indicadores de alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvalho (2008). Os autores relataram dificuldades na aplicação das atividades investigativas devido à resistência à participação dos estudantes, características de estudantes que frequentam o EJA, trabalhadores que se afastaram do ensino regular há um tempo considerável, com grandes lacunas conceituais. Concluem ainda que é necessário proporcionar aos estudantes do EJA iniciativas que levem em consideração suas especificidades.

Sasseron (2015), ao considerar o ensino por investigação como uma abordagem didática, destaca que a atuação do professor é vista em um novo contexto, no qual se tornam claras suas intenções em relação aos estudantes, seu papel e sua compreensão acerca dos conhecimentos científicos.

Ferraz e Sasseron (2017) evidenciam que o ensino por investigação é frequentemente considerado como uma metodologia promissora para processo de desenvolvimento da alfabetização científica. Para isso os autores utilizaram de processos argumentativos e atividades de argumentação numa sequência de ensino investigativa para a promoção da alfabetização científica. Os autores concluem que o ensino de ciência pode

ser promovido por meio de estratégias investigativas e que muitas são as interações capazes de resultar em um processo de aprendizado dos estudantes sobre os conceitos científicos e a peça fundamental para essa abordagem didática é o professor, pois ele precisa ser responsável em criar um ambiente de interações entre os estudantes de forma que esses sejam capazes de justificar suas alegações e construir suas próprias explicações para a situação investigada embasando em conhecimento científico, de forma coerente com os objetivos do ensino de Ciências e da alfabetização científica.

Sasseron (2021) evidencia como o ensino por investigação pode proporcionar as práticas epistêmicas durante as aulas de ciências. Para realização do trabalho a autora observou as práticas realizadas por estudantes dos anos iniciais do Ensino fundamental durante o planejamento de investigação de fenômenos da natureza. A autora destaca que o intuito do trabalho não era sugerir recomendações de como aplicar essa abordagem em outros contextos de educação formal, mas sim destacar a possibilidade real de envolver estudantes dos anos iniciais do Ensino Fundamental em investigações que contemplam igualmente as dimensões social, conceitual, material e epistêmica.

Solino e Sasseron (2018) fazem uma relação entre as características presentes em atividades de cunho investigativo com as propostas da formação do pensamento proposto por Vygotsky. Para sua análise foi evidenciada a natureza do problema e seu papel e função na estrutura e implementação de sequências investigativas e suas relações com os elementos significadores Vygotskyanos. Diferentes estudos foram identificados abordando o ensino por investigação apresentando indícios de aproximação com os elementos significadores, aspecto que fortalece a hipótese das autoras de que novos problemas que emergem em sequências de ensino investigativas podem assumir a qualidade de potenciais problemas significadores.

Matoso e Freire (2021) trouxeram como a atividade de cunho investigativo contribuiu para o processo de aprendizado do estudante e também como é utilizada para simular práticas dos cientistas em sala de aula, deixando os estudantes mais próximos do fazer científico. O trabalho evidenciou que quando estudantes são incentivados a realizar atividades investigativas ou que os mesmos realizam as experiências e manuseiam o material experimental ficam mais entusiasmados em aulas de ciências e reconhecem uma mudança de como aprendem e observam o seu novo papel em sala de aula.

Barcellos e Coelho (2019), com o objetivo de promover a investigação em sala de aula, utilizaram diferentes produtos de proteção contra os raios ultravioletas do corpo humano. Ao adotar a abordagem CTS, decidiu-se destacar um tema socialmente relevante e presente na vida dos estudantes, a fim de que as investigações realizadas durante as aulas os levassem a desenvolver um pensamento crítico sobre uma questão social relacionada às

medidas de proteção contra a exposição ao sol, que envolve conhecimentos científicos sobre a interação entre radiação e o corpo humano.

Santos e Galembeck (2018) aplicam uma sequência de ensino com enfoque investigativo no Ensino Fundamental I com o objetivo de destacar o papel dessa abordagem no processo de ensino e aprendizagem das aulas de ciências. Os autores consideram claramente os objetivos e pressupostos educacionais inerentes a abordagens e metodologias mais ativas, evidenciando que muitas aulas de ciências para os anos iniciais do fundamental são limitadas a experimentos que já estão prontos e inalteráveis. Os autores concluem que o ensino de ciências pode ser promissor quando é apresentado aos estudantes de forma estratégica e prazerosa, aproximando o conteúdo do cotidiano dos estudantes. Dessa forma, as atividades criativas e as propostas de investigação tornam o processo de aprendizado mais significativo e instigante para os estudantes.

Cardoso e Scarpa (2018) conceberam uma sequência de ensino para aplicação em uma turma de ciências do 9º ano do Ensino Fundamental II, com ênfase na abordagem investigativa, tornando-a uma sequência de ensino investigativa. A finalidade da elaboração da sequência de ensino foi permitir aos pesquisadores a utilização de uma ferramenta de análise de propostas de ensino investigativas, com o propósito de verificar se a sequência elaborada apresentava características de um ensino investigativo. Com isso, seria possível evidenciar o envolvimento dos estudantes em diferentes etapas de uma investigação e as inter-relações entre essas etapas, permitindo a análise da contribuição da atuação do professor para o desenvolvimento do ensino de ciências por investigação. Os autores destacaram que a utilização de uma sequência de ensino investigativa exige que o professor realize um planejamento prévio, e que ao planejar aulas com essa abordagem, é preciso que o docente compreenda quais ferramentas são necessárias para a elaboração da sequência de ensino e como ela deve ser aplicada durante as aulas de ciências.

Segundo Carvalho (2018), o ensino de ciências por investigação consiste em um ensino de conteúdos no qual o professor proporciona aos estudantes a oportunidade de pensar levando em conta a estrutura do conhecimento, falar demonstrando conhecimentos construídos, ler compreendendo criticamente o que foi abordado, e escrever expondo suas próprias ideias. A autora realiza uma pesquisa a respeito de como as atividades investigativas são aplicadas em uma turma de Ensino Fundamental I e uma turma de Ensino Médio. A pesquisa teve como foco principal os professores aplicaram a sequência de ensino de ensino por investigação em suas turmas. As atividades de cunho investigativo aplicadas por ambos os professores apresentavam duas diretrizes principais de uma atividade investigativa descritas pela autora, que são o grau de liberdade intelectual dado ao estudante e a elaboração do problema. Durante a análise dos resultados a autora evidenciou que na turma do Ensino Fundamental I foi confirmado que as aulas

apresentavam-se de cunho investigativo. Já nas atividades do Ensino Médio não foi possível identificar atividades de cunho investigativo. A autora destaca duas hipóteses para que tenha ocorrido essa diferença entre os professores. A primeira está relacionada com o contato que os professores possuem com os estudantes, sendo que os professores do Ensino Fundamental I conhecem mais os seus estudantes que os professores de Ensino Médio, que muitas vezes possuem apenas duas aulas na semana com a mesma turma. A outra hipótese evidenciada pela autora seria sobre a formação desse professor, levantando o seguinte questionamento: os professores foram orientados durante o curso de formação sobre como utilizar perguntas didáticas, científicas e epistêmicas para guiar seus estudantes?

Há artigos que mostram uma preocupação na formação de professores, tanto em cursos de licenciatura como nos cursos de formação continuada, como mostrado nos trabalhos a seguir. Exige-se do professor uma tomada de decisão que permeia toda a sua prática docente e evidencia, entre outros aspectos, o seu papel como mediador, problematizador e orientador do processo.

Moreno Rodríguez, Del Pino (2019) abordam como o enfoque CTS pode contribuir para reconstrução da identidade profissional docente. Eles relatam uma experiência de formação docente com estudantes do PIBID, em que os estudantes tiveram que elaborar atividades com enfoque CTS com base na perspectiva educacional. Os autores afirmam que ao realizar planejamento de atividades a partir de estudos CTS dentro de um processo formativo foi possível trazer subsídios teóricos e práticos acerca desse tipo de proposta em sala de aula além de fortalecer a formação dos professores e licenciados envolvidos. Os autores ainda afirmam que há uma necessidade de refletir sobre o contexto sócio-político da educação e sobre as condições de trabalho dos professores na utilização do enfoque CTS.

Suart e Marcondes (2018) mostram como o ensino por investigação pode promover alfabetização científica e como a formação do professor pode influenciar nas propostas de ensino elaboradas por ele para o desenvolvimento de AC em sala de aula. Por meio de entrevistas em encontros individuais e em grupos a fim de fazer um processo de reflexão orientada sobre sua prática pedagógica, suas sequências de aulas propostas e aulas ministradas, os autores fizeram uma avaliação de como os professores licenciados em Química estão dispostos a realizar mudanças em suas metodologias de ensino em busca do desenvolvimento da alfabetização científica.

Malta, Dorvillé e Nascimento (2020) realizaram pesquisa com licenciados de biologia a respeito da alfabetização científica e CTS. Muitos professores afirmam adotar ou serem adeptos às novas metodologias, mas acabam se tornando professores com metodologias tradicionais. Os autores concluem que há necessidade de formar professores com base em

conhecimento do que denominaram de essencial, pois ao elaborar a sequência os licenciados se ancoraram em suas concepções.

Briccia e Carvalho (2021) evidenciam como a formação do professor contribui para a educação científica, utilizando como dados interações verbais em uma atividade de formação continuada, entrevista e análise de aulas (tanto durante o planejamento quanto na condução das aulas). Em suas conclusões os autores evidenciam que há uma necessidade de estudar a respeito do modelo de formação dos professores. A pesquisa evidencia a necessidade do desenvolvimento de saberes e conhecimentos próprios da área específica de conhecimento, afirmando que a didática da ciência possui conhecimento tanto metodológico como conceituais que são características e únicos e que se demonstram essenciais para a inserção de professores nesse universo. Os autores ainda discutem a necessidade da formação dos professores estar direcionada para uma parte mais prática e para discussões que enfatizem a aprendizagem de conteúdos e também metodologias de trabalho.

Lima e Giordan (2017) analisaram quatrocentas sequências de ensino produzidas por professores de Ciências em um curso de especialização que utilizaram de textos de divulgação científica como material didático. Em sua pesquisa, levantaram oito propósitos distintos do uso de textos de divulgação científica em sala de aula: “contextualização histórica, explicação, levantamento de concepções, metacognição, pesquisa, produção de materiais, promoção do debate e trabalho de campo”. Os autores concluem que o uso de textos de divulgação científica em sala de aula não pode ocorrer de modo direto, tendo que passar por um processo de resignificação feito pelo professor de forma a configurar um dos propósitos de ensino.

Alves, Fonseca (2018) discutem o papel do professor para alfabetização científica. A pesquisa foi realizada com estudantes do mestrado. Os autores concluem que para o professor há uma preocupação de qual é a sua formação e como ela pode ajudar no desenvolvimento da alfabetização científica. Concluem ainda que, na contribuição para a alfabetização científica do cidadão, o papel do professor é fundamental, pois, por meio de mediações, tem o poder de afinar o olhar crítico discente.

Pires, Costa e Moreira (2022) realizaram uma revisão bibliográfica que se concentra na identificação, sistematização e avaliação da produção de pesquisas sobre a temática CTS no Ensino de Ciências que destaca a formação de professores para os anos iniciais do Ensino Fundamental. As autoras concluem que a alfabetização científica e tecnológica tornou-se um componente essencial para a formação de indivíduos sociais críticos e ativos na sociedade. Em meio a um ambiente de debates e reflexões intensos, surgiram novas demandas para o ensino de ciências, refletidas na necessidade de substituir o modelo tradicional de ensino e aprendizagem pela inclusão da educação CTS nos currículos

escolares e na formação de professores. As autoras ainda afirmam que a era digital atual, na qual as informações estão disponíveis em tempo real, tem tido impactos irreversíveis em diversos setores da sociedade, como política, meio social e economia, e isso tem gerado novas demandas para a área da educação.

Segundo Buffolo e Rodrigues (2016), observa-se a necessidade de explorar opções alternativas para estimular o interesse dos estudantes em relação ao estudo da química. A contextualização é um dos princípios fundamentais do processo de ensino e aprendizagem, que ajuda a tornar a aprendizagem mais fácil para os estudantes, permitindo-lhes compreender a realidade em que estão inseridos, dando significado ao conteúdo e, assim, desenvolvendo sua habilidade de interpretar e analisar dados, bem como tomar decisões de forma autônoma. Os autores apresentam uma sequência de ensino que utilizou como tema motivador agrotóxicos e para isso o relacionaram com a abordagem CTS. A sequência foi aplicada à turma do ensino médio e tinha como objetivo desenvolver nos estudantes conhecimentos químicos. Os autores afirmam que após aplicação da sequência todos os objetivos propostos foram atingidos com sucesso. Os mesmos constataram que os participantes da pesquisa conseguiram desenvolver alguns conhecimentos químicos. Os autores ainda evidenciam a necessidade de buscar novas estratégias pedagógicas de modo a privilegiar a participação dos estudantes do processo de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades durante as aulas de química.

Oliveira e Gonçalves (2019) utilizaram de uma obra literária a fim de identificar a sua potencialidade para abordagens de interações CTS no ensino de ciências da natureza. Apesar de reconhecerem que a obra literária utilizada não ter finalidades didáticas, os autores destacam que a obra apresenta possibilidades para uma abordagem das interações CTS para o ensino de ciências da natureza. Os autores observaram que a obra possibilitou a abordagem de conteúdos relacionados às interações CTS, valorizando inclusive a dimensão tecnológica, nem sempre privilegiada nas discussões de caráter CTS no ensino de ciências da natureza.

Barbosa e Bazzo (2021) apresentam em seu trabalho três documentários e suas características de cunho CTS, discutindo como os documentários podem se tornar uma ferramenta de ensino e apresentando propostas de temas a serem discutidos em sala de aula após apresentação dos filmes. Os autores destacam que

Filmes do tipo documentário mostram-se excelentes subsídios para o fomento de alteração de concepções deformadas de ciência e tecnologia, sendo capaz de demonstrar a sua não neutralidade e a relação que se estabelece entre a sociedade e esses outros dois elementos. Por isso, são considerados como potenciais recursos didáticos para o ensino quando se pensa em discutir temas sociopolíticos e se busca a democratização do debate científico. (BARBOSA; BAZZO, 2021, p. 159)

Os autores ainda reforçam que é necessário que haja uma adequação das reflexões de acordo com o nível e com o perfil dos participantes.

Carletto e Pinheiro (2016) utilizam do enfoque CTS para abordar problemas ambientais em torno do ambiente escolar. O trabalho foi feito para promover uma educação transformadora, tendo disso feita uma palestra sobre o tema de acordo com a escolha dos estudantes. Os autores concluíram que a inserção do enfoque CTS proporcionou a formação dos estudantes e também efetivou, a partir da conexão com outras esferas social, política, econômica, ambiental histórica e cultural, denotando assim que as metodologias CTS podem contribuir para que os estudantes desenvolvam percepções mais complexas da realidade e visões de mundo mais integradas.

Freitas e Queirós (2020) apresentam uma análise do processo de Investigação Temática, resultado de uma intervenção didática com abordagem das inter-relações CTS realizada com estudantes de licenciatura em Física. Para isso os autores utilizaram recursos audiovisuais (documentários) que continham temas CTS.

De acordo com Pires, Costa e Moreira (2022), a abordagem CTS no ensino de ciências é capaz de auxiliar na formação dos estudantes para o exercício da cidadania, melhorando a sua capacidade de tomar decisões e agir de forma crítica na sociedade. Isso se dá pela compreensão mais ampla dos processos de interação entre ciência, tecnologia e sociedade, que permite superar visões equivocadas e ingênuas da realidade.

Vazata et al (2020) apontam a necessidade de debates em torno do que seria importante estar presente nos livros didáticos. Os autores, com base nas ideias de Bruno Latour, realizaram uma análise dos livros didático de física a respeito do conceito de onda sobre radiação eletromagnética. Baseados na proposta de Bruno Latour, os autores tiveram como objetivo analisar a trajetória ontológica de diferentes interpretações de radiação eletromagnética presente nos livros didáticos aprovados pelo PNLDEM 2018. Os autores ainda concluem que a física quântica deve ser estruturada de forma a explorar suas diversas potencialidades.

Amaral, Xavier, Maciel (2016) evidenciam como a abordagem CTS está presente nos livros didáticos aprovados no PNLDEM 2007. Para análise dos dados os autores pesquisaram os tópicos referentes apenas a funções orgânicas em cada livro. Os mesmos acreditam que a abordagem CTS esteja presente em outros conteúdos dos livros avaliados. Os autores evidenciam que as relações CTS não foram totalmente contempladas nos capítulos analisados e que a maioria das vezes se apresentou na forma de exemplificação onde houve pouca discussão em relação às implicações ao meio ambiente e ao contexto cultural e socioeconômico.

Oliveira, Cantanhede e Castanhede (2020) têm como objetivo promover os textos de divulgação científica por professores de Química da Educação Básica. Para verificação da

possibilidade de os textos de divulgação científica publicados na revista Ciência Hoje serem trabalhados em sala de aula os autores fazem uma análise de afinidade entre os textos presentes nos livros didáticos aprovados pelo PNLD. Os autores concluem que é possível, dentro do conteúdo de ligações químicas, trabalhar os textos de divulgação científica, pois os mesmos apresentam uma afinidade de termos técnicos químicos semelhantes aos termos presentes nos livros didáticos.

Barcellos e Coelho (2019) analisaram, por meio das interações discursivas nas aulas de ciência de uma turma do quinto ano do Ensino fundamental, o processo de construção de conhecimentos relativos à radiação.

Vazata et al (2020) com base nas ideias de Bruno Latour, realizaram uma análise dos livros didático de física a respeito do conceito de onda sobre radiação eletromagnética.

Rocha e Silva (2019) utilizaram como tema a radioatividade para elaboração de uma sequência de ensino que utiliza de uma abordagem conceitual. Os autores tiveram como intuito a construção de uma alternativa a mais de material didático sobre radioatividade, voltado para uma abordagem contextual. Durante intervenções realizadas pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência os autores perceberam as dificuldades enfrentadas pelos estudantes na construção dos conceitos sobre radiação e radioatividade, decorrentes do alto grau de abstração necessário nesse processo. Os autores justificam que isso ocorre porque os fenômenos envolvidos requerem uma explicação no nível submicroscópico da constituição da matéria.

Vasconcelos e Leão (2016) utilizam de uma ferramenta denominada FlexQuest incorporada à WebQuest para ensinar sobre o tema radioatividade. Durante a realização da atividade os estudantes utilizaram ferramenta para assistir um programa que foi transmitido na TV brasileira sobre o acidente radioativo acontecido no Estado de Goiás. Dessa vez na plataforma os estudantes também puderam assistir um desenho animado que retratava a respeito de radioatividade. Após a exibição os estudantes fizeram atividades de forma a relacionar e assim fazer uma reflexão sobre a radioatividade e suas consequências para o ser humano. Os autores concluíram que a ferramenta utilizada para abordar o conteúdo de radioatividade trouxe grandes significados para as aulas. A ferramenta contribuiu para o processo de ensino e aprendizado sobre o tema radioatividade. Os mesmos ainda ressaltaram a necessidade dos professores se capacitarem em relação ao uso de novas tecnologias em sala de aula assim como também compreender que algumas teorias com o passar do tempo se integram a recursos para que assim possam melhor estruturar suas aulas e trazer novos significados para os estudantes.

6.8 Indicadores de alfabetização científica

Sasseron e Carvalho (2008) ressaltam que há certos critérios a serem cumpridos para se considerar um indivíduo como alfabetizado cientificamente. As autoras identificaram três elementos fundamentais para promover a Alfabetização Científica, denominando-os como eixos estruturantes. Esses eixos desempenham um papel fundamental na concepção, planejamento e análise de propostas de ensino. Eles fornecem uma base sólida para orientar a promoção da alfabetização científica.

Com base nesses eixos estruturantes, os indicadores de alfabetização científica foram formulados para avaliar as competências empregadas pelos cientistas em suas investigações, servindo como critérios para determinar o estágio de alfabetização científica em andamento. Esses indicadores representam um conjunto de habilidades intrínsecas às ciências e à prática científica, sendo habilidades comuns desenvolvidas e utilizadas para solucionar, discutir e comunicar problemas em todas as áreas científicas. Eles são fundamentais para estabelecer conexões entre as observações do problema em estudo e as estruturas mentais que levam ao seu entendimento.

Os indicadores são agrupados em três categorias principais: o primeiro grupo está associado à coleta de dados; o segundo grupo está relacionado à estruturação do pensamento; e o terceiro grupo diz respeito à busca por relações. Cada um desses grupos representa um conjunto de ações que são empregadas quando se enfrenta um problema a ser solucionado.

O primeiro grupo compreende os indicadores que estão diretamente relacionados ao manuseio dos dados obtidos em uma investigação, sendo classificados em seriação, organização e classificação de informações. Esses indicadores dizem respeito à habilidade de ordenar, estruturar e categorizar as informações coletadas.

O indicador “seriação de informações” pode ser observado quando os estudantes trazem dados já trabalhados e/ou seus conhecimentos e experiências prévias que servirão de base para o problema investigado. O indicador “organização de informações” é observado quando o estudante retoma informações já trabalhadas ou seus conhecimentos prévios de maneira a organizá-los. O indicador “classificação de informações” acontece quando o estudante retoma as ideias já discutidas e busca relacioná-las, evidenciando uma hierarquia entre as informações.

O segundo grupo de indicadores abrange dimensões ligadas à estruturação do pensamento, que influenciam as afirmações e falas durante as aulas de ciências, além de apresentar formas de organizar o pensamento. Esses indicadores refletem a capacidade de organizar e articular ideias de maneira coerente e lógica dentro do contexto científico. Os indicadores desse grupo são o raciocínio lógico e o raciocínio proporcional.

O indicador de alfabetização científica “raciocínio lógico” relaciona-se à maneira como o pensamento é estruturado de forma a articular ideias e explicações sobre o mundo. O indicador de alfabetização científica “raciocínio proporcional” pode ser observado quando o estudante evidencia ter conhecimento sobre a interdependência entre as variáveis trabalhadas.

O terceiro grupo engloba os indicadores que estão mais diretamente ligados à busca por relações. Esses indicadores incluem o levantamento e teste de hipóteses, justificativa, previsão e explicação. Esses indicadores costumam surgir nas etapas finais das discussões, pois envolvem o trabalho com variáveis relacionadas ao fenômeno e a busca por relações que possam descrever as situações dentro daquele contexto e também em situações semelhantes.

O “levantamento de hipóteses” ocorre quando são levantadas suposições acerca de um tema. Esse levantamento de hipóteses pode ser uma afirmação ou uma pergunta. O indicador “teste de hipóteses” pode ocorrer quando os estudantes põem à prova as suposições levantadas por eles anteriormente, seja por manipulação direta de objetos ou no nível das ideias. No indicador “justificativa” o estudante justifica um fenômeno ou acontecimento com base em afirmações que lhe garantem aval, tornando-o mais seguro. O indicador “previsão” é evidenciado quando se afirma que um fenômeno ou acontecimento leva a outro, evidenciando uma relação entre os eventos, atribuindo causa e efeito. Já o indicador “explicação” busca estabelecer conexões e relações entre variáveis e hipóteses levantadas com o intuito de descrever e explicar o fenômeno e suas consequências. A explicação pode estar acompanhada ou não de uma justificativa e uma previsão.

Pizarro e Lopes Junior (2015) apresentam uma contribuição para a produção anterior proposta por Sasseron (2008) com o objetivo de aproximar-se da prática dos anos iniciais, levando em consideração processos comuns e rotineiros nessas etapas de aprendizagem, que frequentemente não estão diretamente relacionados ao ensino de Ciências.

A princípio, pode parecer que muitos dos indicadores sugeridos por Pizarro e Lopes Junior (2015) estejam implícitos nos propostos por Sasseron (2008). No entanto, é importante ressaltar que, devido à realidade enfrentada por professores e estudantes, especialmente nos anos iniciais, onde a alfabetização na idade adequada ainda é um desafio, muitos estudantes podem não demonstrar os indicadores de alfabetização científica conforme esperado por Sasseron (2008), por exemplo. No entanto, isso não significa necessariamente que eles não tenham aprendido Ciências e que não estejam se esforçando para se aproximar do fazer científico.

O indicador “articular ideias” acontece quando se estabelecem relações entre os conhecimentos prévios dos estudantes, o cotidiano e os conhecimentos teóricos aprendidos em sala.

O indicador “investigar” acontece quando o estudante toma a iniciativa de realizar uma pesquisa, apoiando-se em conhecimentos científicos, para tentar responder questionamentos.

O indicador “argumentar” pode ser verificado quando o estudante busca estabelecer conexões e relações, utilizando como base inicialmente nos conhecimentos prévios e posteriormente ampliando seus argumentos com os conhecimentos adquiridos em defesa de suas ideias.

Baseando-se nas definições de Pizarro e Lopes Junior (2015) acerca dos indicadores de alfabetização científica, “ler em ciências” não significa apenas o momento de leitura de textos com características científicas, mas também está relacionado a como o estudante faz a interpretação daquela informação e a relaciona com seus conhecimentos, assim como “escrever em ciências” não implica apenas escrever textos com características típicas de um texto científico, mas também quando o estudante articula em sua produção seus conhecimentos, argumentos e dados das fontes de estudo.

O indicador “problematizar” surge quando o estudante busca questionar os problemas presentes em seu cotidiano, sociedade e meio ambiente, e como isso está relacionado à Ciência.

O indicador “criar” acontece quando é proporcionado ao estudante um momento de apresentar novas ideias, argumentos, posturas e soluções para problemáticas que envolvem Ciências.

No indicador “atuar”, o estudante mostra compreender que é um agente de mudanças diante dos desafios impostos pela Ciência em relação à sociedade e ao meio ambiente.

Nesse trabalho, a fim de verificar indícios da ocorrência da alfabetização científica durante a aplicação da sequência de ensino investigativa foram utilizados os indicadores propostos por Sasseron (2008) e Pizarro e Lopes Junior (2015). Esses indicadores foram selecionados como categorias *a priori* para realização da análise dos dados.

7. PERCURSO METODOLÓGICO

7.1 A metodologia da pesquisa

Diante das demandas e diversas situações que acontecem no ambiente escolar, professores, pedagogos e coordenadores precisam reavaliar suas práticas pedagógicas. Esse processo de reavaliação da prática pedagógica pode acontecer por meio da pesquisa.

Michel (2005) enfatiza que, na pesquisa qualitativa, a verdade não é estabelecida por meio de provas numéricas ou estatísticas, mas convence por meio de experimentação empírica, baseada em análises detalhadas, abrangentes, consistentes e coerentes, além da argumentação lógica das ideias. A autora ainda afirma que, na pesquisa qualitativa, é o próprio pesquisador quem participa ativamente, compreende e interpreta os problemas. Ele vive e possui conhecimento da realidade do grupo que está sendo estudado, permitindo assim uma compreensão e interpretação mais aprofundada das situações encontradas.

Por sua vez, Minayo (2011) destaca que a análise qualitativa vai além de simplesmente classificar as opiniões dos informantes. Ela envolve a descoberta dos códigos sociais presentes nas falas, símbolos e observações. A busca pela compreensão e interpretação, à luz da teoria, proporciona uma contribuição única e contextualizada por parte do pesquisador. A autora descreve a pesquisa qualitativa como um processo dividido em três etapas distintas: a fase exploratória, o trabalho de campo e a análise e tratamento do material empírico e documental. Na fase exploratória, o pesquisador elabora o projeto de pesquisa, no qual são definidos todos os procedimentos que precedem o trabalho de campo. Nessa etapa, são pensadas as hipóteses, os instrumentos de operacionalização do estudo e o cronograma a ser seguido. O trabalho de campo, conforme explicado pela autora, “consiste em levar para a prática empírica a construção teórica elaborada na primeira etapa” (2011, p. 26). Na última etapa, a análise e tratamento do material empírico e documental, são empregados todos os procedimentos necessários para a compreensão e interpretação dos dados coletados, em conjunto com as leituras teóricas realizadas para a condução da pesquisa.

Dessa forma, a pesquisa em questão é caracterizada como qualitativa e possui um caráter exploratório, no qual a professora participou ativamente de todo o contexto em que a pesquisa foi realizada. Conforme destacado por Lüdke e André (1986), na pesquisa qualitativa, é essencial que o pesquisador estabeleça um contato próximo e direto com a situação a ser estudada, uma vez que é nesse ambiente onde os fenômenos ocorrem. Somente dessa forma, o pesquisador poderá obter uma maior quantidade de elementos que subsidiarão o seu estudo. Assim, os professores se tornam pesquisadores de sua própria prática, elaborando projetos de intervenção respaldados em referenciais teóricos coerentes de modo a contribuir para o desenvolvimento de competências e habilidades de seus estudantes e minimizar os problemas existentes.

De acordo com Ferreira et al. (2014), na pesquisa aplicada são analisadas as problemáticas que surgem no contexto cotidiano com base na experiência do pesquisador, adotando-se metodologias nas quais ele realiza sua pesquisa em colaboração com os participantes. Nesse sentido, essas pesquisas têm uma tendência para a intervenção, a prática e a aplicabilidade. Segundo os autores, trata-se de uma "pesquisa viva", ou seja,

realizada no ambiente escolar. Além disso, os autores complementam que a pesquisa aplicada requer que o pesquisador se imerja no contexto a ser estudado. Dessa forma, ele estabelece uma relação dialógica com os sujeitos da pesquisa, seus conhecimentos e suas aspirações, e desenvolve, ao longo do estudo, uma proposta de intervenção.

Segundo Hetkowski (2016), a pesquisa aplicada tem como objetivo principal a delimitação e relevância de situações específicas e potencialmente aplicáveis. Quanto mais bem definidos forem o objeto de pesquisa, o local, os sujeitos e a metodologia de intervenção, maior será a qualidade do trabalho e as possibilidades de utilizar os conhecimentos adquiridos em ações concretas, o que, por sua vez, afetará os resultados obtidos.

No âmbito da pesquisa aplicada, o foco está nas problemáticas encontradas nas atividades de instituições, organizações, grupos ou atores sociais. Seu propósito é elaborar diagnósticos, identificar problemas e buscar soluções. A pesquisa aplicada responde a uma demanda formulada por "clientes, atores sociais ou instituições" (THIOLLENT, 2009, p.36).

Dessa forma, a pesquisa que será desenvolvida é uma pesquisa qualitativa e de natureza aplicada, visto que se pretende elaborar, validar, desenvolver e aplicar uma sequência de ensino investigativa, estabelecendo uma relação direta com os sujeitos da pesquisa (os estudantes da Educação Básica), seus conhecimentos e expectativas, com posterior análise dos dados coletados para sua compreensão e interpretação, em conjunto com os referenciais teóricos estudados.

7.2 Elaboração da Sequência de Ensino Investigativa (SEI)

Para a elaboração da SEI foi levada em consideração a abordagem de ensino por investigação e as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS) com vistas à promoção da alfabetização científica. As fases de ensino propostas por Aguiar Junior (2005), as atividades-chave propostas por Carvalho (2013) e Sasseron (2015), o Currículo Referência Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2018), bem como as dificuldades no ensino sobre radiação e radioatividade também farão parte do aporte teórico e metodológico para a estruturação das atividades.

A sequência de ensino foi elaborada para o Ensino Médio, mas no material do professor serão indicadas atividades que podem ser realizadas pelo professor de forma a contemplarem também o Ensino Fundamental – Anos Finais. Para o Ensino Médio foram considerados os Objetos de Conhecimento de modo a desenvolver as habilidades mostradas no Quadro 2.

7.3 Desenvolvimento das etapas de validação da SEI

Para o processo de aprimoramento da sequência, a mesma foi apresentada a professores/tutores de um Curso de Especialização em Educação em Ciências da UFMG e também a estudantes do último período do Curso de Licenciatura em Química também da UFMG, a fim de que suas experiências possam contribuir para melhorias na SEI. Após essas melhorias, a SEI foi desenvolvida em uma turma de 8º ano com o objetivo de coleta de dados para análise e reflexão sobre a potencialidade de promoção da alfabetização científica.

Os professores/tutores do Curso de Especialização são 5 professores da área de Ciências da Natureza e atuantes na educação básica. A apresentação ocorreu no modo online utilizando da plataforma *Teams*. Na sequência da apresentação, foi realizada uma discussão por meio de áudio, vídeo e chat de forma síncrona pela própria plataforma *Teams*, em que os tutores fizeram críticas e sugestões às atividades que compõem a SEI apresentada.

Após realizadas eventuais alterações com base nas sugestões dos tutores, que serão detalhadas no capítulo de resultados, a sequência foi apresentada a uma turma de 19 licenciandos dos semestres finais do curso de Química Licenciatura da UFMG. Desses estudantes, alguns já atuam como professores regentes de aula, enquanto os demais possuem apenas experiência como estagiários.

O objetivo da apresentação da SEI para os estudantes de graduação foi obter novas sugestões para a versão revisada da SEI. em uma atividade de avaliação da disciplina Didática do Ensino de Química foi disponibilizada para cada um dos estudantes uma versão impressa da SEI para que eles acompanhem a apresentação e fizessem suas anotações. Durante a apresentação foi descrita cada uma das atividades evidenciando seus objetivos. Em seguida foi utilizado um formulário elaborado pela pesquisadora para coleta de informações sobre a impressão dos estudantes sobre a SEI.

Na escola em que foi desenvolvida a sequência de ensino acontece uma vez por mês uma semana dedicada apenas às avaliações. As avaliações ocorrem durante os três primeiros horários de aula e, após o intervalo, os estudantes têm suas aulas normalmente. Os professores que têm suas provas aplicadas nos primeiros dias da semana relatam grande dificuldade em conduzir suas aulas após o período de prova, devido à desmotivação dos estudantes. A escola disponibilizou à pesquisadora as turmas do 8º ano para aplicação da sequência, já que eram as turmas em que havia maior dificuldade de engajamento nas aulas após a prova.

A sequência então foi reelaborada para ser desenvolvida em turmas do Ensino Fundamental II. A escola faz parte da rede privada de ensino do município de Contagem e

foi fundada há 35 anos, atuando desde o berçário à 3ª série do Ensino Médio. O público-alvo, em sua maioria, são estudantes moradores do bairro onde se localiza a escola e bairros adjacentes. Possui infraestrutura com salas de aula amplas, com computador, sistema audiovisual, quadra e biblioteca.

No ano de 2022 foram formadas duas turmas do oitavo ano no período da manhã (turma A e turma B), cada uma delas com 21 estudantes. É importante destacar que a escola não faz distinção de mérito dos estudantes para formação das turmas, que são divididas por ordem de matrícula.

As aulas ocorreram de modo presencial e os devidos cuidados para evitar a contaminação por COVID-19 foram tomados.

A sequência de ensino proposta foi aplicada nas duas turmas entre os dias 22/08/2022 a 02/09/2022.

Tanto os estudantes da graduação quanto os estudantes do Ensino Fundamental II foram convidados a participar da pesquisa deixando claros os objetivos, informando que as identidades dos participantes seriam preservadas e que a aplicação da SEI não comprometeria o andamento das aulas e muito menos o desempenho escolar.

Para os estudantes da graduação foram recolhidas autorizações para realização da pesquisa (Apêndice 1). Para os estudantes do Ensino Fundamental II, pelo fato de serem menores de idade, foram solicitadas e recolhidas autorizações para a realização da pesquisa assinadas por seus responsáveis (Apêndice 2) e pelos próprios estudantes (Apêndice 3). Além dessas autorizações, foi solicitada à direção da escola permissão para realização da pesquisa no ambiente escolar (Apêndice 4).

7.4 A coleta de dados

A aplicação da sequência de ensino ocorreu de forma presencial. A coleta dos dados foi realizada por meio de gravadores de áudio dispostos na sala e por meio de material impresso disponibilizado aos estudantes para realização das atividades e anotações da pesquisadora. *Data Show*, caixas de reprodução de áudio e textos impressos foram utilizadas no decorrer de toda a aplicação.

O áudio de cada uma das aulas foi ouvido diversas vezes e para a construção de dados a pesquisadora realizou anotações, identificando os trechos que julgou mais relevantes das discussões entre os estudantes e a professora e entre os estudantes.

Após o término de cada áudio foi produzido um resumo caracterizando as aulas, o perfil e a reação dos estudantes diante dos temas abordados. Todo esse material será utilizado para a posterior análise utilizando a metodologia da Análise Textual Discursiva (ATD).

7.5 Análise de dados

Segundo Pedruzzi et al (2015), pesquisar implica em problematizar, teorizar para compreender, descrever e explicitar fenômenos. Por isso o pesquisador precisa apresentar coerência e consistência teórico-metodológica em seu trabalho.

Nas pesquisas em educação a análise dos dados se torna um momento importante para o pesquisador em seus estudos (MEDEIROS; AMORIM, 2017). Segundo Moraes e Galiuzzi (2020) diferentes técnicas de análise de dados qualitativos vem sendo estudados na área educacional, principalmente as técnicas de análise textual. Diante das diversas técnicas de análise de dados qualitativos na pesquisa em educação se encontram a Análise Textual Discursiva (ATD), a Análise de Conteúdo (AC) e a Análise de Discurso (AD) (MEDEIROS; AMORIM, 2017).

A Análise Textual Discursiva se encontra em entre as abordagens Análise do Discurso e a Análise do Conteúdo, permitindo que se obtenham compreensões mais profundas sobre os fenômenos do discurso. A ATD pode ser concebida a partir de dois movimentos opostos, que são a desconstrução das informações escritas e a reconstrução ou síntese, levando em consideração a problemática da pesquisa e os dados produzidos (SOUSA; GALIAZZI, 2016).

Moraes e Galizzi (2020) afirmam que a análise textual pode ser utilizada em pesquisas de natureza qualitativa e visa aprofundar a compreensão dos fenômenos investigados por meio de uma análise rigorosa e criteriosa. Essa análise pode ser baseada em textos existentes ou em textos produzidos especificamente para a pesquisa em questão. Por exemplo, a análise textual discursiva pode ajudar na análise de dados textuais coletados por meio de questionários, entrevistas, bem como em textos de documentos e cartas. Os autores afirmam ainda que esse tipo de pesquisa não pretende testar hipóteses, mas tem como objetivo a compreensão.

Ainda segundo Moraes e Galiuzzi (2020), a ATD é baseada em pressupostos que a situam entre os extremos da análise de conteúdo e da análise do discurso. Os autores afirmam que as diversas metodologias têm suas finalidades e objetivos específicos dentro de uma pesquisa qualitativa, e que elas não se excluem mutuamente.

Segundo Silva e Marcelino (2022), a metodologia da ATD é descrita por Moraes (2003) como uma “tempestade de luz”, pois é capaz de oferecer uma nova perspectiva para a análise de informações textuais, afastando-se do que é tradicionalmente chamado de análise de conteúdo e aproximando-se de algumas modalidades de análise de discurso. Segundo Moraes (2003), essa abordagem de análise é capaz de produzir novas compreensões de forma auto-organizada em relação aos fenômenos examinados.

De acordo com Moraes e Galiazzi (2011), a ATD é um processo rigoroso, sistemático e não neutro, no qual a interpretação realizada pelos pesquisadores é influenciada pela subjetividade, que envolve as concepções de mundo do investigador, seus discursos, ideias preconcebidas, ampliadas e reelaboradas durante o processo de construção do conhecimento.

Segundo Moraes e Galiazzi (2020), a ATD consiste em um processo minucioso de várias etapas, que exige atenção e rigor do pesquisador em cada uma delas. Dessa forma, somente o estudo e diálogo em grupo não seriam tão eficientes para o processo formativo que a metodologia requer.

A ATD é organizada em três etapas, sendo a primeira delas o processo de unitarização, em que se desconstrói o texto, fragmentando-o em unidades de significado. Segundo Moraes e Galiazzi (2020, p.137):

Mais do que propriamente divisões ou recortes as unidades de análise podem ser entendidas como elementos destacados dos textos, aspectos importantes destes que o pesquisador entende mereçam ser salientados, tendo em vista sua pertinência em relação aos fenômenos investigados. Quando assim entendidas, as unidades estão necessariamente conectadas ao todo.

A etapa de unitarização é fundamental no desenvolvimento da Análise Textual Discursiva, já que essas unidades contêm as mensagens mais relevantes dos textos analisados. É importante destacar que, durante o processo de pesquisa, novas unidades podem se tornar importantes para o conjunto da análise, exigindo um olhar constante sobre os textos que compõem o *corpus*. (PEDRUZZI et al, 2015)

Segundo Pedruzzi et al (2015), na segunda etapa da Análise Textual Discursiva, a organização de categorias é essencial e essas categorias podem ser constantemente reagrupadas. Nesse momento, o olhar para os textos analisados começa a se aprofundar, pois partimos dos detalhes de cada unidade para chegar à totalidade das unidades e, em seguida, às categorias, que congregam informações sobre essas unidades. Dessa forma, a categorização:

Corresponde a simplificações, reduções e sínteses de informações de pesquisa, concretizados por comparação e diferenciação de elementos unitários, resultando em formação de conjunto de elementos que possuem algo em comum. (MORAES; GALIAZZI, 2020, p.97).

De acordo com os autores desta metodologia, durante o processo de categorização, embora a elaboração indutiva de categorias seja prevalente, é possível trabalhar de forma dedutiva, na qual as categorias têm sua origem *a priori*. No entanto, as categorias emergentes são resultado de uma organização minuciosa, que só pode ser finalizada ao término da análise. Dessa forma, as categorias irão se transformar ao longo do avanço da

pesquisa, o que levará à formação de categorias iniciais, intermediárias e finais. (PEDRUZZI et al, 2015)

Ainda segundo Pedruzzi et al (2015), o processo de aprendizagem da Análise Textual Discursiva culmina na produção de metatextos que exploram as categorias finais da pesquisa. A elaboração desses metatextos é uma característica central do desenvolvimento dessa metodologia, pois permite ao pesquisador exercitar uma atividade extremamente importante em sua constituição: a escrita. Conforme afirmam os autores da ATD:

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, 2020, p. 111).

O metatexto precisa ser constantemente melhorado e reorganizado, pois, por ser um processo de escrita, exige uma contínua reavaliação em relação à sua estrutura e argumentação. Assim como no processo de investigação do fenômeno, buscamos aprofundar nossas descobertas e achados, da mesma forma procedemos na elaboração do metatexto. (PEDRUZZI et al, 2015)

Nessa pesquisa serão utilizados como categorias iniciais da ATD os indicadores de alfabetização científica propostos por Sasseron (2008) e aqueles propostos por Pizarro e Lopes Junior (2015).

Sasseron (2008) propõem 11 indicadores de alfabetização científica, divididos em 3 grupos. No grupo 1 são descritos os indicadores relacionados ao trabalho direto com os dados empíricos: “seriação de informações”, “organização de informações” e “classificação de informações”. No grupo 2 estão os indicadores relacionados à estruturação do pensamento e à construção de uma ideia lógica e objetiva: “raciocínio lógico” e “raciocínio proporcional”. Já no grupo 3 tem-se os indicadores vinculados à procura do entendimento da situação analisada: “levantamento de hipóteses”, “teste de hipóteses”, “justificativa”, “previsão” e “explicação”.

Pizarro e Lopes Junior (2015) ressaltam que muitos dos estudantes podem não demonstrar os indicadores de alfabetização científica propostos por Sasseron (2008) pelo fato de os anos iniciais ainda conviverem com o desafio da alfabetização na idade certa. Assim, os autores propõem 8 indicadores de alfabetização científica com o objetivo de se aproximar da prática dos anos iniciais, levando em consideração processos comuns e rotineiros: “articular ideias”, “investigar”, “argumentar”, “ler em ciências”, “escrever em ciências”, “problematizar”, “criar” e “atuar”.

Para a análise dos dados será utilizado somente o material de áudio, e por essa razão serão consideradas as aulas 1, 2 e 3, já que a aula 4 foi predominantemente escrita.

Assim, buscamos nas fontes de dados evidências da ocorrência de alfabetização científica. Durante a análise foram ainda definidas categorias emergentes com base nas discussões em sala de aula. A partir dessa análise foram elaborados metatextos evidenciando os possíveis indicadores de alfabetização científica, como esses foram identificados nas falas dos estudantes e materiais produzidos, assim como implicações para a sala de aula de Ciências.

8. RESULTADOS

8.1 A elaboração da Sequência de Ensino Investigativa (SEI)

Pensando em desmistificar o conceito muitas vezes construído de que a radiação está relacionada apenas a acidentes e fatos negativos, será escolhido um título de modo a levar os estudantes a uma reflexão sobre seus conhecimentos prévios a respeito de radiação: “A radiação é vilã?”.

Durante a pandemia da COVID-19 as plataformas de *streaming* ganharam força, e os filmes de super-heróis foram um dos tipos mais divulgados por essas plataformas. Trazendo essa realidade para o contexto escolar e com o objetivo de aguçar o interesse dos estudantes, a pesquisadora selecionou textos que retratam os super-heróis. Realizando uma pesquisa para identificar quais histórias abordavam o tema radiação/radioatividade, foram escolhidas as histórias do Hulk e do Homem Aranha. Essas histórias foram adaptadas para a sequência de forma a enfatizar a presença da radiação/radioatividade nas origens desses dois super-heróis.

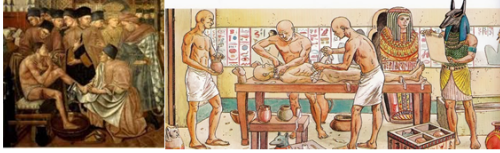
Diante do reduzido número de aulas semanais dos professores de Química e da demanda do cumprimento dos componentes curriculares, foi pensado em uma sequência que pudesse contemplar o conteúdo de radiação com o mínimo de aulas possível. Dessa forma, optou-se por dimensionar a SEI para 4 aulas.

Considerando os referenciais teóricos estudados e as habilidades a serem desenvolvidas conforme o Currículo Referência Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2018), uma primeira versão da sequência de ensino foi formulada. Essa primeira versão foi composta pelas atividades mostradas na Figura 1.

Figura 1 – Primeira versão da sequência de ensino.

Atividade 1: Como surgiram os exames por imagens

- 1.1. Observe as imagens a seguir sobre procedimentos médicos. O que podemos dizer sobre as limitações da medicina nas épocas retratadas?



- 1.2. Levando em consideração a medicina retratada nas imagens acima, como você explicaria como eram feitos diagnósticos sem o uso de exames por imagem como raio-x, ressonância magnética entre outros. Era possível realizar o diagnóstico de uma fratura por exemplo?
- 1.3. Assista ao vídeo disponível no link <<https://www.youtube.com/watch?v=WFq1fL6s-rs>> e faça a anotação em seu material das palavras que são novas para você ou que você não conheça o significado.

- 1.4. Reúnam-se em grupos de 3 ou 4 alunos e respondam as questões abaixo:

- a) Quais foram os termos utilizados no vídeo que vocês não conhecem?
 b) Produza um pequeno texto de modo a relacionar o vídeo com as imagens, evidenciando o quanto a medicina evoluiu de forma a ser possível utilizar imagens internas do corpo humano para realizar diagnósticos.

- 1.5. ATIVIDADE DE PESQUISA EM CASA: Pesquise o significado das palavras abordadas no vídeo que você desconhece.

1

Atividade 3: Conhecendo mais sobre radiação, radioatividade e suas aplicações

- 3.1. Realize uma pesquisa de modo a responder o questionário a seguir:

- a) O que é um elemento radioativo?
 b) O que é um reator nuclear e como acontece o seu funcionamento?
 c) O que é um radiofármaco?
 d) O que significa iodo-131? Qual a diferença entre ele e simplesmente "iodo"?
 e) O que é a radiação alfa e de onde surge? Qual é a interação dela com o organismo?
 f) Os elementos/isótopos radioativos só liberam radiação alfa? Quais são os outros tipos de radiação que eles podem liberar?
 g) Quais os tipos de radiação os radiofármacos emitem e porque?
 h) A ingestão de radiofármacos para a utilização na medicina nuclear em diagnósticos pode durar eternamente, contaminando todo o local? Quanto tempo a contaminação pode durar?

- 3.2. ATIVIDADE DE PESQUISA EM CASA: Realize uma pesquisa e posteriormente apresente para a turma como o desenvolvimento tecnológico possibilitou a utilização da radiação em atividades que contribuem para a sociedade e como a sociedade deve lidar com os rejeitos produzidos por essa tecnologia. Cada grupo realizará a pesquisa de acordo com seu tema:

- a) Radiação na agricultura
 b) Radiação na produção de alimentos
 c) Radiação na indústria
 d) Radiação como fonte de energia
 e) Rejeitos radioativos

3

Atividade 2: Problematização

- 2.1. Vamos identificar quais as palavras mais pesquisadas entre vocês alunos. Para isso, com a ajuda de seu professor, informe os termos que você pesquisou na atividade Para Casa 1.5.

- 2.2. Como os equipamentos da medicina nuclear são capazes de gerar as imagens internas do corpo humano? Discuta com a turma enquanto o professor anota no quadro as hipóteses levantadas.

2

Atividade 4: Fechamento

- 4.1. Realize a apresentação dos trabalhos do telejornal.

- 4.2. Faça a leitura dos textos a seguir:

Origem do Hulk

Bruce Banner é um cientista especializado em radiação. Graças ao seu conhecimento, foi trabalhar no Departamento de Defesa Nuclear dos EUA e desenvolveu a bomba de raios gama que mudou sua vida. Logo após desenvolver a bomba de raios gama, Bruce Banner colocou o artefato para teste. Entretanto, ele percebeu que um garoto havia invadido a área de testes e pediu a interrupção da contagem, enquanto retirava o menino do local. Bruce conseguiu salvar o garoto, mas a contagem não foi interrompida e ele foi vítima da explosão. O cientista conseguiu escapar da morte, mas acabou se transformando numa criatura monstruosa: o Hulk.

**O homem aranha**

A história do Homem-Aranha começa quando o tímido Peter Parker, órfão de pai e mãe, que vive com os tios (Ben e May) em Forest Hills, no bairro nova-iorquino de Queens (EUA), visita um laboratório onde ocorre uma experiência que revolucionará a sua vida, durante a qual uma aranha é atingida por uma potente radiação tornando-se radioativa. Pouco depois, o aracnídeo pica Peter, transferindo-lhe os incríveis poderes de uma aranha (como subir pelas paredes sem qualquer dificuldade), um sexto sentido (que o avisa dos perigos) e extraordinária agilidade física, contrastando fortemente com a imagem de adolescente reservado e aplicado nos estudos.



- 4.3. Com base nos conhecimentos sobre radiação/radioatividade adquiridos durante os estudos, faça uma redação de modo a comparar as histórias do Hulk e Homem Aranha evidenciando informações reais e informações que estão apenas no Universo Marvel.

4

A primeira versão da sequência de ensino foi apresentada a professores/tutores de um Curso de Especialização em Educação em Ciências da UFMG. Após a apresentação, os professores/tutores contribuíram para a reformulação do material, pontuando sugestões.

Considerando as sugestões dos professores/tutores foram realizadas as alterações mostradas no Quadro 5.

Quadro 5: Alterações realizadas com base em sugestões dos professores/tutores do curso de especialização.

Atividade	Alterações realizadas
Atividade 1	<ul style="list-style-type: none"> • Inclusão de imagens na atividade 1.1 • União das atividades 1.1 e 1.2 • Inclusão de um texto sobre a história da radioatividade para promoção da alfabetização científica • Melhor elaboração do enunciado para produção do texto utilizando como exemplo a proposta de redação do ENEM
Atividade 2	<ul style="list-style-type: none"> • Sugerir, no material do professor, possíveis fontes de pesquisa sobre os possíveis termos levantados pelos estudantes na atividade 1.5
Atividade 3	<ul style="list-style-type: none"> • Sugerir, no material do professor, possíveis fontes de pesquisa como material de apoio para resolução do questionário da atividade 3.1
Atividade 4	<ul style="list-style-type: none"> • Inclusão de um texto que abordasse sobre a radioatividade presente no dia a dia • Melhor elaboração do enunciado para produção do texto utilizando como exemplo a proposta de redação do ENEM

Fonte: Elaborado pela autora.

A segunda versão da sequência de ensino é mostrada na Figura 2.

Figura 2 – Segunda versão da sequência de ensino.

Atividade 1: Como surgiram os exames por imagens

1.1. Observe as imagens a seguir sobre procedimentos médicos. O que podemos dizer sobre as limitações da medicina nas épocas retratadas? Como você explicaria como eram feitos diagnósticos sem o uso de exames por imagem como raio-x, ressonância magnética entre outros. Era possível realizar o diagnóstico de uma fratura, por exemplo?



Fonte: Google Imagens

1.2. Faça a leitura do texto a seguir:

Descoberta da Radioatividade

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 acaso 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 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 o 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.

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 ao sol amostras de um minério de urânio, o sulfato duplo de potássio e a urânila 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 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 1ª 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.

1

Os trabalhos do casal Curie tiveram crucial importância na mudança de rumo que tomaria 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 pechblenda ou uranita (UO₂) 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 Polónia, 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. Ernest Rutherford recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1908 pelos estudos da desintegração de elementos e a química das substâncias radioativas.

Fonte: Adaptado de <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/descoberta-radioatividade.htm>> Acessado em 23/06/2022.

Atividade 2: Problemática

2.1. Vamos identificar quais as palavras mais pesquisadas entre vocês alunos. Para isso, com a ajuda de seu professor, informe os termos que você pesquisou na atividade Para Casa 1.5.

Ao professor:

Dentre os termos marcados pelos alunos, possivelmente estarão presentes: radioisótopos, radiofármacos, reator nuclear, radiação/radioatividade, urânio, iodo, radioatividade espontânea, raio-x. Utilize o quadro abaixo para explanar aos alunos a definição desses termos.

Radioisótopos	Os Radioisótopos são formados por isótopos, que são átomos com o mesmo número atômico e diferente número de massa. Fonte: < https://brasilecola.uol.com.br/quimica/radioisotopos.htm > Acessado em 02/07/2022
Radiofármacos	Radiofármacos são substâncias químicas que possuem algum radioisótopo, que é reconhecido pelo organismo como semelhante a alguma substância processada por algum órgão ou tecido. São fontes radioativas não seladas, que são introduzidas no corpo do paciente por ingestão, inalação ou injeção. Os radiofármacos são utilizados por uma área da medicina conhecida como medicina nuclear, tanto para diagnósticos como para tratamentos. Fonte: < https://radioprotecaonapratca.com.br/radiofarmacos/ > Acessado em 02/07/2022
Reator nuclear	Um reator nuclear é um dispositivo usado em usinas para controlar a reação de fissão nuclear. Essa reação ocorre de forma descontrolada, por exemplo, na explosão de bombas atômicas; mas os reatores possuem mecanismos que impedem isso, fazendo com que a reação seja controlada e reaproveitada para gerar energia elétrica. Fonte: < https://brasilecola.uol.com.br/quimica/reator-nuclear.htm > Acessado em 02/07/2022
Radiação	O fenômeno físico da radiação pode ser definido como energia em movimento, ou seja, a propagação ou trânsito de uma partícula ou onda eletromagnética entre um ponto e outro do espaço, seja através do vácuo ou de um meio material qualquer. Fonte: < https://www.sapralandauer.com.br/protecao-radiologica-saiba-sobre-os-principais-aspectos-normas-e-tecnologias-empregadas/o-que-e-radiacao-nocoes-basicas-de-protecao-radiologica/ > Acessado em 02/07/2022
Radioatividade	A radioatividade é definida como o fenômeno pelo qual um núcleo instável emite partículas e ondas para atingir a

3

4

(continua na próxima página)

Figura 2 – Segunda versão da sequência de ensino. (continuação)

	<p>estabilidade. Nem todos os átomos são radioativos, mas os que recebem essa definição se caracterizam por emitir partículas radioativas (radiação), numa busca constante para se tornarem mais estáveis.</p> <p>Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/definindo-radioatividade.htm> Acessado em 02/07/2022</p>
Urânio	<p>O urânio, símbolo U e número atômico 92, é um actínio de grande importância para fins energéticos, pois sua propriedade radioativa faz com que ele gere grandes quantidades de energia durante os processos de fissão nuclear que ocorrem nas usinas.</p> <p>Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/uranio-radioativo.htm> Acessado em 02/07/2022</p>
Iodo	<p>O iodo, símbolo I e número atômico 53, é um halogênio. Dentre os isótopos já conhecidos do iodo, o I-131 (iodo radioativo) é utilizado na medicina de diagnóstico para o tratamento de tumores na tireoide, esse isótopo libera radiação com características semelhantes às dos raios-x e radiação beta, sendo esta última capaz de destruir as células carcinogênicas em questão (iodoterapia). A radiação gama (também emitida por núcleos de iodo 131) é empregada em serviços de diagnóstico (como a cintilografia) – portanto, o I-131 também pode ser utilizado para o mapeamento da tireoide.</p> <p>Fonte: <https://www.infoescola.com/elementos-quimicos/iodo-radioativo/> Acessado em 02/07/2022</p>
Radioatividade espontânea	<p>A radioatividade espontânea é um processo natural que ocorre em elementos e seus isótopos encontrados naturalmente.</p> <p>Fonte: <https://www.infoescola.com/quimica/radioatividade/> Acessado em 02/07/2022</p>
Raio-x	<p>Os raios X são radiações eletromagnéticas de alta frequência, produzidas a partir da colisão de feixes de elétrons com metais. Essa radiação não pode ser percebida pelo olho humano, pois está além da frequência máxima distinguida pela visão humana. É importante na Medicina porque possibilita gerar diagnósticos por meio de imagens.</p> <p>Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-sao-os-raios-x.htm> Acessado em 02/07/2022</p>

2.2 Discuta com a sua turma como os equipamentos da medicina nuclear são capazes de gerar as imagens internas do corpo humano.

Atividade 3: Conhecendo mais sobre radiação e radioatividade

Ao professor:

Nesse momento serão trabalhados os saberes necessários para a compreensão da problemática inicial evidenciada, havendo no processo a orientação do professor. Nesta atividade as duplas são encorajadas a pesquisar em livros didáticos de Física ou Química e na internet de modo a responder o questionário 3.1.

Previamente é necessário que o professor separe o material adequado para que os alunos realizem a pesquisa da atividade 3.1. Segue uma lista de sugestões de livros didáticos que podem ser utilizados:

- DIOGO, B. G. et al. **#NOVO ENSINO MEDIO - PROJETOS INTEGRADORES - CIENCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS**. EDITORA SCIPIONE S.A., 2020. 168 p.
- THAHIRA, R. C. et al. **+AÇÃO – NA ESCOLA E NA COMUNIDADE – PROJETOS INTEGRADORES – CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS**. EDITORA FTD S A, 2020. 208 p.
- BERÇOT, F. F. et al. **CONHECER E TRANSFORMAR: PROJETOS INTEGRADORES**. EDITORA DO BRASIL SA, 2020. 208 p.
- MENDONÇA, V. L. **DE OLHO NO FUTURO - PROJETOS INTEGRADORES - CIENCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS**. EDITORA ATICA S.A., 2020. 208 p.
- LOPES, S. et al. **IDENTIDADE EM AÇÃO: CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS**. EDITORA MODERNA LTDA, 2020. 208 p.
- MACHADO, V. et al. **INTEGRALIS – CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS - PROJETOS INTEGRADORES**. EDITORA MODERNA LTDA, 2020. 200 p.
- MEIRELLES, T. et al. **INTEGRAÇÃO E PROTAGONISMO**. EDITORA DO BRASIL SA, 2020. 208 p.
- ARAGAO, P. H. A. et al. **JOVEM PROTAGONISTA PROJETOS INTEGRADORES CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS**. EDICOES SM LTDA., 2020. 168 p.
- SOARES, N. et al. **MODERNA EM PROJETOS: CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS**. EDITORA MODERNA LTDA, 2020. 192 p.
- MORAES, P. A. S. et al. **PROJETOS INTEGRADORES: INTEGRANDO SABERES - CIENCIAS DA NATUREZA. UNIVERSO DOS LIVROS EDITORA LTDA**, 2020. 200 p.
- HOLANDA, L. et al. **PRÁTICAS NA ESCOLA - CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS**. EDITORA MODERNA LTDA, 2020. 184 p.
- VETILLO, T. N. et al. **SER PROTAGONISTA PROJETOS INTEGRADORES CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS**. EDICOES SM LTDA., 2020. 176 p.
- SAO PEDRO, A. C. C. et al. **VAMOS JUNTOS, PROFE! - PROJETOS INTEGRADORES - CIENCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS**. SARAIVA EDUCAÇÃO S.A., 2020. 176 p.

Sugere-se também a consulta nos seguintes sites:

- <http://www.flocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/radiacao.html>
- <<https://telemedicinamorsch.com.br/search/blog/>> -> "Pesquise no Blog"
- <<https://www.atomicarchive.com/science/power/>>

5

3.1 Realize uma pesquisa de modo a responder o questionário a seguir:

- O que é um elemento radioativo?
- O que é um reator nuclear e como acontece o seu funcionamento?
- O que é um radiofármaco?
- O que significa iodo-131? Qual a diferença entre ele e simplesmente "iodo"?
- O que é a radiação alfa e de onde surge? Qual é a interação dela com o organismo?
- Os elementos/isótopos radioativos só liberam radiação alfa? Quais são os outros tipos de radiação que eles podem liberar?
- Quais os tipos de radiação os radiofármacos emitem e porque?
- A ingestão de radiofármacos para a utilização na medicina nuclear em diagnósticos pode durar eternamente, contaminando todo o local? Quanto tempo a contaminação pode durar?

3.2 ATIVIDADE DE PESQUISA EM CASA: Realize uma pesquisa e posteriormente apresente para a turma como o desenvolvimento tecnológico possibilitou a utilização da radiação em atividades que contribuem para a sociedade e como a sociedade deve lidar com os rejeitos produzidos por essa tecnologia. Cada grupo realizará a pesquisa de acordo com seu tema:

- Radiação na agricultura
- Radiação na produção de alimentos
- Radiação na indústria
- Radiação como fonte de energia
- Rejeitos radioativos

5

Atividade 4: Fechamento

4.1 Realize a apresentação dos trabalhos do telejornal.

4.2 Faça a leitura dos textos a seguir:

Origem do Hulk

Bruce Banner é um cientista especializado em radiação. Graças ao seu conhecimento, foi trabalhar no Departamento de Defesa Nuclear dos EUA e desenvolveu a bomba de raios gama que mudou sua vida. Logo após desenvolver a bomba de raios gama, Bruce Banner colocou o artefato para teste. Entretanto, ele percebeu que um garoto havia invadido a área de testes e pediu a interrupção da contagem, enquanto retirava o menino do local. Bruce conseguiu salvar o garoto, mas a contagem não foi interrompida e ele foi vítima da explosão. O cientista conseguiu escapar da morte, mas acabou se transformando numa criatura monstruosa: o Hulk.



Fonte: Google imagens

O homem aranha

A história do Homem-Aranha começa quando o tímido Peter Parker, órfão de pai e mãe, que vive com os tios (Ben e May) em Forest Hills, no bairro nova-iorquino de Queens (EUA), visita um laboratório onde ocorre uma experiência que revolucionará a sua vida, durante a qual uma aranha é atingida por uma potente radiação tornando-se radioativa. Pouco depois, o aracnídeo pica Peter, transferindo-lhe os incríveis poderes de uma aranha (como subir pelas paredes sem qualquer dificuldade), um sexto sentido (que o avisa dos perigos) e extraordinária agilidade física, contrastando fortemente com a imagem de adolescente reservado e aplicado nos estudos.



Fonte: Google imagens

7

(continua na próxima página)

8

Figura 2 – Segunda versão da sequência de ensino. (continuação)

Vivendo com a radioatividade

Nós usamos material radioativo para diagnóstico e tratamento em "medicina nuclear". Os pacientes recebem injeções de radioisótopos específicos, dependendo do local do corpo onde o tratamento ou o diagnóstico é necessário.

Radioiodo, por exemplo, é coletado na glândula tireoide, enquanto o rádio acumula-se principalmente nos ossos. A radiação emitida é utilizada para diagnosticar tumores cancerosos. Radioisótopos são também empregados para o tratamento de cânceres, dirigindo-se sua radiação emitida para um tumor.

O radioisótopo médico mais comum é ^{99m}Tc (tecnécio), que é empregado em 30 milhões de procedimentos anualmente em todo o mundo. Como muitos outros isótopos médicos, ele é produzido pelo homem, derivado de um radioisótopo original criado por meio da fissão de urânio em reatores nucleares.

Fonte: Adaptado de < <https://www.bbc.com/portuguese/geral-60570722> >
Acessado em 25/06/2022

4.3 ATIVIDADE PARA CASA: A partir dos conhecimentos adquiridos sobre radiação/radioatividade, redija um texto dissertativo-argumentativo de 10 a 15 linhas na modalidade escrita formal da língua portuguesa comparando as histórias do Hulk e Homem Aranha e a reportagem da BBC, evidenciando informações reais e informações que estão apenas no Universo Marvel. Selecione, organize e relacione, de forma coerente e coesa, argumentos e fatos para defesa de seu ponto de vista.

9

Fonte: Elaborado pela autora.

A segunda versão da sequência de ensino foi disponibilizada e apresentada a 19 licenciandos do penúltimo período do curso de Licenciatura em Química da UFMG no final da disciplina Didática do Ensino de Química. No decorrer da disciplina, os graduandos já haviam estudado sobre ensino por investigação, abordagem CTS e alfabetização científica.

Para coleta das contribuições dos licenciandos, foi disponibilizado um questionário previamente elaborado pela pesquisadora baseado no trabalho de Nogueira (2021), mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Questionário aplicado aos licenciandos.

1. Eu quero conhecer um pouco mais de você. Então me diga seu nome completo, formação acadêmica e área de atuação.
2. Você atua ou já atuou na área de docência? Qual a área e por quanto tempo?
3. Quanto à fundamentação teórica sobre “Ensino por investigação” e os pontos abordados nesse item, na sua visão o ensino por investigação está sendo promovido pela sequência de ensino proposta?
4. Quanto à fundamentação teórica sobre “Abordagem CTS” e os pontos abordados nesse item, na sua visão eles estão sendo realmente abordados na aula?
5. Quanto à fundamentação teórica sobre “Alfabetização Científica” e os pontos abordados nesse item, na sua visão a alfabetização científica está sendo promovida pela sequência de ensino proposta?
6. O modo como o tema foi inicialmente exposto, no seu modo de ver, favorece o engajamento dos estudantes e o interesse pelo assunto a ser estudado?
7. A problematização propõe uma questão desafiadora e está relacionada com situações sociais, culturais, políticas ou do cotidiano?
8. A atividade 3 favorece a investigação das hipóteses e concepções levantadas nas atividades 1 e 2 a respeito de como são geradas imagens na medicina moderna?
9. Sobre os recursos usados (textos, vídeos, imagens, recursos digitais): Foram adequados e suficientes para os propósitos da sequência de ensino? Que modificações faria?
10. Os conteúdos propostos estão diretamente vinculados aos objetivos?
11. Quanto às orientações aos professores presentes em cada aula, as informações contidas na SEI estão claras o suficiente para direcionar o professor na execução da aula?
12. A sequência de ensino como um todo está aplicável e clara para um professor que deseje aplicá-la?
13. O que você acha da ordem dos textos e atividades que compõe a sequência de ensino?
14. O tempo previsto para cada aula é condizente com a proposta apresentada? Quais alterações você sugeriria?
15. Na SEI proposta, o que sugere modificar? O que faria diferente? O que recomendaria a um colega caso fosse adotar esse material?

Fonte: Elaborado pela autora.

As respostas ao questionário foram analisadas pela pesquisadora e com base nesses dados uma nova estruturação da sequência foi realizada em relação às versões anteriores.

Seguindo sugestões dos estudantes, com o objetivo de promover um maior engajamento desde a primeira aula, a sequência foi alterada de forma que os textos sobre super-heróis da atividade 4.2 fossem apresentados logo no primeiro momento da sequência.

Ainda seguindo suas sugestões, para compor o momento da problematização foram selecionados outros dois textos, dessa vez retratando a presença da radiação/radioatividade no cotidiano. O primeiro texto “Vivendo com a radioatividade”, aborda aplicações da radioatividade na medicina. Já o segundo texto “Efeitos da radiação no corpo humano” aborda os danos causados pela radiação no corpo humano. Essa escolha se deu para mostrar os dois lados da utilização da radiação de forma a instigar as discussões sobre o tema.

A pergunta problematizadora, que na versão 2 da sequência era realizada na atividade 2.2, foi reestruturada para que fosse abordada na forma de produção de um texto em que os estudantes pudessem trazer seus conhecimentos prévios a respeito, juntamente com o seu levantamento de hipóteses.

Tanto para os professores/tutores quanto para os licenciandos, foi mencionado que a sequência deveria ter a duração de apenas 4 aulas de 50 minutos cada. Os licenciandos mostraram grande preocupação quanto a essa duração e com isso sugeriram que na aula 2 fosse apresentado o conteúdo curricular sobre radiação. Para apresentar a história da radiação sem demandar de tanto tempo, a SEI foi modificada para incluir a exibição de vídeos da série “Mundos Invisíveis”, que são vídeos de curta duração, bem elaborados e capazes de contemplar o tema de forma breve.

Dando continuidade à aula 2, a pesquisadora escolheu imagens que auxiliassem a explicação a respeito dos tipos de radiação. Também foi escolhido um gráfico e uma imagem para explicar sobre o tempo de meia vida e o decaimento radioativo.

Com o objetivo de articular as ideias entre o conteúdo curricular e as relações CTS para a promoção da alfabetização científica e testar as hipóteses levantadas na problematização, foi proposta pela pesquisadora a leitura de um texto sobre os usos da radiação na saúde para destacar a sua aplicabilidade no cotidiano e na sociedade e em seguida a exibição de um vídeo que retrata os acidentes nucleares.

Os licenciandos sugeriram que as atividades de pesquisa da aula 3, que na versão 2 eram propostas na forma de questionário, fossem substituídas por uma atividade que motivasse e engajasse mais os estudantes a realizar a pesquisa. A pesquisadora, buscando relacionar as sugestões propostas pelos licenciandos com as características do ensino por investigação e abordagem CTS para a promoção da alfabetização científica, substituiu o questionário por uma atividade de debate em sala de aula.

Como processo avaliativo final, a pesquisadora optou por substituir a atividade 4.3 que contemplava a produção do texto baseado na leitura apenas dos textos da atividade 4.2 por uma atividade que melhor explorasse o fazer científico. Para isso, na nova versão da SEI os estudantes deveriam produzir seus textos partindo de temas norteadores, realizando suas próprias pesquisas. Após a produção dos textos, haveria um momento em que esses seriam trocados entre colegas com os mesmos temas norteadores para serem revisados de forma crítica pelos seus pares.

O Quadro 6 apresenta, de forma sucinta, as atividades que compõem a terceira versão da sequência de ensino bem como as principais ideias que foram discutidas e objetos de conhecimento abordados em cada uma delas. A sequência de ensino completa é mostrada no Apêndice 6 (versão do estudante) e Apêndice 7 (versão do professor).

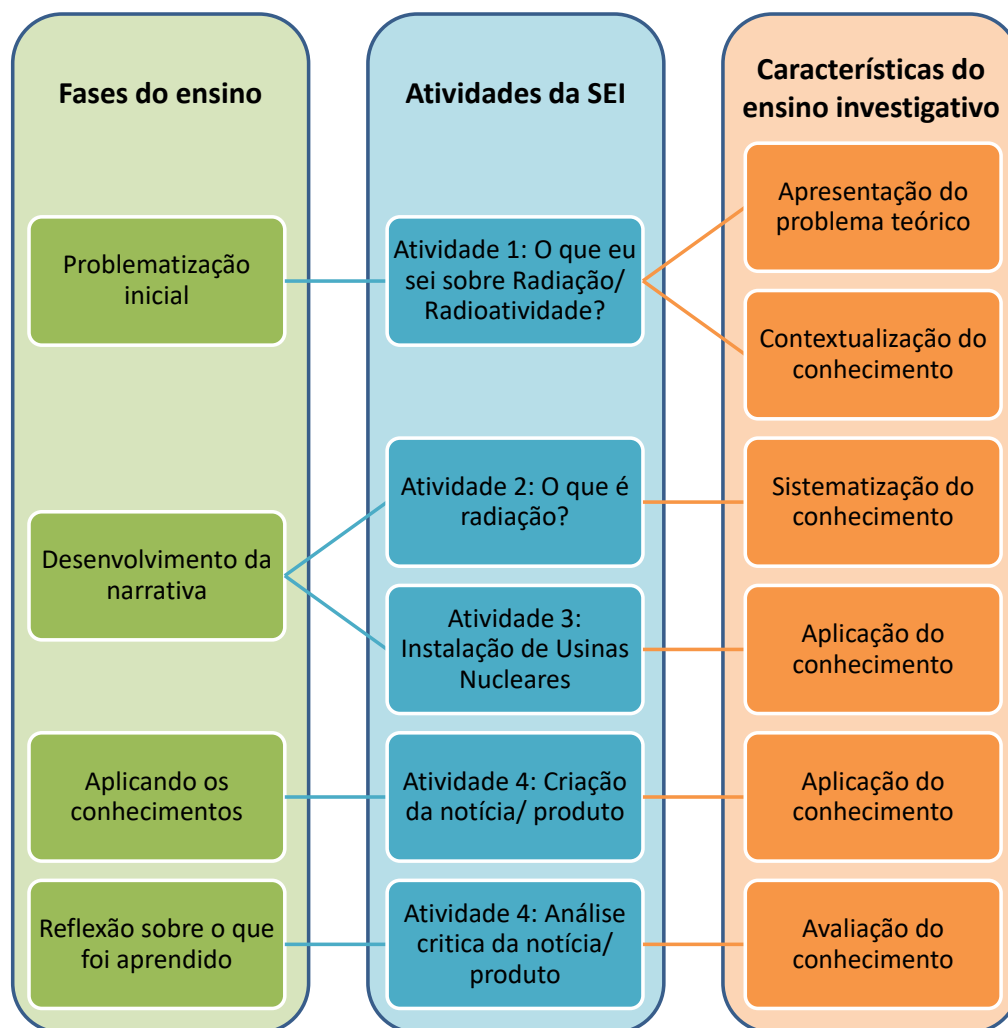
Quadro 6: Descrição das atividades que compõem a sequência de ensino.

Fase de ensino	Atividade	Objetivos	Objetos de conhecimento	Previsão do número de aulas
Problematização inicial	Atividade 1: O que eu sei sobre Radiação/ Radioatividade?	<ul style="list-style-type: none"> ● Introduzir e contextualizar a temática proposta. ● Discutir as concepções prévias em relação a radiação e atividades humanas que envolvem radiação/ radioatividade 		1 aula de 50 minutos
Desenvolvimento da narrativa	Atividade 2: O que é radiação?	<ul style="list-style-type: none"> ● Apresentar a história da descoberta da radioatividade. ● Comportamento nuclear dos elementos radioativos ● Conhecer os tipos de radiação. ● Tempo de meia vida e datação do Carbono-14 ● Entender como acontece a aplicações da radioatividade na medicina. 	<ul style="list-style-type: none"> ● História da radioatividade ● Estrutura do átomo ● Elementos radioativos - tabela periódica ● Radiações ionizantes e não ionizantes 	1 aula de 50 minutos
	Atividade 3: Instalação de Usinas Nucleares	<ul style="list-style-type: none"> ● Identificar o que são as usinas nucleares ● Reatores nucleares ● Promessas e perigos da radioatividade ● Efeitos da radiação ● Rejeitos radioativos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Diferença de fissão e fusão ● Comunicação e argumentação com base em conhecimentos científicos sobre questões: âmbito regional, <i>fake news</i>, mineração, homeopatia e alopatia, entre outros. 	1 aula de 50 minutos
Aplicando os conhecimentos	Atividade 4: Criação da notícia/ produto	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistematizar os conceitos trabalhados na forma de esquema e texto 	<ul style="list-style-type: none"> ● Equipamentos de produção e emissão de radiação e suas implicações 	1 aula de 50 minutos
Reflexão sobre o que foi aprendido	Atividade 4: Análise crítica da notícia/ produto	<ul style="list-style-type: none"> ● Possibilitar a análise crítica de informações que utilizam termos científicos para garantir sua veracidade 	<ul style="list-style-type: none"> ● Comunicação e argumentação com base em conhecimentos científicos sobre questões: âmbito regional, <i>fake news</i>, mineração, homeopatia e alopatia, entre outros. 	

Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 4 mostra a relação das fases de ensino com as atividades propostas na SEI e as características do ensino investigativo com base em Aguiar Junior (2005) e Carvalho (2013).

Figura 4 – Relações estabelecidas para a elaboração da sequência.



Fonte: Elaborado pela autora com base em Aguiar Junior (2005) e Carvalho (2013).

8.2 A aplicação da sequência de ensino

A seguir serão descritos como aconteceram os momentos em sala de aula em cada fase de ensino desenvolvida durante a aplicação da sequência de ensino.

Mesmo a pesquisa tendo sido desenvolvida nas duas turmas do oitavo ano, para a análise e discussão dos resultados foi considerada apenas a turma A. Os perfis das turmas são bem distintos, e durante a aplicação da SEI, a turma B se caracterizou como menos

participativa e com interações entre professor e estudantes praticamente inexistentes. Ao contrário, a turma A se mostrou mais participativa e engajada nas atividades realizadas.

8.2.1 Atividade 1 - O que eu sei sobre radiação e radioatividade

A aula teve início com dois questionamentos levantados pela professora/pesquisadora sobre o que é radiação e se ela é ou não vilã (atividade 1.1). Após ouvir as respostas dos estudantes, a professora/pesquisadora realizou, como atividade 1.2, a leitura em voz alta dos textos mostrados nas Figuras 5 a 8.

Figura 5 – Texto “Origem do Hulk”

Bruce Banner é um cientista especializado em radiação. Graças ao seu conhecimento, foi trabalhar no Departamento de Defesa Nuclear dos EUA e desenvolveu a bomba de raios gama que mudou sua vida. Logo após desenvolver a bomba de raios gama, Bruce Banner colocou o artefato para teste. Entretanto, ele percebeu que um garoto havia invadido a área de testes e pediu a interrupção da contagem, enquanto retirava o menino do local. Bruce conseguiu salvar o garoto, mas a contagem não foi interrompida e ele foi vítima da explosão. O cientista conseguiu escapar da morte, mas acabou se transformando numa criatura monstruosa: o Hulk.



Fonte: Google imagens e texto adaptado de <<https://segredosdomundo.r7.com/hulk-historia/>>

Figura 6 – Texto “O Homem-Aranha”

A história do Homem-Aranha começa quando o tímido Peter Parker, órfão de pai e mãe, que vive com os tios (Ben e May) em Forest Hills, no bairro nova-iorquino de Queens (EUA), visita um laboratório onde ocorre uma experiência que revolucionará a sua vida, durante a qual uma aranha é atingida por uma potente radiação tornando-se radioativa. Pouco depois, o aracnídeo pica Peter, transferindo-lhe os incríveis poderes de uma aranha (como subir pelas paredes sem qualquer dificuldade), um sexto sentido (que o avisa dos perigos) e extraordinária agilidade física, contrastando fortemente com a imagem de adolescente reservado e aplicado nos estudos.



Fonte: Google imagens e texto adaptado de <[https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/\\$homem-aranha](https://www.infopedia.pt/apoio/artigos/$homem-aranha)>

Figura 7 – Texto “Vivendo com a radioatividade”

Nós usamos material radioativo para diagnóstico e tratamento em "medicina nuclear". Os pacientes recebem injeções de radioisótopos específicos, dependendo do local do corpo onde o tratamento ou o diagnóstico é necessário.

Radioiodo, por exemplo, é coletado na glândula tireoide, enquanto o rádio acumula-se principalmente nos ossos. A radiação emitida é utilizada para diagnosticar tumores cancerosos. Radioisótopos são também empregados para o tratamento de cânceres, dirigindo-se sua radiação emitida para um tumor.

O radioisótopo médico mais comum é ^{99m}Tc (tecnécio), que é empregado em 30 milhões de procedimentos anualmente em todo o mundo. Como muitos outros isótopos médicos, ele é produzido pelo homem, derivado de um radioisótopo original criado por meio da fissão de urânio em reatores nucleares.

Fonte: Adaptado de <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-60570722>>

Acessado em 25/06/2022

Figura 8 – Texto “Efeitos da radiação no corpo humano”

A radiação pode provocar basicamente dois tipos de danos ao corpo, um deles é a destruição das células com o calor, e o outro consiste numa ionização e fragmentação (divisão) das células.

O calor emitido pela radiação é tão forte que pode queimar bem mais do que a exposição prolongada ao sol. Portanto, um contato com partículas radioativas pode deixar a pele do indivíduo totalmente danificada, uma vez que as células não resistem ao calor emitido pela reação.

A ionização e fragmentação celular implicam em problemas de mutação genética durante a gestação de fetos, que nascem prematuramente ou, quando dentro do período de nove meses, nascem com graves problemas de má formação.

Quimicamente falando, seria assim: as partículas radioativas têm alta energia cinética, ou seja, se movimentam rapidamente. Quando tais partículas atingem as células dentro do corpo, elas provocam a ionização celular. Células transformadas em íons podem remover elétrons, portanto, a ionização enfraquece as ligações. E o resultado? Células modificadas e, conseqüentemente, mutações genéticas.

Fonte: Adaptado de

<<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/efeitos-radiacao-no-corpo-humano.htm>>

Acessado em 06/08/2022

Após a leitura dos textos foi solicitado aos estudantes que respondessem a atividade 1.3 proposta na sequência. A atividade faz o levantamento da nossa questão problematizadora que é “A radiação é vilã?”. Para responder a essa pergunta os estudantes deveriam utilizar de argumentos e fatos para a defesa de seu ponto de vista, com o objetivo

de levantar as concepções prévias em relação a radiação e atividades humanas que envolvem radiação/radioatividade

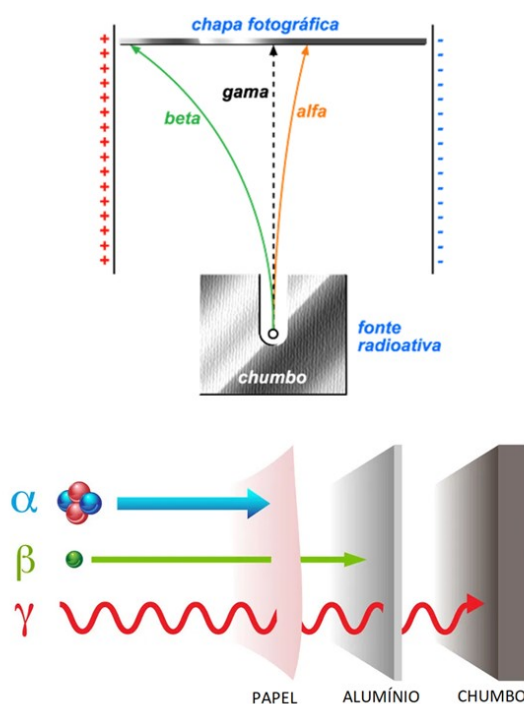
8.2.2 Atividade 2 - O que é radiação

A aula foi iniciada com a apresentação dos seguintes vídeos que retratam o início da descoberta da radiação e como o meio científico começou a se desenvolver a partir dessa descoberta.

- Série Mundos Invisíveis - Vídeo 6 (a partir de 3 min e 6 seg)
<<https://www.youtube.com/watch?v=5RUcavgCTmk&t=186s>>
- Série Mundos Invisíveis - Vídeo 7
<<https://www.youtube.com/watch?v=v09W9rn5EQ8>>

Na sequência a professora/pesquisadora, com o objetivo da sistematização do conhecimento (CARVALHO, 2013) discorreu sobre aspectos técnicos dos tipos de radiação utilizando o experimento de Rutherford para explicar a respeito de acordo com as fases de ensino propostas por Aguiar Junior (2005) como “desenvolvimento da narrativa”. Para os estudantes foi disponibilizada a imagem mostrada na Figura 9.

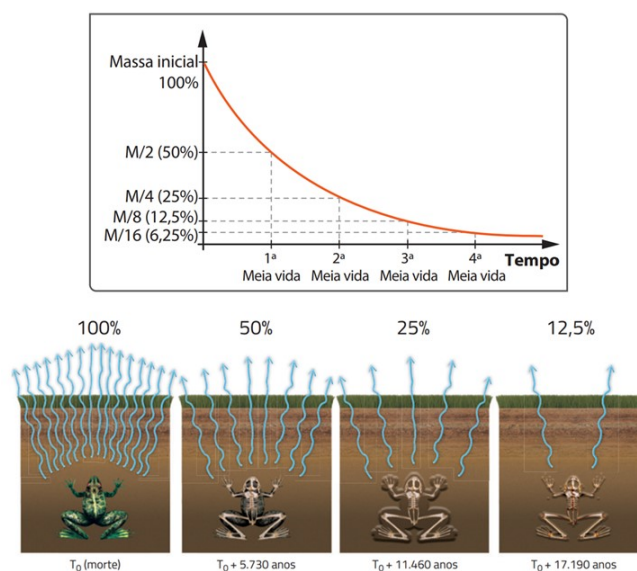
Figura 9 – Tipos de radiação



Fonte: Google imagens

Em seguida foi dada continuidade à discussão. A professora/pesquisadora questionou os estudantes a respeito de como se determina o tempo de um fóssil quando é encontrado. Para explicar como acontece a datação de fósseis e utilizar de termos técnicos do fazer científico foi solicitado aos estudantes que observassem a Figura 10.

Figura 10 – Decaimento radioativo



Fonte: Multiversos: ciências da natureza: ciência, tecnologia e cidadania, 2020.

A professora/pesquisadora explicou para os estudantes a respeito do elemento que constitui a matéria orgânica – carbono – e explicou que apenas os seres vivos possuem o carbono-14 e com o passar de cada intervalo de tempo fixo esse elemento tem a quantidade reduzida à metade, sendo possível assim determinar, pela quantidade de carbono-14 presente no fóssil analisado, a quantidade de tempo que se passou. Com o objetivo de proporcionar aos estudantes um maior contato com termos técnicos e textos de divulgação científica, foi solicitada a leitura em sala de aula do texto “Usos da radiação na saúde”, mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Texto “Usos da radiação na saúde”

Medicina nuclear

A medicina nuclear utiliza substâncias radioativas introduzidas no paciente para diagnóstico ou tratamento. Os procedimentos não são invasivos e praticamente indolores. As substâncias radioativas são introduzidas no organismo do paciente por meio de injeção, aspiração ou deglutição, a depender da área do corpo.

A cintilografia é o primeiro exame usado em medicina nuclear, enquanto a Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) é um método mais atual e oferece uma maior sensibilidade. Os exames são utilizados para verificar a estrutura de ossos, rins, coração, sistema nervoso e tireoide, além de identificar tumores e metástase.

Já a terapia com medicina nuclear envolve substâncias radioativas como o iodo radioativo I-131, Samário-153 e 177Lutécio-Dotatate para tratar hipertireoidismo, câncer de tireoide, tumores ósseos e neuroendócrinos.

Radioterapia

A radioterapia pode ser usada para o tratamento do câncer de forma isolada ou combinada com a quimioterapia. A técnica consiste na emissão de radiações ionizantes, como raio X, para destruição de tumores ou barrar o crescimento de células cancerígenas.

A aplicação da radioatividade é restrita à área a ser tratada. Segundo o Instituto Nacional de Câncer (Inca), metade dos pacientes com câncer que passam pelo procedimento apresentam resultados positivos, como desaparecimento de tumores, com o controle e até a cura da doença.

Fonte: Adaptado de

<<https://summitsaude.estadao.com.br/tecnologia/radiacao-na-saude-como-o-material-radioativo-e-usado-na-medicina/>>

Finalmente, para concluir a aula, foi apresentado o vídeo:

- Os maiores acidentes nucleares da história
<<https://www.youtube.com/watch?v=5OhblrYWdao>>

Nos momentos finais da aula, foi realizada a organização para o debate que aconteceria na aula seguinte.

8.2.3 Atividade 3 - Debate

Para realização do debate, a turma foi previamente dividida em três grupos. O grupo 1 deveria defender a ideia da instalação e utilização de mais usinas nucleares no Brasil, enquanto o grupo 2 deveria ser contrário a essa ideia. Os dois grupos deveriam ter pesquisado previamente, antes da aula, informações para embasar suas argumentações. O

terceiro grupo, composto por apenas 5 estudantes, ficou responsável por elaborar uma pergunta para cada um dos grupos, julgar os argumentos e definir o grupo vencedor do debate. A Figura 12 mostra as instruções dadas aos estudantes para nortear sua preparação.

Essa atividade tem o objetivo de oportunizar a fala e o pensamento de novas ideias e conceitos, dar suporte aos estudantes para produzirem significados individuais, proporcionar aos estudantes a aplicação das ideias ensinadas a uma variedade de contextos e transferir aos estudantes controle e responsabilidade pelo uso dessas ideias, de modo a contextualizar o conhecimento de acordo com Carvalho (2013), fazendo parte do “desenvolvimento da narrativa” proposto nas fases de ensino de Aguiar Junior (2005).

Figura 12 – Divisão em grupos para o debate.

Grupo 1: defenderá a ideia da instalação e utilização de mais usinas nucleares

O grupo deverá apresentar em sua argumentação:

- Geração de energia para substituição da utilização de fontes não renováveis
- Produção de radiofármacos em reatores nucleares
- Benefícios trazidos pelas usinas nucleares à população (área médica, agricultura, produção de alimentos, indústria)

Grupo 2: será contrário a essa ideia

O grupo deverá apresentar em sua argumentação:

- Danos ao meio ambiente e ecossistemas causados pelas instalações nucleares
- Riscos de acidentes nucleares
- Produção de lixo radioativo

Grupo 3: 5 alunos que serão jurados e deverão, ao final, definir se será realizada ou não a instalação de mais usinas

Responsabilidades dos jurados:

- Ser imparciais em seu julgamento, analisando **os argumentos** de ambos os casos
- Anotar os argumentos apresentados pelos grupos
- Preparar uma pergunta para cada grupo sobre o que foi apresentado

Fonte: Própria autora.

O debate foi realizado seguindo os momentos mostrados na Figura 13, definidos considerando um tempo total de 25 minutos.

Figura 13 – Instruções para o debate

- 1º Apresentação dos argumentos do Grupo 1 (3 minutos)
- 2º Apresentação dos argumentos do Grupo 2 (3 minutos)
- 3º Respostas do Grupo 2 em relação à fala do Grupo 1 (3 minutos)
- 4º Respostas do Grupo 1 em relação à fala do Grupo 2 (3 minutos)
- 5º Conclusão das ideias do Grupo 2 (2 minutos)
- 6º Conclusão das ideias do Grupo 1 (2 minutos)
- 7º Reunião dos jurados para definição da pergunta a cada grupo (3 minutos)
- 8º Resposta do Grupo 1 (2 minutos)
- 9º Resposta do Grupo 2 (2 minutos)
- 10º Votação do júri para definição de veredito (2 minutos)

Fonte: Própria autora.

8.2.4 Atividade 4 - Avaliação

Na última aula aconteceu a avaliação, que consistiu de duas etapas. A turma foi separada em duas bolhas, 1 e 2, e dentro de cada uma das bolhas formaram-se 5 duplas ou trios. A bolha 1 ficou responsável pela criação de uma *Fake News* e a bolha 2 ficou responsável pela criação de um produto hipotético. Ambas deveriam abordar o tema da radiação dentro do que foi estudado. Dentro de cada uma das bolhas foram distribuídos 5 temas de acordo com a Figura 14, sobre quais os estudantes deveriam elaborar um texto sobre a *Fake News* ou o produto hipotético. Os estudantes foram orientados a pesquisarem sobre seus temas para prepararem os textos. O objetivo da atividade foi levar os estudantes a relacionarem a descoberta da radiação, o desenvolvimento científico e como isso pode estar presente na sociedade.

Figura 14 – Organização para a avaliação final

Organize a sala em 2 bolhas:

- () Bolha 1: Notícia do tipo *Fake News*
- () Bolha 2: Notícia sobre lançamento de um produto inovador

Cada uma das bolhas deverá ser organizada em 5 grupos de acordo com os temas abaixo:

- () Grupo 1: Radiação na agricultura
- () Grupo 2: Radiação na produção de alimentos
- () Grupo 3: Radiação na indústria
- () Grupo 4: Radiação como fonte de energia
- () Grupo 5: Rejeitos radioativos

Fonte: Própria autora.

Na primeira etapa da avaliação, os estudantes deveriam criar um texto de forma a contemplar a bolha e o tema do grupo previamente escolhidos (Figura 15). Para a realização dessas atividades eles puderam consultar suas anotações de acordo com o que pesquisaram no decorrer das aulas, o material que compunha a SEI e acesso a internet por meio de seus próprios celulares.

Figura 15 – Instruções para produção do texto

Utilizando os conhecimentos aprendidos sobre radiação e radioatividade, elabore em grupo o seu material com as seguintes características:

- Um título chamativo coerente com a notícia
- Um texto relatando a notícia contendo de 5 a 10 linhas
- Deverá conter conceitos científicos e uso de termos técnicos da área, essenciais na linguagem científica
- Evitar expressões populares, gírias e figuras de linguagem como a redundância e a ambiguidade

Fonte: Própria autora.

Na segunda etapa da avaliação, os estudantes foram convidados a realizar a correção dos textos produzidos pelos seus colegas da outra bolha. Para isso foram trocados os textos da bolha 1 com os textos da bolha 2, de forma que cada dupla recebesse o texto da dupla da outra bolha referente ao seu próprio tema. Como forma de registrar a avaliação os estudantes deveriam responder três questões que abordavam aspectos do fazer científico (Figura 16). Durante a avaliação os estudantes poderiam também complementar o

trabalho dos colegas de maneira a trazer novas ideias ou complementar a ideia iniciada no texto.

Figura 16 – Instruções para a realização da análise do texto

Cada grupo deverá analisar de forma crítica o material apresentado pelo grupo de mesmo número da outra bolha, respondendo às seguintes perguntas:

- 1) O título chamou sua atenção para a leitura dessa notícia? Justifique.
- 2) O título está de acordo com a notícia apresentada? Aponte características no texto que demonstrem isso.
- 3) Identifique na notícia os conceitos científicos utilizados de forma correta e aqueles utilizados de forma errada. Faça a correção dos conceitos que foram apresentados de forma errada no que diz respeito a radiação e radioatividade.

Fonte: Própria autora.

8.3 Coleta de dados

O Quadro 7 apresenta uma descrição de cada recurso utilizado para coleta de dados em cada uma das atividades propostas.

Quadro 7: Atividades propostas e recursos utilizados.

Fase de ensino	Atividade	Recursos	Dados coletados
Problematização inicial	Atividade 1: O que eu sei sobre Radiação/ Radioatividade?	<ul style="list-style-type: none"> ● Atividade da SEI na forma impressa ● Gravador de voz 	<ul style="list-style-type: none"> ● Produções da atividade 1.3 ● Gravação em áudio
Desenvolvimento da narrativa	Atividade 2: O que é radiação?	<ul style="list-style-type: none"> ● Gravador de voz ● Textos impressos ● <i>Data Show</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gravação em áudio
	Atividade 3: Instalação de Usinas Nucleares	<ul style="list-style-type: none"> ● Gravador de voz 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gravação em áudio do debate
Aplicando os conhecimentos	Atividade 4: Criação da notícia/produto	<ul style="list-style-type: none"> ● Atividade da SEI na forma impressa ● Gravador de voz 	<ul style="list-style-type: none"> ● Produções da atividade 4.1 ● Gravação em áudio
Reflexão sobre o que foi aprendido	Atividade 4: Análise crítica da notícia/produto	<ul style="list-style-type: none"> ● Atividade da SEI na forma impressa ● Gravador de voz 	<ul style="list-style-type: none"> ● Produções da atividade 4.2 ● Gravação em áudio

Fonte: Elaborado pela autora.

8.3.1 O que eu sei sobre radiação e radioatividade

Quanto ao questionamento sobre o que é radiação (Atividade 1), os estudantes não conseguiram explicar, mas utilizaram exemplos como o acidente de Chernobyl, as bombas atômicas e a possibilidade de diagnóstico de câncer para mostrar a presença da radiação.

Ao serem questionados se a radiação é vilã, quase todos os estudantes afirmam que a radiação pode ser boa ou ruim. Ao serem questionados a respeito de como identificar se ela é boa ou ruim, os estudantes tentam quantificar a radiação e utilizam da escala criada por eles para exemplificar que exposição a radiações quantificadas com valores baixos são as boas e a exposição que ocorre com quantificação alta é considerada radiação ruim.

A Figura 17 mostra os materiais produzidos pelas estudantes E07 e E10 na atividade 1.3 em resposta à questão: “A radiação é vilã?”. Foi possível notar que as estudantes expõem seus pontos de vista diante do questionamento, dando justificativas para defendê-los. Elas também tentaram estabelecer relações nas quais a aplicabilidade da radiação na sociedade pode torná-la vilã, assim como também a utilização da radiação é voltada para o benefício da sociedade. A escolha desses trabalhos se deu por evidenciarem uma amostra que contempla os argumentos dos demais trabalhos, evidenciando assim o posicionamento diante da questão levantada.

Figura 17 – Materiais produzidos pelas estudantes E07 (a) e E10 (b) na atividade 1.3.

A partir da leitura dos textos motivadores, discussões em sala e com base nos seus conhecimentos, responda à seguinte questão utilizando argumentos e fatos para defesa de seu ponto de vista. Você pode concordar ou discordar dessa afirmação, mas deve ser capaz de justificar seu ponto de vista.

A radiação é vilã?

Depende, acho que sim e não, pois depende do modo que você usa a radiação, se é pra prejudicar ou ajudar. Eu sinceramente não sabia que o Hulk tinha sido "criado" pela radiação, porque nunca fui de assistir esse tipo de filme mas comecei a ver nos últimos anos. Eu achei incrível o que fiquei sabendo nessa aula, eu não sabia que a radiação era utilizada para ajudar no câncer, e achei muito interessante. Depois dessa aula, vou procurar e pesquisar para saber mais. A tecnologia hoje em dia está avançada mesmo!

Mas enfim, voltando a pergunta "A radiação é vilã?" Na minha opinião, se ela é utilizada para medicina, ela não é vilã, porém se ela é usada para uma bomba, sim ela é muito vilã. Sobre Chernobyl eu já tinha ouvido o nome mas pensava que era um sobrenome, não uma cidade. Como eu achei bem interessante os experimentos, eu queria poder fazer um experimento também, mas pode me fazer mal, então melhor não.

(a)

A partir da leitura dos textos motivadores, discussões em sala e com base nos seus conhecimentos, responda à seguinte questão utilizando argumentos e fatos para defesa de seu ponto de vista. Você pode concordar ou discordar dessa afirmação, mas deve ser capaz de justificar seu ponto de vista.

A radiação é vilã?

Da minha opinião a radiação não é necessariamente vilã ou ruim, ela é como a energia elétrica, não é ruim, mas sim a excessão dela.

A radiação em uma certa quantidade pode ajudar na cura de doença como o câncer, viver diariamente em contato com a radiação ela está presente nos aparelhos eletrônicos, no sol e etc.

Ela só faz mal quando somos expostos em uma grande quantidade, e essa quantidade pode ter efeitos colaterais como a mutação genética, o câncer por destruir as células com o calor.

Mais não acho que ela dá super poderes, não sim que pode alterar a matéria genética tanto humana, animal, ou de plantas.

Ou seja, não a radiação não faz mal, somente se for exposta a uma grande quantidade.

(b)

Fonte: Material produzido pelas estudantes E07 (a) e E10 (b)

8.3.2 O que é radiação

Com a exibição dos vídeos que contam a história sobre como aconteceram os estudos que descobriram os elementos radioativos e até onde os estudos caminharam em relação a radiação/radioatividade, os estudantes ficaram curiosos a respeito dos elementos que são radioativos. Foram feitos questionamentos sobre como esses elementos radioativos se diferenciam dos outros, se quando expostos ao sol também são capazes de emitir luz e se radiações como a solar também são capazes de passar pelo corpo humano. Os estudantes tentaram ainda dimensionar os diferentes tipos de radiação e também prever como as intensidades dessas radiações podem afetar o corpo humano, tentando estabelecer força de modo quantitativo para tentarem entender a respeito dos tipos de radiação.

Após a explicação do experimento feito por Rutherford os estudantes associaram que o exame de Raio X é um exame que envolve a radiação gama, já que no material disponibilizado a eles a barreira dos raios gama é uma placa de chumbo e alguns fizeram a

observação de que sempre quando fazem o exame de raio X utilizam de uma roupa de chumbo.

Questionei porque ao fazerem exames como o de raio X, por exemplo, utiliza-se dessa roupa de chumbo e muitos afirmaram ser para proteção, para que a radiação mais forte não atinja partes do corpo e cause câncer. Os estudantes questionam se há algum material químico capaz de emitir raios mais fortes que os raios gama.

Ao discutir sobre datação de fósseis, os estudantes trouxeram informações de datação que já ouviram falar, mas não conseguiram explicar como acontece e fizeram questionamentos se daqui alguns milhares de anos, quando encontrarem seus restos mortais, as pessoas que irão habitar a terra saberão que eles viveram em 2022.

8.3.3 Debate

Os grupos se preparam para a realização do debate, sendo a sala dividida em dois grupos de acordo com o tema e o júri. Cada um dos grupos realizou a apresentação para a turma de forma a defender seu ponto de vista. Depois foi aberto um momento para os grupos questionarem um ao outro e os jurados também puderam fazer perguntas aos grupos, havendo um tempo de respostas.

Para a realização do debate, foi escolhido um estudante que seria o representante do grupo 1 e outro representante do grupo 2, bem como um representante dos jurados. Os demais estudantes de cada grupo ficaram responsáveis por auxiliar o representante, realizando pesquisas e trazendo novas informações capazes de refutar o grupo adversário. Os jurados também se organizaram para realizar um trabalho em conjunto, anotando as falas dos grupos e elaborando as perguntas que o representante faria.

Na elaboração da SEI o tempo destinado para todo o debate seria de 25 minutos, mas o debate teve uma duração de aproximadamente 38 minutos.

No primeiro momento do debate, os integrantes dos grupos estavam dispersos e conversando entre si enquanto os representantes realizavam a leitura do material que elaboraram para dar início às argumentações do debate.

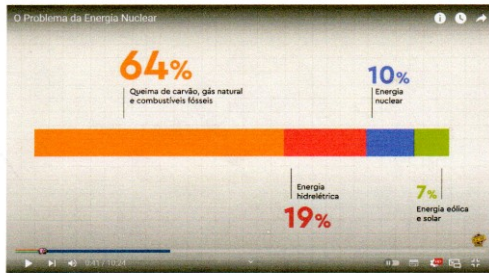
Logo foi dado início ao momento denominado na SEI como “respostas às falas do grupo”. Quando os estudantes viram a oportunidade de refutar, questionar e defender suas ideias em relação ao grupo adversário todos se agitaram. Foi possível notar uma nova organização dentro de cada grupo da seguinte maneira: alguns ficaram responsáveis por pesquisar e fornecer dados estatísticos, outros responsáveis em encontrar falhas nas falas do grupo adversário para que pudesse servir de base para nas próximas perguntas e outros ficaram responsáveis em elaborar outras perguntas para o grupo adversário responder com base em informações estatísticas que eles procuravam na internet durante o próprio debate.

Os jurados também ficaram eufóricos com esse momento. Uma das alunas que estava como jurada interrompeu a fala do grupo 2 ao perceber que os integrantes estavam construindo argumentações que poderiam ser utilizadas contra o próprio grupo. Durante esse momento de interrupção por parte da jurada ela mostrou de qual lado estava a favor. Os demais jurados também ficaram agitados querendo participar e acabaram por fazer comentários durante as falas dos grupos. Nos momentos de exaltação dos jurados a professora/pesquisadora fez as intervenções lembrando as regras para os jurados.

O grupo 1 ficou responsável por defender a implantação de mais usinas nucleares no Brasil, tanto para produção de energia como para a produção de materiais para a área médica. Assim o grupo levou materiais impressos, como por exemplo, o material mostrado na Figura 18, que continham informações a respeito de campos dos mais diversos que poderiam ser atendidos pelas usinas. Suas informações abrangiam assuntos sobre as fatalidades diretas e indiretas e estatísticas sobre áreas construídas das usinas nucleares, hidroelétricas, eólicas e de carvão. Durante os momentos de fala os estudantes fizeram comparações sobre áreas ocupadas pelas usinas, além das considerações geográficas para implantação de novas usinas. Trouxeram dados estatísticos da produção de energia produzida pela usina de Angra dos Reis em relação a sua área ocupada e durante suas falas conseguiram fazer uma relação com a extensão do Brasil e a geração necessária para poder atender todo o país. O grupo apresentou informações relacionadas às finanças, desde a construção das usinas e após a sua construção e os baixos custos de manutenção. Não deixaram de evidenciar em suas argumentações a respeito da segurança ao produzir energia em comparação aos danos diversos causados por outros tipos de usinas. Foi mencionada também a quantidade de CO₂ despejada anualmente na atmosfera por países que utilizam das usinas de carvão para a produção de energia, os danos causados à sociedade devido à poluição e as vantagens das usinas nucleares como produtoras de energia, afirmando que elas emitem apenas vapor de água.

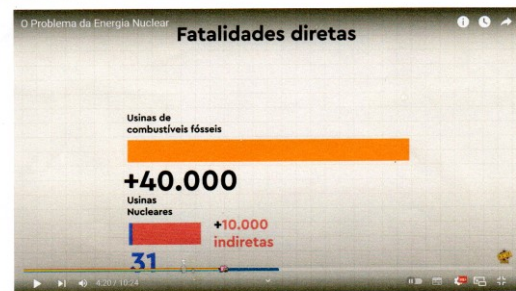
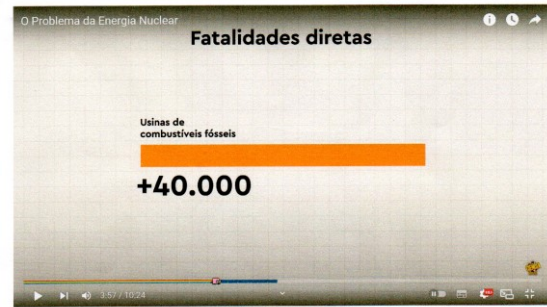
Figura 18 – Material impresso preparado pela estudante E11, integrante do grupo 1.

Qual o lado positivo de usar energia nuclear?



- A principal vantagem da usina nuclear é que ela pode ser uma substituta limpa e direta para as usinas que dependem da queima de combustíveis fósseis que por sinal são a maioria da nossa geração elétrica.
- Permitem grande produção de energia sem o impacto ambiental de combustíveis fósseis
- Você deve se perguntar mas e toda aquela fumaça saindo das chaminés? Isso é literalmente vapor de água
- Diferente das energias hidrelétrica, a solar e a eólica que dependem de considerações geográficas
- Para substituir uma usina de carvão que alimenta uma cidade você precisaria de um grande campo de painéis solares oq não seria possível se a cidade fosse uma metrópole sem espaço disponível
- Uma usina nuclear em Angra dos reis consegue produzir 3 % da energia elétrica utilizada no Brasil ocupando pouquíssimo espaço
- Baixo custo de manutenção
- Se fizermos uma comparação de danos associados as diferentes formas de fazer energia a energia nuclear é uma das mais seguras

- Não libera gases estufa;
- Exigência de pequena área para construção da usina;
- Grande disponibilidade do combustível;
- Pequeno risco no transporte do combustível;
- Pequena quantidade de resíduos;
- Independência de fatores climáticos (ventos; chuvas)



Então a pergunta que fica é : Vale a pena arriscar a segurança dos humanos que vão habitar o planeta em mil ou 10 mil anos, pelos benefícios que a energia nuclear traria para a nossa civilização agora?
E é bem possível que não exista uma resposta certa. Isso é uma escolha e como todas as escolhas na vida ela tem consequências que podem ser boas e que podem ser ruins. Então fica no ar essa questão e devemos pensar com cuidado sobre as usinas nucleares sem conceitos já definidos a partir do que se houve falar.

Fonte: Material produzido pela estudante E11

Já o grupo 2 ficou responsável por defender a ideia da não implantação das usinas nucleares. O grupo levou materiais de sua pesquisa nos celulares em forma de imagens e páginas da internet. Nas argumentações o grupo apresentou os acidentes nucleares que já ocorreram na história para evidenciar como problema a criação de usinas, fazendo uma relação que com mais usinas nucleares a sociedade poderia estar correndo altos riscos de contaminação e, para as comunidades mais próximas, a sua extinção. Contribuindo para essa argumentação o grupo inseriu no seu discurso os danos causados ao meio ambiente quando se tem acidentes nucleares e a produção de lixo nuclear. A produção do lixo nuclear foi uma fala recursiva, já que com o aumento de usinas nucleares, mais lixo seria produzido e não seria uma solução reutilizar ou reaproveitar esse lixo, nem haveria um lugar de descarte. Durante as falas o grupo levantou o questionamento do investimento financeiro inicial que deveria ser feito para a construção das usinas, apesar das mesmas apresentarem um custo baixo de manutenção e a produção não só de energia, mas também de produtos para outros fins. A respeito dos avanços tecnológicos proporcionados pela descoberta da radiação o grupo fez diversas afirmações de que o país precisaria de mais investimentos em áreas como educação e segurança para saber lidar com as usinas. A preocupação do grupo foi relatada quando os mesmos questionaram sobre onde aconteceria a construção dessas usinas, já que próximo à população poderiam ocorrer acidentes como o de Chernobyl e

Fukushima I, onde toda a cidade precisou ser evacuada, hoje se tornando uma cidade fantasma. Durante essas falas os estudantes mencionaram o quanto as famílias sofreram emocionalmente por ter que abandonar seus lares e trabalhos.

Os jurados tiveram então o seu momento de fala, em que fizeram as perguntas aos grupos. Inicialmente, os jurados foram instruídos que não poderiam ter preferências, mas se ater apenas aos argumentos dos grupos. Foram instruídos também a não interferir nos diálogos dos grupos, deveriam fazer suas próprias anotações sobre o que achassem relevante e elaborar uma pergunta para cada um dos grupos. Nesse momento, os estudantes que compunham o grupo dos jurados relataram à professora/pesquisadora terem dificuldades em relação a preparar tal tipo de questionamento. Durante o primeiro momento do debate os jurados estavam conversando entre si e muito receosos sobre as anotações que deveriam ser feitas. Quando o debate entrou no momento em que os grupos puderam responder um ao outro diante das argumentações já explanadas e realizar perguntas que refutariam as ideias do oponente, os jurados se mostraram eufóricos e demonstraram interesse em realizar perguntas aos grupos. Apesar de inicialmente se apresentarem inseguros e com dúvidas se conseguiriam realizar pelo menos uma pergunta para cada grupo, foi possível notar uma mudança de postura dos jurados, quando realizaram anotações das falas dos grupos, tanto quando os grupos estavam fazendo as perguntas como quando estavam respondendo as perguntas do grupo adversário.

A professora/pesquisadora teve que direcionar o debate para o fim definindo que os jurados poderiam fazer apenas mais um comentário para cada grupo e assim cada grupo teria seu momento de resposta.

A professora/pesquisadora então pediu que os jurados se reunissem para fazer as últimas argumentações e que falassem o veredito em relação ao debate. Os jurados decidiram com unanimidade que o grupo 1 melhor argumentou e defendeu suas ideias. Apontaram ainda que algumas das perguntas direcionadas ao grupo 2 não foram respondidas, mas devolvidas pelo grupo em forma de pergunta para o grupo 1. Um dos integrantes que compunham o corpo de jurados afirmou que o grupo 2 apresentou dados com alguns erros, bem como dados que não puderam ser confirmados na internet.

8.3.4 Avaliação

A atividade proposta para a avaliação foi a criação de uma *Fake News* ou a invenção de um produto, e após redigidos os textos os estudantes deveriam fazer a correção do trabalho de outra dupla. Para a realização dessa atividade a turma foi dividida em dois grandes grupos maiores que denominamos de bolha 1 e 2. Cada bolha foi subdividida em 5 temas e os estudantes se organizaram em duplas ou trios. As bolhas, apesar de conter tipo

de textos diferentes, continham os mesmos 5 temas que são: radiação na agricultura, radiação na produção de alimentos, radiação na indústria, radiação como fonte de energia e rejeitos radioativos.

A primeira parte da atividade foi a elaboração da notícia *fake sobre radiação/radioatividade* ou produto fictício que utilizasse radiação. Os estudantes tinham a liberdade de consultar a internet e o material da SEI com suas anotações. Os estudantes utilizaram de todos os recursos disponíveis e aqueles que acessaram a internet mencionaram em suas falas a preocupação em relação ao site que consultavam trazerem informações corretas ou não. Foi identificado pela professora/pesquisadora que nenhum dos estudantes utilizou de artigos científicos e/ou trabalhos da área para compor a sua pesquisa. No decorrer de suas pesquisas os estudantes deram início à criação de seus textos de acordo com o seu tema.

Na segunda parte que compunha a avaliação o material produzido pelos estudantes foi avaliado por outros estudantes da turma. A professora/pesquisadora realizou a troca dos materiais entre as bolhas mantendo o mesmo tema de cada dupla/trio. Para os estudantes avaliarem o texto produzido pelos colegas, foi disponibilizada uma folha com questionário que os mesmos deveriam preencher de modo a verificar o que foi solicitado no texto do colega. Figuras 19 a 21 mostram as produções e respectivas avaliações de três temas propostos. Os trabalhos mostrados nas figuras destacaram-se dos demais porque os estudantes atenderam os comandos da atividade proposta e por terem sido trabalhos produzidos sem intervenção da professora.

Figura 19 – Produção dos estudantes E07 e E08 (a) sobre o tema “Radiação na produção de alimentos” e respectiva avaliação realizada pelos estudantes E12 e E13 (b).

Bolha 1: Notícia do tipo Fake News
 Bolha 2: Notícia sobre lançamento de um produto inovador

Grupo 1: Radiação na agricultura
 Grupo 2: Radiação na produção de alimentos
 Grupo 3: Radiação na indústria
 Grupo 4: Radiação como fonte de energia
 Grupo 5: Rejeitos radioativos

Título

- Radialiment -

Normalmente a irradiação de alimentos não é feita colocando-se a comida em contato direto com o elemento radioativo. Na verdade, o alimento é exposto a uma fonte de radiação.

Mas como ainda não "criaram", nós decidimos criar um produto que contém radiação e que sim, pode ser usado na cozinha como na fabricação.

Com esse produto você mesmo ou as fábricas podem deixar as comidas com um nível de radiação que não fará mal a você. Os benefícios da comida irradiada vão além da consequente saúde gerada pela eliminação de substâncias indesejáveis. Isso porque o processo também aumenta o tempo de conservação de alguns alimentos e atrasa o amadurecimento de algumas frutas e vegetais, assim os alimentos podem ser enviados para lugares distantes. O nome do produto que criamos é radialiment, ele é vendido em spray (para ser espirado nos alimentos) e em pomada (para ser dissolvida na água em temperatura ambiente, deixar de molho os alimentos de 3 a 5 minutos.

1) O título chamou sua atenção para a leitura dessa notícia? Justifique.

Sim, porque a mistura de radiação e alimento (radialiment) ficou interessante.

2) O título está de acordo com a notícia apresentada? Aponte características no texto que demonstrem isso.

Sim, porque o título é o nome do produto inovador que está lançando.

3) Identifique na notícia os conceitos científicos utilizados de forma correta e aqueles utilizados de forma errada. Faça a correção dos conceitos que foram apresentados de forma errada no que diz respeito a radiação e radioatividade.

Não notamos conceitos errados.

(a)
(b)

Fonte: Material produzido pelos estudantes E07 e E08 (a) e E12 e E13 (b).

Figura 20 – Produção dos estudantes E14 e E15 (a) sobre o tema “Radiação na indústria” e respectiva avaliação realizada pelos estudantes E20, E16 e E17 (b).

Bolha 1: Notícia do tipo Fake News
 Bolha 2: Notícia sobre lançamento de um produto inovador

Grupo 1: Radiação na agricultura
 Grupo 2: Radiação na produção de alimentos
 Grupo 3: Radiação na indústria
 Grupo 4: Radiação como fonte de energia
 Grupo 5: Rejeitos radioativos

Título

Radiação na indústria

A radiação ionizante pode ser aplicada com diferentes finalidades na indústria, dentre elas podem-se destacar: a realização de ensaios não-destrutivos, modificação de materiais poliméricos, preservação e desinfecção de produtos alimentícios e esterilização de produtos farmacêuticos, médicos e cirúrgicos.

A utilização da radiação na indústria alimentícia é proposta principalmente em que trata-se de desinfecção (eliminação de micro-organismos) das contenções e sempre é realizada de forma indireta. A irradiação de alimentos não é feita colocando-se a comida em contato direto com o elemento radioativo. Os elementos mais usados são o cobalto 60 e o césio 137.

1) O título chamou sua atenção para a leitura dessa notícia? Justifique.

O que me chamou atenção foi sobre a radiação na indústria e saber como é a radiação, ionizante

2) O título está de acordo com a notícia apresentada? Aponte características no texto que demonstrem isso.

Sim, realização de ensaios não destrutivos, A utilização da radiação na indústria alimentícia que elimina micro-organismos dos materiais.

3) Identifique na notícia os conceitos científicos utilizados de forma correta e aqueles utilizados de forma errada. Faça a correção dos conceitos que foram apresentados de forma errada no que diz respeito a radiação e radioatividade.

Realização de ensaios não-destrutivos, modificação de materiais poliméricos, preservação e desinfecção de alimentos e esterilização de produtos, farmacêuticos, médicos e cirúrgicos.

(a)
(b)

Fonte: Material produzido pelos estudantes E14 e E15 (a) e E20, E16 e E17 (b).

construção dos metatextos, foram utilizados exemplos de unidades de sentidos que ocorreram durante a aplicação da sequência, de modo que evidenciem que a análise contemplou as discussões geradas nas atividades propostas.

Ao analisar como categorias *a priori* os indicadores de alfabetização científica presentes nas falas dos estudantes, considerou-se o modo como estes argumentam e quais as características expressas nessas argumentações trazem indícios de como a alfabetização científica possa estar acontecendo. Já as categorias emergentes trazem indícios de como os estudantes se apropriam dos objetos de conhecimento e como seu pensamento é exposto.

9.1.1 Aula 1

Os Quadros 8 a 11 apresentam os momentos durante a aula 1 em que foram identificados cada um dos indicadores de alfabetização científica.

Quadro 8: Indicadores relacionados ao trabalho direto com os dados empíricos propostos por Sasseron (2008)

Categorias	Unidades de sentido
<p>Seriação de informações</p>	<p>PROFESSORA: Alguém sabe o que é radiação?</p> <p>E19: Eu sei o que é mas não consigo explicar o que é radiação.</p> <p>E03: Radiação é um material químico.</p> <p>E01: O próprio nome já explica que radiação é uma coisa radioativa que a própria radiação pode ser tanto prejudicial à saúde como também tem radiação boa.</p> <p>E05: Pelo que eu sei é um material químico que ele, pelo que eu sei pelo menos, ele é bastante utilizado para avanços tecnológicos, porém há altos riscos e altas recompensas, os materiais que mais podem prover doenças, ou algo assim.</p> <p>PROFESSORA: Então podemos dizer que tem radiação boa e radiação ruim?</p> <p>E01: Depende.</p> <p>PROFESSORA: Você sabe me dizer quando temos uma radiação boa e quando temos uma radiação ruim?</p> <p>E01: Tem alguns tratamentos médicos que é usado o tipo de radiação específica para poder curar a pessoa e também tem um tipo de radiação muito perigosa que vem das usinas nucleares e essas coisas.</p> <p>PROFESSORA: Vocês sabem mais algo que está relacionado com radiação?</p> <p>E05: Acho que o urânio tem radiação.</p> <p>E04: O micro-ondas.</p> <p>E03: A bomba de Hiroshima.</p>
<p>Organização de informações</p>	<p><i>Primeiro momento: Atividade 1.1</i></p> <p>PROFESSORA: Então tem radiação boa e radiação ruim?</p> <p>E19: A radiação ruim, ela afeta tanto a parte da cabeça, que é a mente...</p> <p>PROFESSORA: O que é afetar a mente?</p> <p>E19: Ah, professora...</p> <p>PROFESSORA: O que você entende?</p> <p>E19: Eu tô usando o caso da bomba de radiação, quando cai numa cidade, ela pode afetar tanto o corpo, que é a parte biológica, mas também a mente, que pode deixar um pouco mais devagar, ou até atrasar um pouco a idade mental.</p> <p><i>Após a leitura do texto “Vivendo com a radioatividade”</i></p>

	<p>E19: o texto fala daquela parte da aplicação do tratamento da pessoa, no texto falou que são pequenas quantidades no corpo da pessoa que consegue mudar um pouco o estado da pessoa e até curar doença dela.</p> <p><i>Após a leitura do texto “Efeitos da radiação no corpo humano”</i></p> <p>E19: Sabe aquele negócio que eu falei lá no começo, o nível mais alto de radiação afetaria biologicamente e mentalmente, e aqui (aponta para o texto) mostra as mudanças genéticas e biológicas afetam muito o corpo do ser humano e que pode atrapalhar o estilo de vida dele inteiro.</p> <p>E01: Sabe aquela explicação que eu dei a respeito do pé de elefante que mesmo protegido uma pessoa não pode ficar uma hora exposto?</p>
Classificação de informações	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

O indicador “seriação de informações” foi observado quando os estudantes responderam à questão da professora de acordo com seus conhecimentos prévios. Podemos observar nesse caso que as falas de alguns estudantes trazem como introdução termos como “pelo que eu sei” e “acho que”, indicando sua incerteza a respeito da resposta à pergunta levantada. Em suas falas, podemos notar que os estudantes procuram fazer conexão entre o que eles acreditam conhecer sobre o tema radiação com a radiação mencionada na pergunta da professora.

Com o objetivo de deixar as respostas dos colegas mais completas de modo a suprir possíveis respostas para as perguntas da professora, os estudantes acabam por fazer, em conjunto, o levantamento dos dados sem ainda, contudo, organizar ou classificar as informações.

O indicador é observado nas falas dos estudantes E19 e E03 quando reconhecem o termo radiação, mas em um primeiro momento não conseguem explicar. Já o estudante E01 tenta iniciar uma possível definição, tentando estabelecer uma relação entre a palavra radiação e o termo radioatividade. Em outro momento o estudante E01 tenta responder à questão de acordo com os seus conhecimentos prévios de modo a relacionar os tratamentos médicos com o tipo de radiação. Em um terceiro momento dessa mesma aula, quando a professora questiona se eles têm conhecimento de algo relacionado com radiação, os estudantes E05, E04 e E03 retomam os seus conhecimentos prévios relacionados à radiação.

Podemos identificar o indicador organização de informações nas falas dos estudantes quando os mesmos tentam estabelecer uma ordem, retomando as informações já trabalhadas. Isso é notado na fala do estudante E19 quando ele menciona o caso da bomba atômica e suas consequências na cidade de Hiroshima. Após a leitura dos textos

propostos na atividade 1.2 o estudante E19 utiliza a informação retratada no texto para retomar as informações discutidas no início da aula, complementando seu argumento inicial e reestruturando suas ideias.

Quadro 9: Indicadores relacionados à estruturação do pensamento e à construção de uma ideia lógica e objetiva propostos por Sasseron (2008)

Categorias	Unidades de sentido
Raciocínio lógico	<p>E03: Uma outra coisa é que se enterrar muito embaixo vai contaminar o lençol freático. Às vezes o melhor jeito é por fogo.</p> <p>E01: O problema de colocar fogo é que pode gerar uma fumaça radioativa.</p>
Raciocínio proporcional	<p>E03: (a radiação) causa câncer por exemplo, quando em 100, você adquire 70 dela. Aí pega câncer. Agora, se você pegar 90, 80, você não pega câncer, claro, você morre, você esfarela.</p> <p>E01: A radiação na verdade é bem independente da forma como (inaudível) porque tem a radiação é muito fraca, usado para cura usado por médico. Existe um tipo de radiação que é perigosa que é tão forte, tão forte, que pode até derreter o metal.</p> <p><i>Após um momento de reflexão do estudante</i></p> <p>E01: Na verdade temos três radiações, que é a medicinal, que é a mais fraquinha de todas, a científica que pode ser letal e é usada para desenvolver alguma coisa usada pelos cientistas. Como por exemplo o acelerador de partículas que utiliza da radiação. E tem a radiação do nível de uma bomba nuclear ou de uma usina nuclear.</p> <p>E01: O ser humano precisa estar propriamente vestido para entrar nesses lugares, como por exemplo o pé do elefante, o ser humano, mesmo com a roupa toda protegida ele precisa ser rápido pois ele só pode ficar uma hora exposto de tanta radiação que é.</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se ver no trecho, em meio ao diálogo dos estudantes E03 e E01 um exemplo de raciocínio lógico, pois essa fala demonstra a compreensão em relação ao problema proposto acerca de uma contaminação radioativa e traz uma proposta hipotética para a solução do problema.

Já no raciocínio proporcional, fica evidente a relação de proporcionalidade demonstrada na fala do estudante E03, evidenciando que quanto maior uma quantidade, conseqüentemente maior o efeito. Para tentar relacionar isso criou uma escala e dentro dessa escala explicou quais seriam as condições para “pegar” câncer ou não. Também é observado na fala do estudante E01 que ele classifica a radiação em três níveis, mostrando que quanto maior o nível, maior o efeito.

Quadro 10: Indicadores vinculados à procura do entendimento da situação analisada propostos por Sasseron (2008)

Categorias	Unidades de sentido
Levantamento de hipóteses	<p>PROFESSORA: Então como ele ficou verde?</p> <p>E01: No caso dele ficar verde já é a parte de ficção.</p> <p>E03: Ele ficou verde porque a radiação é verde. Pode ter misturado com algum produto químico verde</p> <p>E01: Professora, a radiação não é verde não.</p> <p>PROFESSORA: Que cor é a radiação?</p> <p><i>Os estudantes respondem falando que é da cor do ar, outros falaram amarelo e outros falaram que não é possível ver a cor.</i></p> <p>E19: Às vezes a radiação tem a ver com o minério. Quando a gente fala de radiação sempre tem um minério, então ela pode ser da cor do minério.</p> <p>E01: A radiação que é transmitida, ela não tem cor é mais a parte da radiação física.</p> <p>E03: Ela apresenta cor quando ela mistura com algum minério.</p> <p>E01: essa é a parte física.</p>
Teste de hipóteses	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>
Justificativa	PROFESSORA: A radiação é vilã?
Previsão	E01: Se for muito concentrado, muita quantidade de radiação pode causar até câncer, né?
Explicação	<p>PROFESSORA: Muita quantidade de radiação pode causar câncer? Sim ou não?</p> <p>E03: Não causa câncer não, ela te mata!</p> <p>E21: Eu acho que a radiação não é vilã, só é um pouco perigosa, por exemplo o raio x, eu acho que todo mundo já fez raio x, e ele usa radiação, mas existem e tem que usar equipamentos próprios para... porque é perigoso.</p> <p><i>Após a leitura do texto "O Homem-Aranha"</i></p> <p>PROFESSORA: Essa parte da aranha radioativa é possível?</p> <p>E01: Nesse caso você morre ou por causa do veneno da aranha ou pela própria radiação</p> <p>PROFESSORA: Então tem como a aranha transmitir radiação?</p> <p><i>Alguns estudantes confirmam que é possível outros ficam indecisos em fazer alguma afirmação a respeito.</i></p> <p>E01: Depende do nível de radiação que ela está transmitindo. Desde que ela não seja forte o suficiente para não matar a aranha.</p> <p>PROFESSORA: Então tem a radiação que a aranha recebe e a radiação que</p>

	<p>a aranha transmite?</p> <p>E01: No caso não. A aranha seria contagiosa da própria radiação que ela pegou, pois quando um objeto é infectado com a radiação ele transmite a mesma radiação.</p> <p>PROFESSORA: Então se ele recebe uma radiação fraca ele emite uma radiação fraca, e se ele recebe uma radiação forte ele emite uma radiação forte?</p> <p>E01: Ele morre</p> <p>PROFESSORA: Então se ele recebeu uma radiação forte ele morre? E então ele não vai emitir essa radiação.</p> <p>E01: Ele vai depois de morto.</p>
--	---

Fonte: Elaborado pela autora.

O processo de "levantamento de hipóteses" ocorre quando suposições são formuladas sobre um determinado tema. No recorte descrito podemos observar um confronto de ideias em que o estudante E03 tenta refutar a hipótese do estudante E01. Na transcrição, os estudantes estão levantando hipóteses a respeito da presença de cor ou não da radiação, de modo a relacionar com o texto "Origem do Hulk". No entanto, a transcrição mostrada sobre o levantamento de hipótese também apresenta outros indicadores desse mesmo grupo, como justificativa e explicação para uma situação levantada pela professora.

Podemos observar na fala do estudante E01 que ele utiliza de uma condição para fazer uma previsão de possível consequência associada à exposição à radiação. Já o estudante E03 prevê outra possível consequência relacionada a essa exposição, onde também pode ser observado o indicador "previsão".

Podemos observar na fala do estudante E21 que ele tenta argumentar seu ponto de vista de que a radiação não é vilã, justificando que é possível a realização de exames médicos que utilizam a radiação, dando como exemplo o raio x, que o mesmo afirma já ter feito e não ter sofrido nenhum dano. O estudante continua sua afirmação dizendo que é um pouco perigosa lançando mão da justificativa de que é necessário utilizar proteção para esse mesmo exame. O indicador explicação é observado quando os estudantes tentam responder os questionamentos levantados pela professora. Eles fornecem garantia ao que foi dito utilizando como base aquilo que eles acreditam ser e inserem uma justificativa em sua fala.

Quadro 11: Indicadores relacionados à aprendizagem propostos por Pizarro e Lopes Junior (2015)

Categorias	Unidades de sentido
Articular ideias	<p><i>Antes da leitura dos textos</i></p> <p>E01: Um dos maiores desastres do mundo que é o negócio lá de Chernobyl, quando a fábrica explodiu, vários tipos diferentes de radiação foram criadas, que não existiam antes. Por exemplo a radiação que se misturou com metal, você já ouviu falar do pé de elefante? (...) É um negócio tão radioativo que ninguém pode chegar perto.</p> <p><i>Após a leitura dos textos</i></p> <p>E01: Sabe aquela explicação que eu dei a respeito do pé de elefante que mesmo protegido uma pessoa não pode ficar uma hora exposto? Porque até o próprio material da roupa pode derreter com a radiação devido à grande quantidade de radiação que tem no material. Muita gente acha que falar de mutação genética é ter poder, mas muitas vezes é quando a pessoa pode nascer deficiente ou até nascer sem um membro. A mutação genética está mais ligada a uma coisa ruim e não como a história do homem Aranha e do Hulk. A pessoa pode nascer com problema mental ou de má formação.</p>
Investigar	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>
Argumentar	<p>E19: Quando eu falei isso lá no começo, que o nível mais alto de radiação pode afetar biologicamente e mentalmente, o texto (<i>se referindo ao texto lido em sala "Efeitos da radiação no corpo humano"</i>) mostra as mudanças genéticas e biológicas que a radiação pode causar no corpo humano, que pode atrapalhar o estilo de vida dele inteiro. Eu já vi muitas fotos de pessoas que foram afetadas pela radiação e tem deformidades no corpo. A radiação afeta totalmente as células e muda radicalmente o corpo.</p> <p>E03: Pode haver mutações de animais também, por exemplo igual a Chernobyl. Vários animais foram afetados, principalmente os animais do mar próximo, pesquisadores verificaram que havia altos índices de radiação na água.</p> <p>E01: Não só animais marinhos, mas também animais selvagens foram modificados próximos à região de Chernobyl.</p>
Ler em ciências	<i>Ocorreu no momento de leitura e discussão dos textos "Vivendo com a radioatividade" e "Efeitos da radiação no corpo humano"</i>
Escrever em ciências	<i>Ocorreu no momento da realização da atividade 1.3, em que os estudantes elaboram seus próprios argumentos de modo a responder o questionamento levantado: "A radiação é vilã?"</i>
Problematizar	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>
Criar	E19: Por exemplo, uma pessoa com câncer difícil de tratar vai precisar altos níveis de radiação. Então talvez poderia colocar aos poucos, ou de dois em dois dias, uma pequena quantidade de radiação no organismo durante meses e com o tempo essa radiação vai afetando o câncer devagar, mas no final a
Atuar	

	<p>quantidade de radiação para matar o câncer não afetará o corpo da pessoa.</p> <p>E01: Não pode colocar toda a radiação de uma vez senão o corpo humano não vai suportar.</p> <p>PROFESSORA: Como é colocada essa radiação no corpo humano?</p> <p>E01: Depende, pode ser pela vacina que é no sistema circulatório ou quando aplicar no próprio lugar onde que tiver o câncer.</p> <p>E07: Pode ser também por meio de medicamentos e remédios, que são remédios de tratamento do câncer, que são aqueles remédios que te fazem perder o cabelo.</p>
--	---

Fonte: Elaborado pela autora.

Podemos observar na fala do estudante E01 uma articulação de ideias, onde ele já tinha um conhecimento sobre o que é o pé de elefante. Após a leitura dos textos o estudante consegue fazer uma articulação de ideias relacionando sua fala anterior sobre o pé de elefante com o acontecimento retratado nos textos, estabelecendo assim uma relação entre os conhecimentos prévios e os conhecimentos teóricos aprendidos em sala.

Podemos observar o indicador argumentar presente na fala do estudante E19, já que ele inicialmente utiliza como base seus conhecimentos prévios e posteriormente amplia seus argumentos com os conhecimentos adquiridos em defesa de suas ideias.

O indicador ler em ciências acontece quando é proporcionado aos estudantes o momento de leitura. Os textos propostos não são textos de cunho científico, mas trazem termos técnicos presentes na ciência. Já o indicador escrever em ciências também é evidenciado quando os estudantes articulam em suas produções seus conhecimentos, argumentos e dados das fontes de estudo.

Na fala do estudante E19, ao utilizar a expressão “câncer difícil de tratar”, podemos concluir que são os casos de câncer em estágios avançados. Assim sendo o estudante conclui que para o tratamento nesse estágio seriam necessários “altos níveis de radiação”, mas confrontando com sua própria ideia de que altos níveis de radiação em uma só dose poderiam levar ao óbito. É evidenciado o indicador criar quando ele apresenta novas ideias para solucionar a problemática de que se pode aplicar “altos níveis de radiação” por meio de “pequenas quantidades” intervaladas, de modo que “no final a quantidade de radiação para matar o câncer não afetará o corpo da pessoa”.

Dando continuidade à ideia inicial proposta pelo estudante E19, de modo a responder o questionamento feito pela professora, os estudantes E01 e E07 propõem outros recursos para a aplicação da radiação no corpo humano para o tratamento proposto, evidenciando o indicador atuar, mostrando compreender que são agentes de mudança diante dos desafios impostos pela ciência em relação à sociedade.

9.1.2 Aula 2

Os Quadros 12 a 15 apresentam os momentos durante a aula 2 em que foram identificados cada um dos indicadores de alfabetização científica.

A aula 2 consistiu, em sua maior parte, de explicações realizadas pela professora de assuntos como a história da radiação (vídeos), tipos de radiação (uso de imagens), decaimento radioativo (uso de gráficos), aplicações da radiação na medicina e acidentes nucleares (momento de leitura).

Quadro 12: Indicadores relacionados ao trabalho direto com os dados empíricos propostos por Sasseron (2008)

Categorias	Unidades de sentido
Seriação de informações	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>
Organização de informações	E01: Professora, é verdade que quando um átomo é partido ao meio acontece uma grande explosão? <i>Explicação breve da professora.</i> E01: Isso é capaz de gerar grande energia, como a bomba atômica explode? <i>Explicação breve da professora.</i>
Classificação de informações	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

Quando o estudante E01 levanta o questionamento sobre a fissão nuclear e sua consequência, ele faz uma ordenação das novas informações. Quando complementa, após a explicação, a respeito da quantidade de energia gerada em uma explosão, ele levanta outro questionamento a respeito da bomba atômica, retomando as informações já trabalhadas.

Quadro 13: Indicadores relacionados à estruturação do pensamento e à construção de uma ideia lógica e objetiva propostos por Sasseron (2008)

Categorias	Unidades de sentido
Raciocínio lógico	<p>PROFESSORA: A diferença entre a radiação alfa, beta e gama é que a radiação gama é uma onda, vocês podem até ver na imagem que ela é uma ondinha e o que segura e consegue barrar essa radiação gama é uma placa de chumbo.</p> <p>E21: Então por isso que quando faço exame de raio X eles pedem para vestir tipo uma roupa (estudante faz gestos com as mãos para mostrar a região do tórax), muito pesada e uma vez eu perguntei e eles falaram que é chumbo. Então eles mandam a gente vestir essa roupa porque o raio x tem raios gama, né?</p> <p>E04: Professora, a radiação Gama só é barrada por uma placa de chumbo, então quando ela passa pelo papel ela fica mais fraca?</p>
Raciocínio proporcional	<p>E19: Professora, tem a radiação, a radiação alfa, que é a mais fraca. E você diz que se a gente ficar exposto à radiação gama, por exemplo, diariamente, uma hora a gente vai ter sequelas. Então por exemplo, já que a alfa é a mais fraca, se a gente ficar exposto a ela por um período muito maior, meses e anos, a gente vai ter uma consequência parecida com a da gama?</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

Após a explicação da professora a respeito dos tipos de radiação (alfa, beta e gama) e os anteparos capazes de barrar cada uma dessas radiações, o estudante E21 faz uma relação de um procedimento da área de medicina (o exame de raio-x) com os tipos de radiações explicadas pela professora. Assim ele relaciona o uso da roupa de proteção de chumbo utilizada no exame de raio-x como anteparo e o radio-x como sendo “uma radiação gama”. A partir da imagem mostrada aos estudantes durante a explicação, o E04 concluiu que as radiações beta e gama possuem uma quantidade de energia maior que a alfa, e por esse motivo não são barradas pelo primeiro anteparo (papel), porém deveriam perder energia após atravessar cada anteparo. A fala do estudante E21 demonstra a estruturação do pensamento atribuindo certa coerência a sua argumentação, indicando que ele percebe que existe relação entre seus argumentos. Também podemos notar a presença de uma conclusão do seu raciocínio diante dos dados levantados por ele, no qual vestir uma roupa de proteção de chumbo ao realizar um exame o levou a concluir que aquele exame envolvia uma forma de radiação que só pudesse ser barrada pelo chumbo.

No indicador de raciocínio proporcional, o estudante E19 relaciona que a quantidade de exposição à radiação alfa (mais fraca) por um tempo prolongado poderia causar os mesmos danos da exposição causada pela radiação gama em um tempo curto, mostrando uma relação proporcional entre a “força” da radiação e suas consequências.

Quadro 14: Indicadores vinculados à procura do entendimento da situação analisada propostos por Sasseron (2008)

Categorias	Unidades de sentido
Levantamento de hipóteses	E04: Professora, a radiação Gama só é barrada por uma placa de chumbo, então quando ela passa pelo papel ela fica mais fraca? E05: Então a força das partículas de que estamos falando está relacionado com o tamanho delas?
Teste de hipóteses	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>
Justificativa	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>
Previsão	E01: Professora, se por exemplo tivéssemos uma radiação muito forte, mais forte que a Gama, ela poderia conseguir atravessar o chumbo?
Explicação	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

No trecho mostrado, os estudantes E04 e E05 fazem um levantamento de hipóteses sobre a diferença de força entre os tipos de radiação. Os estudantes estavam relacionando os tipos de radiação como uma grandeza física, de modo a usar o termo força para determinar a penetração de cada uma das radiações e o estudante E05 tentou relacionar o poder de penetração ao tamanho dessa partícula.

O indicador previsão é observado quando o estudante E01 também relaciona a força com o poder de penetração, tentando prever que para barrar uma radiação com uma maior quantidade de energia que a radiação gama, que conseguiria atravessar o chumbo, seria necessário outro anteparo mais “forte” que o chumbo. Nesse momento ele relaciona também que o chumbo é um material muito resistente, já que ele é capaz de funcionar como anteparo do tipo de radiação mais energética.

Quadro 15: Indicadores relacionados à aprendizagem propostos por Pizarro e Lopes Junior (2015)

Categorias	Unidades de sentido
Articular ideias	<i>No momento estava sendo exposta a imagem da Figura 9 (tipos de radiação)</i> E04: Professora, a radiação Gama só é barrada por uma placa de chumbo. Então quando ela passa pelo papel ela fica mais fraca? PROFESSORA: Não, ela não fica mais fraca ao passar pelo papel. E05: Então a força das partículas de que estamos falando está relacionada com o tamanho delas?
Investigar	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>
Argumentar	E19: Professora, tem a radiação Alfa, que é a mais fraca. Se a gente ficar exposto a uma radiação Gama por exemplo, uma hora a gente vai ter sequelas. Então se a gente ficar exposto à radiação Alfa, que é a mais fraca, mas em um período muito maior exposto a ela, talvez meses e anos, a gente poderia ter algo parecido ao dano causado pela Gama?
Ler em ciências	<i>Ocorreu no momento em que foram exibidos os vídeos da série “Mundos Invisíveis”</i>
Escrever em ciências	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>
Problematizar	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>
Criar	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>
Atuar	<i>Não foi identificado durante a aula.</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

No trecho destacado, o estudante E05 tenta relacionar que os tipos de radiação são bloqueados pelos anteparos de acordo com o “tamanho” (diâmetro) das radiações, assim articulando as ideias de que corpos com diâmetros menores teriam maior facilidade de atravessar os anteparos que os corpos que possuem diâmetros maiores.

O estudante E19 utiliza seus conhecimentos prévios de que uma pequena quantidade força, mas acumulada por um período grande, teria o mesmo efeito que uma grande quantidade de força acumulada em um período pequeno. Ele então amplia seus argumentos, utilizando os conhecimentos adquiridos a respeito dos tipos de radiação, evidenciando o indicador argumentar.

O indicador ler em ciências não é apenas o momento de leitura de textos com características científicas, mas também está relacionado a como são apresentadas ao estudante informações para que sejam capazes de interpretá-las e relacioná-las com seu

conhecimento. Sendo assim, a exibição dos vídeos da série “Mundos Invisíveis” e o uso das imagens propostas no material caracterizam esse momento.

9.1.3 Aula 3

Os Quadros 16 a 19 apresentam os momentos durante a aula 3 em que foram identificados cada um dos indicadores de alfabetização científica.

Na aula 3 foi realizado o debate sobre a instalação de novas usinas nucleares no Brasil. Durante a aula, a professora atuou em maior parte como ouvinte, fazendo apenas intervenções como mediadora do debate, oportunizando a fala e a introdução de novas ideias e conceitos, dando suporte aos estudantes para produzirem significados individuais. Assim proporcionando aos estudantes a aplicação das ideias trabalhadas nas aulas anteriores a uma variedade de contextos e transferindo aos estudantes controle e responsabilidade pelo uso dessas ideias, com isso tendo os próprios estudantes conduzido a maior parte do processo de desenvolvimento de seu aprendizado.

Quadro 16: Indicadores relacionados ao trabalho direto com os dados empíricos propostos por Sasseron (2008)

Categorias	Unidades de sentido
Seriação de informações	E19: Estamos falando aqui para energia para cidades e pessoas. É algo que não é necessário agora que seria melhor deixar planos bem mais futuros porque hoje em dia a gente não está precisando e a gente não tem conhecimento suficiente de como conter toda essa energia, por isso a gente não precisa de utilizar ela agora.
Organização de informações	<i>Não foi observado durante o debate.</i>
Classificação de informações	<i>Não foi observado durante o debate.</i>

Fonte: Elaborado pela autora.

Na fala do estudante E19 podemos observar o indicador seriação de informações quando ele tenta fazer uma conexão de que a usina nuclear, sendo pensada apenas como uma fonte de energia, pode ser planejada para o futuro, já que atualmente não temos uma escassez de energia.

Quadro 17: Indicadores relacionados à estruturação do pensamento e à construção de uma ideia lógica e objetiva propostos por Sasseron (2008)

Categorias	Unidades de sentido
Raciocínio lógico	<i>Resposta do grupo 2 a um questionamento levantado pelo grupo 1</i> E05: Assim como vocês apresentaram, as usinas nucleares têm diversos problemas. Entre elas doenças. Elas podem prejudicar os humanos de várias maneiras, assim como a natureza com lixo tóxico como o E19 falou. Mas tem várias maneiras de resolver nesse caso que vocês falaram. É só você criar uma usina nuclear distante de qualquer área civilizada com os humanos.
Raciocínio proporcional	E19: Ao falar de usinas nucleares, o custo de fazer essa energia chegar numa cidade, por exemplo se a distância for muito grande de uma cidade a outra, a energia nuclear para chegar na cidade ou em outro lugar em uma fábrica, o custo vai ser duas vezes mais caro, que já não é se já estiver perto da cidade.

Fonte: Elaborado pela autora.

A fala do estudante E05 demonstra a estruturação do pensamento atribuindo certa coerência a sua argumentação, indicando que ele percebe que existe relação entre seus argumentos. Também podemos notar a presença de uma conclusão do seu raciocínio diante dos dados levantados por ele, no qual criar uma usina nuclear distante de áreas habitadas garantiria a segurança dos habitantes.

Em sua fala, o estudante E19 relaciona o custo de transmissão da energia à distância da usina até o local de utilização, mostrando que conhece a relação de interdependência entre essas variáveis.

Quadro 18: Indicadores vinculados à procura do entendimento da situação analisada propostos por Sasseron (2008)

Categorias	Unidades de sentido
Levantamento de hipóteses	No terceiro momento do debate o estudante E19 lista diversos problemas que podem vir a acontecer devido à instalação de uma usina nuclear.
Teste de hipóteses	<p>E19: (...) mas por mais que seja afastada de uma população ainda tem o ambiente. (...) então é melhor continuarmos aqui até a gente poder pular esse processo de perigo e arrumar algum jeito de conter esse tipo de energia. Então se um dia a gente começar a usar em várias cidades a energia radioativa a gente deveria pelo menos ter mais segurança, que não apenas isolar essas coisas, então é preferível você estudar mais antes de colocar essa ideia em processo, em ação.</p> <p>O estudante E05 refuta todas as colocações do estudante E19, mostrando que já existem soluções para os problemas apontados.</p> <p>E05: A primeira etapa para o descarte ser feito de uma forma segura é colocando os resíduos em uma embalagem apropriada para a contenção de radiação, e esse material deve ser armazenado em um local protegido por paredes espessas de concreto (...)</p> <p>E19: Esse ataque totalmente violento me fez pensar algumas coisas (...)</p>
Justificativa	E20: Vocês não acham que para levar a energia até 50km a essa cidade, a energia não ficaria mais cara e não compensando?
Previsão	E05: A compensação depende muito. Primeiramente, a energia nuclear já teve bastante avanço. A gente pode ver isso na medicina, é só você olhar um raio-x, e também a gente pode ver isso em outros lugares. A própria bomba atômica, mesmo que seja um avanço de uma arma, ela pode provar um poder de destruição. E tudo tem uma contraparte. Se você pode usar ela em um modo de destruição, você pode usar ela em um modo que pode ajudar as pessoas. Ou seja, é só você usar ela do modo certo que qualquer coisa, qualquer coisa não, que ela conseguiria evoluir para algo que valeria a pena.
Explicação	

Fonte: Elaborado pela autora.

Podemos observar o levantamento de hipótese ocorrendo quando o estudante E19 aponta os problemas que podem vir a acontecer devido à instalação de uma usina nuclear. O teste de hipótese é evidenciado quando o estudante E05 utiliza argumentos pondo à prova as suposições levantadas pelo estudante E19, que na sequência reconhece que sua hipótese não pôde ser sustentada.

Observamos o indicador “explicação” juntamente com os indicadores “justificativa” e “previsão”. Primeiramente o estudante E05 utilizou argumentos (existência do aparelho de raio-x) para justificar sua argumentação de que a tecnologia nuclear já teve muitos avanços. Além disso, como previsão, o estudante argumenta que da mesma forma que o avanço científico possibilitou a criação da bomba atômica utilizando a radioatividade, também pode-se criar algo para o benefício da sociedade utilizando a tecnologia nuclear.

Quadro 19: Indicadores relacionados à aprendizagem propostos por Pizarro e Lopes Junior (2015)

Categorias	Unidades de sentido
Articular ideias	<p>E19: Muitos sabem que as usinas nucleares podem tanto ser muito úteis por causa da sua grande geração de energia e também muito sustentável porque podem abastecer uma cidade inteira. Mas, obviamente, a maioria das coisas hoje em dia tem riscos. Eu irei apresentar alguns, que em primeiro lugar tem um enorme risco de acidentes. Você se sentiria seguro perto, morando perto de uma usina nuclear? Então é muito instável você ter uma usina nuclear perto de uma área populosa, que o risco de acidentes são muito grandes, que um pequeno erro pode causar a destruição de até uma cidade.</p>
Investigar	<p><i>Durante o debate, no momento de respostas do grupo 1 aos argumentos do grupo 2, o estudante E05 representante do grupo 1 recebe um celular da estudante E06.</i></p> <p>E05: É... O lixo tóxico, ele sim, já tem um método de armazenar, armazenar não, de se retirar adequadamente.</p>
Argumentar	<p>E14: Gostaria de falar mais algumas coisas a respeito que a radiação pode trazer, professora: alteração da produção de sangue, diminuição da resistência imunológica e o surgimento de diversas doenças como câncer, alterações gastrointestinais, problemas na medula óssea, infertilidade e má formação de óvulos reprodutores.</p> <p><i>Em defesa da implantação das usinas nucleares o próprio integrante do grupo 1 levanta a questão e utiliza de argumentos para responder:</i></p> <p>E05: Os riscos da criação de uma usina e melhorar a tecnologia valem a pena? Na minha opinião sim! Pois a conseguimos com estudos combater os riscos, então conseguiríamos as partes boas.</p>
Ler em ciências	<p><i>No primeiro momento do debate cada um dos grupos realizou uma leitura de abertura de textos que eles mesmos providenciaram previamente e que embasavam suas defesas.</i></p>
Escrever em ciências	
Problematizar	<p>E19: Você se sente seguro morando perto de uma usina nuclear? É muito instável e o risco de acidentes são grandes.</p> <p>E05: Os riscos da criação de uma usina e melhorar a tecnologia valem a pena?</p>
Criar	<p>E19: Se uma usina nuclear for criada, é melhor ser criada em uma área afastada, pois que seja afastada, por mais que seja afastada da população a usina emite gases, esses gases podem subir para a atmosfera e ir para alguns lugares, assim como acontece com alguns gases que são levados pelo próprio vento, para áreas populosas e até mesmo matas.</p>

	E19: Mesmo sendo afirmado que é uma tecnologia nova é eficaz eu acredito que tem seus riscos, hoje em dia temos uma energia totalmente usável e que oferece menos riscos, então por mais que nos queira dar um passo para frente pode ser algo perigoso, às vezes é melhor esperar até termos mais tecnologia para podermos acabar com esse processo de perigo.
Atuar	E20: Vocês falaram que a energia compensa do tanto de energia que ela pode abastecer uma cidade inteira. Mas eu tenho uma pergunta, igual o grupo 2 havia comentado, essa energia, além de ficar mais cara do que ela já é, mesmo uma usina nuclear após ser explodida, ela pode gerar consequências até 50km de distância dela. Vocês não acham que para levar a energia até 50km a essa cidade, a energia não ficaria mais cara e não compensando?

Fonte: Elaborado pela autora.

No indicador articular ideias, durante a defesa do grupo 2, o representante faz a introdução tentando abordar os riscos e acidentes de usinas nucleares. Nas aulas anteriores observou-se que os estudantes possuíam conhecimentos prévios a respeito de acidentes nucleares, principalmente os relacionados às usinas nucleares. Quando o estudante E19 realiza a pergunta “Você se sentiria seguro perto, morando perto de uma usina nuclear?” ele está tentando articular o conhecimento que ele aprendeu em sala com os conhecimentos que ele trouxe a respeito da possibilidade de acidentes nucleares.

Momentos de investigação se repetiram diversas vezes e é exemplificado no recorte mostrado quando, durante o debate, os estudantes se organizavam para procurar informações de maneira a refutar ou subsidiar os argumentos utilizados pelos representantes dos grupos. Dessa forma, os estudantes levantaram seus próprios questionamentos acerca dos argumentos discutidos, buscaram informações e compartilharam com os demais colegas e com a professora.

No indicador argumentar podemos observar que nos recortes destacados os estudantes E14 e E05 procuram articular, por meio de argumentos, seus conhecimentos prévios com os conhecimentos adquiridos em sala ou por meio de pesquisas para defender suas ideias iniciais.

Quanto aos indicadores ler em ciências e escrever em ciências, no momento de abertura do debate os representantes de cada um dos grupos leram em voz alta textos que os mesmos prepararam a partir de pesquisas que realizaram previamente de maneira que pudessem sustentar suas argumentações. Durante a leitura desses textos produzidos pelos estudantes observou-se uma articulação entre as informações pesquisadas e a ideia a ser defendida por cada grupo. No momento de leitura dos textos também foram abordados conceitos tanto das aulas anteriores ao debate como novos conceitos pesquisados por eles próprios.

Os recortes destacados para o indicador problematizar ocorreram em momentos em que os próprios estudantes, ao defender o posicionamento do seu grupo, fazem o levantamento de questionamentos sobre o uso e impactos da radiação e radioatividade em seu cotidiano, na sociedade em geral e no meio ambiente e os mesmos utilizaram de seus próprios argumentos para responder.

No indicador criar, diante de problemas levantados no debate sobre a implantação de novas usinas nucleares, cada grupo propõe soluções a esses problemas levantados pelo grupo adversário. Nos recortes mostrados, o estudante E19 apresenta novas ideias, argumentos, posturas e soluções para problemáticas que envolvem Ciência e o fazer científico.

O recorte referente ao indicador atuar evidencia a preocupação do estudante E20 com a distância em que a usina nuclear deveria ser construída para ser considerada segura, mas percebe que isso também acarretaria custos maiores de transmissão da energia gerada. Ao pensar na segurança, no caso da instalação da usina, e pensar nos objetivos dessa instalação, o estudante mostrou se preocupar em como o consumidor final arcaria com esses custos, não podendo se preocupar com apenas uma variável.

9.1.4 Aula 4

A professora/pesquisadora e a escola planejaram realizar a sequência de ensino durante a semana de avaliações. Nessa semana os estudantes fazem duas provas durante os três primeiros horários e, após o intervalo, têm aulas regulares. A escola permitiu que a SEI fosse aplicada durante essa semana de avaliações. No entanto, na sexta-feira após a conclusão das provas, quando foi aplicada a aula 4, os estudantes estavam bastante cansados, além de estarem ansiosos com os resultados das primeiras avaliações que já estavam sendo entregues, perdendo um pouco o foco para a realização da última atividade da sequência de ensino. A aula 4 é composta por atividades que envolvem uma maior concentração por parte dos estudantes, já que os mesmos deveriam elaborar um texto para a divulgação do seu produto, bem como um outro texto para avaliar o trabalho do colega. Durante o processo de coleta de dados, avaliamos cuidadosamente todos os áudios para garantir que estivessem alinhados aos objetivos e às necessidades da pesquisa. No caso específico do áudio da aula 4, após análise minuciosa, verificamos que ele não continha informações pertinentes ou reflexões para o estudo de alfabetização científica durante a aplicação da SEI que aborda sobre radiação e radioatividade. Os áudios não forneceram dados relevantes ou não apresentaram perspectivas que pudessem enriquecer nossa análise. Portanto, ao descartar o áudio, estamos priorizando a inclusão de dados que sejam pertinentes e que tragam contribuições para a pesquisa.

9.2 Análise dos resultados na perspectiva da nova compreensão dos fenômenos

Ao transcrever e analisar os áudios das aulas observamos que novas compreensões surgiram para estabelecer uma ordem dos dados trabalhados, estabelecer relações entre seus conhecimentos prévios, do cotidiano e os conhecimentos teóricos aprendidos, para conferir hierarquia de informações, ampliar os argumentos e defender suas ideias, compreender como as ideias são desenvolvidas e apresentadas, para estruturar seu pensamento, levantar questionamentos dos problemas presentes no cotidiano, sociedade e ambiente e como isso está relacionado à ciência. As falas dos estudantes foram então organizadas e ordenadas em conjuntos lógicos abstratos, possibilitando o início de um processo de teorização em relação aos fenômenos investigados, conforme Moraes (2020).

A pesquisadora utilizou dos seus conhecimentos sobre radiação e radioatividade e de suas anotações em um caderno levado para a sala de aula durante a aplicação da sequência de ensino para a denominação das categorias emergentes e suas subcategorias de acordo com suas interpretações das falas dos estudantes.

A categoria quantificação emerge quando os estudantes, para tentar comparar as diferentes consequências da exposição à radiação, utilizaram do conceito de quantificação, explicando seus pontos de vista.

Ao utilizar os conceitos de quantificação, os estudantes também relacionam a exposição à radiação aos impactos causados por essa exposição, emergindo uma nova categoria denominada aqui de impactos.

Ao levantarmos o questionamento sobre como a radiação está presente na sociedade, os estudantes a classificam três em áreas de aplicações: “aplicações médicas”, “usinas nucleares” e “bombas atômicas”, emergindo assim a categoria aplicação.

Durante as aulas observou-se que os estudantes tentavam classificar a radiação em quatro tipos, que eles denominaram de boa, ruim, fraca e forte. Essa denominação estava relacionada com os efeitos da radiação no corpo humano e suas quantificações.

Todas as categorias que emergiram durante a análise de dados estavam intimamente relacionadas entre si nas falas dos estudantes, tendo sido importante o olhar sensível da pesquisadora para perceber esse surgimento.

O Quadro 20 mostra as categorias emergentes e suas respectivas subcategorias.

Quadro 20: Categorias e subcategorias emergentes.

Categoria emergente	Subcategoria emergente
Quantificação	Exposição à radiação Intensidade da radiação
Impactos	Acidentes nucleares Câncer e mutações Lixo nuclear
Aplicações	Aplicações médicas Usinas nucleares Bomba atômica
Tipos de radiação	Radiação boa e ruim Radiação fraca e forte

Fonte: Elaborado pela autora.

9.2.1 Aula 1

Como o objetivo da primeira aula foi de engajar os estudantes, intelectual e emocionalmente, com o estudo do tema e explorar as visões, conhecimentos prévios e interesses dos estudantes sobre o tema, de acordo com as fases de ensino de Aguiar Junior (2005), considerando as características do ensino investigativo de Carvalho (2013), houve a apresentação do problema teórico e contextualização do conhecimento.

A aula teve início com dois questionamentos levantados pela professora sobre o que é radiação e se ela é ou não vilã. Os estudantes ficaram bastante agitados para responder os questionamentos.

Ao ser dado o momento de fala para os estudantes responderem, eles tiveram bastante dificuldade em expor seus pensamentos e verbalizar o que eles sabiam sobre radiação e radioatividade. Assim os estudantes começaram a relatar episódios de séries e documentários que eles já haviam assistido sobre o assunto e junto a esses relatos eles externalizavam seus pensamentos, mas presos aos exemplos vistos em outros momentos. À medida que a aula foi sendo conduzida pela professora, os estudantes foram construindo suas falas e melhor verbalizando seus pensamentos, e assim foi possível observar que foram emergindo unidades de sentido com características semelhantes, tendo sido então agrupadas como categorias e subcategorias, como mostrado nos Quadros 21 a 24.

Quadro 21: Categoria emergente Quantificação e unidades de sentido.

Categoria	Subcategorias	Unidades de sentido
Quantificação	Exposição à radiação	<p>E03: (a radiação) Causa câncer por exemplo, quando em 100, você adquire 70 dela. Aí pega câncer. Agora, se você pegar 90, 80, você não pega câncer, claro, você morre, você esfarela.</p> <p>E03: Se o ser humano aguenta até uns 70, para o tratamento de câncer é usado apenas uns 10 até 30. Só não pode ser elevado.</p> <p>PROFESSORA: E você sabia que foi por meio da radiação que ele (<i>o Hulk</i>) se transformou?</p> <p><i>A maioria dos estudantes respondeu que sim.</i></p> <p>PROFESSORA: E isso é possível?</p> <p>E03: Sim</p> <p>E19, E05, E01: Não</p> <p>E04: Naquele momento o nível de radiação foi tão alto que ele foi modificado biologicamente.</p> <p>PROFESSORA: Então se o nível que o Hulk foi exposto foi o nível muito alto, não levaria à morte?</p> <p>E01: O nível de radiação não depende... Não troca suas células, ele está mais para desintegrar as suas células.</p>
	Intensidade da radiação	<p>E20: A radiação na verdade é bem independente da forma como (inaudível) porque tem a radiação é muito fraca, usado para cura usado por médico. Existe um tipo de radiação que é perigosa que é tão forte, tão forte, que pode até derreter o metal.</p> <p>E01: Na verdade temos três radiações, que a medicinal que é a mais fraquinha de todas, a científica que pode ser letal e é usada para desenvolver alguma coisa usada pelos cientistas, como por exemplo o acelerador de partículas que utiliza da radiação. E tem a radiação do nível de uma bomba nuclear ou de uma usina nuclear.</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

No início da aplicação da SEI, quando o primeiro questionamento foi levantado pela professora pesquisadora, o termo radiação não causou estranheza aos estudantes, mas quando foram questionados a respeito se a radiação é vilã, eles não souberam defender as suas ideias. Com isso os estudantes tentam explicar seus pontos de vista, relatando os acontecimentos passados que envolveram radiação e radioatividade, como o acidente de Chernobyl e as bombas atômicas da Segunda Guerra Mundial. Durante as falas dos

estudantes percebemos eles trazem um conhecimento maior sobre os acidentes radioativos, e consequências de exposição à radiação. Os estudantes afirmaram que altas quantidades de radiação são capazes de causar grandes danos, principalmente biologicamente, e para dimensionar quais são as quantidades e os danos causados, eles criaram uma escala, onde números maiores representam maiores quantidades tanto de exposição quanto de intensidade.

Alguns estudantes da turma tiveram familiares que foram diagnosticados com câncer e esses utilizaram de suas experiências vividas para relacionar a causa e o tratamento da doença com a radiação e radioatividade. Quando a turma foi questionada a respeito de como essa mesma radiação poderia ter causado câncer, mas também ter sido utilizada para tratamento, os estudantes tentaram dimensionar diversas vezes as diferenças de radiação e tentaram prever como sua intensidade afeta o corpo humano. Os estudantes, durante suas quantificações a respeito da radiação, evidenciaram que essa mesma radiação em quantidades menores é benéfica à sociedade, principalmente na área médica.

Quadro 22: Categoria emergente Impactos e unidades de sentido.

Categoria	Subcategoria	Unidades de sentido
Impactos	Câncer e mutações	<p>E19: Por exemplo, quando é o nível de uma bomba, algo que quer ferir as pessoas como um ataque nuclear, ela afeta essas partes do corpo, mas também tem a parte do câncer.</p> <p>E19: Tem um tipo de radiação que pode afetar tanto o corpo, a parte biológica, quanto a mente.</p> <p>PROFESSORA: É sobre o câncer?</p> <p>E19: Sim.</p> <p>E01: Muita gente acha que falar de mutação genética é ter poder, mas muitas vezes é quando a pessoa pode nascer deficiente ou até nascer sem um membro. A mutação genética está mais ligada a uma coisa ruim e não como a história do homem Aranha e do Hulk. A pessoa pode nascer com problema mental ou de má formação.</p> <p>E19: Quando eu falei isso lá no começo que o nível mais alto de radiação pode afetar biologicamente e mentalmente e o texto mostra as mudanças genéticas e biológicas que a radiação pode causar no corpo humano que pode atrapalhar o estilo de vida dele inteiro. Eu já vi muitas fotos de pessoas que foram afetadas pela radiação e tem deformidades no corpo. A radiação afeta totalmente as células e muda radicalmente o corpo.</p> <p>E03: Pode haver mutações de animais também por exemplo igual a Chernobyl, vários animais foram afetados principalmente os animais do mar próximo. Pesquisadores verificaram que havia altos índices de radiação na água.</p> <p>E01: Não só animais marinhos, mas também animais selvagens foram modificados próximos à região de Chernobyl.</p>
	Acidentes nucleares	<p>E01: Um dos maiores desastres do mundo que é o negócio lá de Chernobyl, quando a fábrica explodiu vários tipos diferentes de radiação foi criada que não existia antes. Por exemplo a radiação que se misturou com metal. Você já ouviu falar do pé de elefante?</p> <p>E03: Pode haver mutações de animais também por exemplo igual a Chernobyl, vários animais foram afetados principalmente os animais do mar próximo. Pesquisadores verificaram que havia altos índices de radiação na água.</p> <p>E01: Não só animais marinhos, mas também animais selvagens foram modificados próximos à região de Chernobyl.</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

Os estudantes, inicialmente, não conseguem definir radiação sem mencionar seus efeitos, tanto para o ser humano quanto para a sociedade e meio ambiente. Nas duas primeiras aulas da SEI os estudantes tentam definir a radiação como algo capaz de causar câncer e mutações, por afetar o corpo humano. Em suas falas os estudantes evidenciam preocupação a respeito de acidentes nucleares, já que traziam conhecimentos prévios a respeito do acidente de Chernobyl e as consequências causadas à população devido à exposição ao reator e seus produtos.

Quadro 23: Categoria emergente Aplicação e unidades de sentido.

Categoria	Subcategorias	Unidades de sentido
Aplicação	Aplicações médicas	<p>PROFESSORA: Então ao ingerir o medicamento você fica radioativo?</p> <p>E03: Não, você adquire um pouco da radiação mas a usada para cura só não pode ser elevada.</p> <p>E01: Tem alguns tratamentos médicos que é usado um tipo de radiação específica para poder curar a pessoa e também tem um tipo de radiação muito perigosa que vem das usinas nucleares e essas coisas.</p> <p>E04: Eu não sei muito bem se está relacionado com a radiação, mas tem um tratamento chamado quimioterapia, você entra tipo numa cápsula que emite radiação.</p>
	Usinas nucleares	<p>E20: A gente tem também um tipo de radiação perigosa, são as que vêm das usinas nucleares.</p> <p>PROFESSORA: O que é Chernobyl?</p> <p>E01/E03: É um lugar onde tinha uma usina nuclear que explodiu.</p> <p>E07: Ela liberou muita radiação.</p>
	Bomba atômica	<p>E03: Eu sei uma coisa que tem radiação: é a bomba Hiroshima.</p> <p>E19: Por exemplo, quando é o nível de uma bomba, algo que quer ferir as pessoas como um ataque nuclear, ela afeta essas partes do corpo, mas também tem a parte do câncer.</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

Percebemos que, para os estudantes, as aplicações da radiação na sociedade estão relacionadas com a quantificação dessa radiação. Segundo suas concepções, é possível ter campos diferentes de aplicações da radiação, já que acreditam haver quantidades diferentes

de radiação para cada área. Os estudantes evidenciam em suas falas que após a descoberta da radiação ocorreram alguns avanços tecnológicos, principalmente voltados para a área da medicina quando mencionam a respeito dos tratamentos de câncer. Ainda, os estudantes não demonstram ter conhecimento que as usinas nucleares contribuem para o progresso, vendo-as apenas como causadoras de desastres.

Quadro 24: Categoria emergente Tipos de Radiação e unidades de sentido.

Categoria	Subcategoria	Unidades de sentido
Tipos de radiação	Radiação boa e ruim	<p>PROFESSORA: Vocês sabem o que é radiação?</p> <p>E20: O próprio termo radiação já fala. É uma coisa radioativa, que a própria radiação pode ser tanto prejudicial à saúde como também tem radiação boa.</p> <p>PROFESSORA: Então tem radiação boa e radiação ruim?</p> <p>E20: Depende...</p> <p>PROFESSORA: Você sabe me dizer quando tem uma radiação boa e quando tem uma radiação ruim?</p> <p>E20: Tem alguns tratamentos médicos que é usado um tipo de radiação específica para poder curar a pessoa e tem um tipo de radiação que perigosa, as que vêm das usinas nucleares e essas coisas.</p> <p>E19: A radiação ruim pode afetar a parte imunológica por exemplo a mente.</p>
	Radiação fraca e forte	<p>E20: A radiação na verdade é bem independente da forma como (inaudível) porque tem a radiação é muito fraca, usado para cura usado por médico. Existe um tipo de radiação que é perigosa que é tão forte, tão forte, que pode até derreter o metal.</p> <p>E01: Na verdade temos três radiações, que a medicinal que é a mais fraquinha de todas, a científica que pode ser letal e é usada para desenvolver alguma coisa usada pelos cientistas, como por exemplo o acelerador de partículas que utiliza da radiação. E tem a radiação do nível de uma bomba nuclear ou de uma usina nuclear.</p> <p>E01: Depende do nível de radiação que ela está transmitindo. Desde que ela não seja forte o suficiente para não matar a aranha.</p> <p>E01: Se a radiação pega em um animal por exemplo, o governo tem que enterrar esse animal muito, muito embaixo da terra. Quer dizer que ele morreu por causa da radiação, então foi uma radiação muito forte. Então mesmo depois de morto ele continua com radiação.</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

No decorrer da primeira aula, os estudantes ainda não possuíam entendimento para diferenciar os tipos de radiação, mas já conheciam sobre as consequências relacionadas à exposição à radiação. Os estudantes, para tentar explicar seus pontos de vista a respeito do

questionamento levantado no início da aula sobre o que é radiação, diante dos textos apresentados classificam a radiação como boa ou ruim quando está relacionada a seus efeitos no corpo humano e como fraca ou forte, quando relacionada à quantidade de emissão.

Diante das falas dos estudantes notamos que a radiação se diferencia de acordo com a área de aplicação, como se existissem radiações diferentes para cada aplicação. Assim a radiação usada para tratamentos é classificada por eles como boa, e quando relacionada à radiação utilizada nas usinas nucleares como radiação ruim.

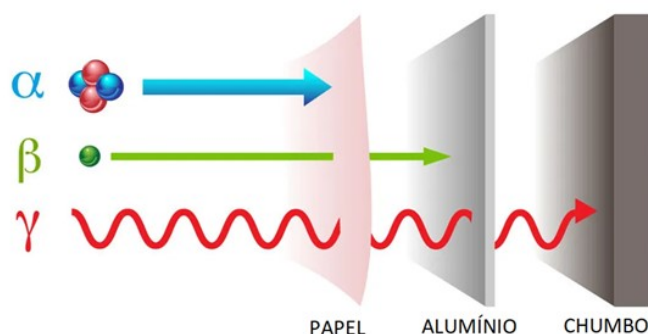
Ao classificar a radiação como boa e ruim, os estudantes também acabam criando outra classificação, em que a radiação boa está relacionada à intensidade fraca e a radiação ruim está relacionada a uma intensidade forte. Assim, os tratamentos médicos utilizam a radiação “fraca”, já que o ser humano não pode estar exposto a altos índices de radiação. Já as usinas nucleares apresentam uma radiação “forte” e por isso seria uma radiação ruim. É possível verificar que, com seus conhecimentos prévios ainda imaturos, na primeira aula os estudantes associam as usinas nucleares apenas ao acidentes ocorridos, não percebendo ainda sua aplicação como produtora de energia para a sociedade.

9.2.2 Aula 2

Nessa aula o objetivo era de disponibilizar as ideias e conceitos da ciência no plano social da sala de aula (AGUIAR JUNIOR, 2005), ocorrendo a sistematização do conhecimento (CARVALHO, 2013). Como ocorreu de maneira expositiva, houve menor ocorrência de categorias emergentes.

Nas falas dos estudantes, para tentar descrever o que é radiação, eles utilizam dos termos “boa” e “ruim”. Um dos momentos da aula consistia em explicar a respeito dos tipos de radiação e decaimento radioativo. Para isso a aula foi iniciada com um vídeo que retratava a história da radiação/radioatividade e em seguida a professora/pesquisadora utilizou a imagem mostrada na Figura 22 para explicar os diferentes tipos de radiação que podem ser emitidas e em seguida foi abordado sobre as leis da radioatividade. O Quadro 25 mostra as categorias emergentes observadas durante a segunda aula.

Figura 22 – Tipos de radiação alfa, beta e gama



Fonte: Google imagens

Quadro 25: Categorias emergentes Quantificação e Tipos de radiação e unidades de sentido.

Categoria	Subcategorias	Unidades de sentido
Quantificação	Exposição à radiação	E19: Professora, tem a radiação, a radiação alfa, que é a mais fraca. E você diz que se a gente ficar exposto à radiação gama, por exemplo, diariamente, uma hora a gente vai ter sequelas. Então por exemplo, já que a alfa é a mais fraca, se a gente ficar exposto a ela por um período muito maior, meses e anos, a gente vai ter uma consequência parecida com a da gama?
	Intensidade da radiação	
Tipos de radiação	Radiação boa e ruim	E01: E a radiação Gama, ela é extremamente perigosa para o ser humano?
	Radiação fraca e forte	<p>E04: Professora, a radiação Gama só é barrada por uma placa de chumbo, então quando ela passa pelo papel ela fica mais fraca?</p> <p>E05: Então a força das partículas de que estamos falando está relacionado com o tamanho delas? Tem algum outro elemento que nem chumbo segura?</p> <p>E01: Professora, se por exemplo tivéssemos uma radiação muito forte, mais forte que a Gama, ela poderia conseguir atravessar o chumbo?</p> <p>E04: Professora, então como a radiação solar acontece nesse caso, ela é capaz de passar tipo assim? <i>Ele aponta para o papel tentando falar da capacidade de penetração (papel, alumínio e chumbo).</i></p>

Fonte: Elaborado pela autora.

Após a exibição dos vídeos os estudantes não levantaram nenhum questionamento a respeito do que foi mostrado. A professora utilizou o projetor para exibir a imagem mostrada na Figura 22 e dar continuidade em suas explicações a respeito dos tipos de radiação de

modo a relacionar a parte histórica retratada nos vídeos e o desenvolvimento nos estudos científicos a respeito. Nesse momento alguns estudantes levantaram alguns questionamentos durante a aula, mas podemos perceber que eles ficaram presos a exemplificar o seu pensamento e embasar suas explicações apenas na Figura 22. Os estudantes relacionaram que a radiação alfa seria o tipo de radiação a qual denominaram de “fraca” na aula 1, já que a imagem mostra que essa radiação pode ser barrada por um anteparo de papel, assim como eles concluem que a radiação beta possui uma “força” maior que a alfa e menor que gama. Como na imagem é mostrado que a radiação gama consegue atravessar os anteparos de papel e alumínio, eles concluíram que ela é mais “forte” que as demais. Dessa forma os estudantes, utilizam como base inicialmente as relações entre os conhecimentos prévios e os conhecimentos teóricos aprendidos, para posteriormente ampliar seus argumentos com os conhecimentos adquiridos em defesa de suas ideias.

9.2.3 Aula 3

Nessa aula ocorreu a atividade de debate, propiciando a aplicação do conhecimento, característica do ensino investigativo, descrita por Carvalho (2013). Foi dada continuidade ao desenvolvimento da narrativa proposta por Aguiar Junior (2005), com o objetivo de dar oportunidades aos estudantes de falar e pensar com as novas ideias e conceitos, em pequenos grupos e por meio de atividades com a toda a classe, dar suporte aos estudantes para produzirem significados individuais, internalizando essas ideias e dar suporte aos estudantes para aplicar as ideias ensinadas a uma variedade de contextos e transferir aos estudantes controle e responsabilidade pelo uso dessas ideias.

Observamos diferenças nas falas dos estudantes após serem questionados durante o debate em comparação a quando foram levantados questionamentos na primeira aula. Na primeira aula, ao serem questionados sobre o que é radiação, utilizavam de exemplos de acidentes como o de Chernobyl e o uso de bombas atômicas para evidenciar a presença da radiação. Já durante o debate foi possível observar que ao responderem os questionamentos eles não mais utilizavam de exemplos, mas sim de conceitos da área de ciências sobre radiação. Também em suas frases houve uma melhor articulação de ideias utilizando dos conceitos já trabalhados nas aulas anteriores com os seus conhecimentos prévios e exemplos já mencionados. Assim fica evidente que as atitudes dos estudantes durante o debate mostraram que reconheceram que também são responsáveis pelo processo de construção do seu aprendizado.

As categorias identificadas nessa aula são mostradas nos Quadros 26 a 28.

Quadro 26: Categoria emergente Quantificação e unidades de sentido.

Categoria	Subcategorias	Unidades de sentido
Quantificação	<p data-bbox="448 510 619 577">Exposição à radiação</p> <p data-bbox="448 651 630 719">Intensidade da radiação</p>	<p data-bbox="667 353 1442 595">E05: Assim como vocês apresentaram, as usinas nucleares têm diversos problemas. Entre elas doenças. Elas podem prejudicar os humanos de várias maneiras, assim como a natureza com lixo tóxico como o E19 falou. Mas tem várias maneiras de resolver nesse caso que vocês falaram. É só você criar uma usina nuclear distante de qualquer área civilizada com os humanos.</p> <p data-bbox="667 667 1442 875">E19: Se uma usina nuclear for criada, é melhor ser criada em uma área afastada, pois que seja afastada, por mais que seja afastada da população a usina emite gases, esses gases podem subir para a atmosfera e ir para alguns lugares, assim como acontece com alguns gases que são levados pelo próprio vento, para áreas populosas e até mesmo matas.</p>

Fonte: Elaborado pela autora.

Como mencionado anteriormente, houve diferenças nas falas dos estudantes quando comparamos a terceira aula com a primeira. Mesmo após alguns conceitos da área de ciências serem trabalhados nas aulas anteriores, os estudantes ainda utilizam de uma categoria cujo surgimento foi observado na primeira aula para dar suas explicações a respeito de como a radiação pode estar presente na sociedade. Isso fica evidente no recorte da categoria Quantificação.

Na primeira aula eles criaram uma escala para utilizar como orientação para mencionar a quantidade de exposição à radiação ou a intensidade que o ser humano é capaz de receber sem maiores consequências. Na terceira aula eles não utilizam mais a escala criada por eles e buscam mostrar um arranjo de informações novas ou já elencadas anteriormente, evidenciando seu conhecimento de que é importante o desenvolvimento tecnológico proporcionado pelas usinas nucleares em benefício da sociedade, mas é necessário manter uma distância que eles quantificam como segura.

Quadro 27: Categoria emergente Impactos e unidades de sentido.

Categoria	Subcategoria	Unidades de sentido
Impactos	Acidentes nucleares	<p>E20: Essa energia, além de ficar mais cara do que ela já é, uma usina, ao ser explodida, ela pode gerar consequências até 50km de distância dela.</p> <p>E19: Se uma usina nuclear for criada, é melhor ser criada em uma área afastada, pois que seja afastada, por mais que seja afastada da população a usina emite gases, esses gases podem subir para a atmosfera e ir para alguns lugares, assim como acontece com alguns gases que são levados pelo próprio vento, para áreas populosas e até mesmo matas.</p> <p>E19: (...) mas por mais que seja afastada de uma população ainda tem o ambiente. (...) então é melhor continuarmos aqui até a gente poder pular esse processo de perigo e arrumar algum jeito de conter esse tipo de energia. Então se um dia a gente começar a usar em várias cidades a energia radioativa a gente deveria pelo menos ter mais segurança, que não apenas isolar essas coisas, então é preferível você estudar mais antes de colocar essa ideia em processo, em ação.</p>
	Câncer e mutações	<p>E05: Assim como vocês apresentaram, as usinas nucleares têm diversos problemas. Entre elas doenças. Elas podem prejudicar os humanos de várias maneiras, assim como a natureza com lixo tóxico como o E19 falou. Mas tem várias maneiras de resolver nesse caso que vocês falaram. É só você criar uma usina nuclear distante de qualquer área civilizada com os humanos.</p> <p>E14: Gostaria de falar mais algumas coisas a respeito que a radiação pode trazer, professora: alteração da produção de sangue, diminuição da resistência imunológica e o surgimento de diversas doenças como câncer, alterações gastrointestinais, problemas na medula óssea, infertilidade e má formação de óvulos reprodutores.</p>
	Lixo nuclear	<p>E05: Assim como vocês apresentaram, as usinas nucleares têm diversos problemas. Entre elas doenças. Elas podem prejudicar os humanos de várias maneiras, assim como a natureza com lixo tóxico como o E19 falou. Mas tem várias maneiras de resolver nesse caso que vocês falaram. É só você criar uma usina nuclear distante de qualquer área civilizada com os humanos.</p> <p>E05: O lixo tóxico já tem um método de se armazenar. De armazenar não, de se retirar adequadamente. A primeira etapa para o descarte ser feito de uma forma segura é colocando os resíduos em uma embalagem apropriada para a contenção de</p>

		radiação, e esse material deve ser armazenado em um local protegido por paredes espessas de concreto (...)
--	--	--

Fonte: Elaborado pela autora.

Na aula 1 fica evidente a preocupação dos estudantes sobre os impactos da radiação e radioatividade na sociedade, já que eles estavam muito presos ainda apenas aos acidentes radioativos e não apresentaram soluções para desenvolver tecnologias relacionadas à radiação e radioatividade sem afetar a sociedade e o meio ambiente.

Na aula 3 observamos um olhar diferente dos estudantes ao abordarem a categoria impactos. Os estudantes não apenas mencionaram a respeito dos acidentes radioativos, mas ressaltaram ser possível desenvolver tecnologias provenientes dos estudos relacionados à radiação e radioatividade para o progresso da sociedade e propuseram soluções e meios de extrair os benefícios minimizando os riscos. Ainda na terceira aula foi possível observar o surgimento de uma terceira subcategoria relacionada aos impactos, denominada lixo nuclear. Consideramos que o surgimento dessa subcategoria se deu pelas pesquisas realizadas pelos estudantes para realização da atividade 3 ao pesquisarem sobre o tema do debate, mostrando uma autonomia dos mesmos na construção do seu próprio conhecimento.

Quadro 28: Categoria emergente Aplicação e unidades de sentido.

Categoria	Subcategorias	Unidades de sentido
Aplicação	Aplicações médicas Bomba atômica	E05: A compensação depende muito. Primeiramente, a energia nuclear já teve bastante avanço. A gente pode ver isso na medicina, é só você olhar um raio-x, e também a gente pode ver isso em outros lugares. A própria bomba atômica, mesmo que seja um avanço de uma arma, ela pode provar um poder de destruição. E tudo tem uma contraparte. Se você pode usar ela em um modo de destruição, você pode usar ela em um modo que pode ajudar as pessoas. Ou seja, é só você usar ela do modo certo que qualquer coisa, qualquer coisa não, que ela conseguiria evoluir para algo que valeria a pena.
	Usinas nucleares	E19: Ao falar de usinas nucleares, o custo de fazer essa energia chegar numa cidade, por exemplo se a distância for muito grande de uma cidade a outra, a energia nuclear para chegar na cidade ou em outro lugar em uma fábrica, o custo vai ser duas vezes mais caro, que já não é se já estiver perto da cidade. E05: Os riscos da criação de uma usina e melhorar a tecnologia valem a pena? Na minha opinião sim! Pois conseguimos com estudos combater os riscos, então conseguiríamos as partes boas.

Fonte: Elaborado pela autora.

Nessa categoria, nos recortes retratados, podemos observar que os estudantes relacionam o tema do debate aos avanços tecnológicos e suas aplicações na sociedade. Na aula 1 os estudantes apenas citavam fatos já ocorridos a respeito das aplicações de radiação e radioatividade na sociedade. Na aula 3 os estudantes abordam as aplicações relacionadas à radiação e radioatividade como um progresso de pesquisas e estudos realizados ao longo dos anos e mostram compreender que o domínio sobre a radiação e radioatividade e a possibilidade de utilizá-las em benefício da sociedade está relacionada aos avanços tecnológicos alcançados até o momento e que esses podem se estender no futuro.

9.2.4 Aula 4

Assim como na análise dos resultados na perspectiva do ensino por investigação e dos indicadores da alfabetização científica o áudio da aula 4 foi descartado porque não trouxe contribuições para a pesquisa.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo foi utilizado o tema radiação para a elaboração, validação, desenvolvimento e análise de uma sequência de ensino investigativa (SEI) para estudantes da Educação Básica. Para isso foi realizado um estudo teórico sobre Ensino por investigação, Alfabetização científica, CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e Ensino de Ciências. Com base nesses estudos teóricos foram elaboradas quatro atividades para compor a Sequência de Ensino com a temática Radiação em uma abordagem de ensino investigativa e enfoque CTS utilizando vídeos, imagens e textos fictícios e não fictícios. A sequência passou por um processo de validação por tutores de um Curso de Especialização em Educação em Ciências do CECIMIG/FaE/UFMG e estudantes da Licenciatura em Química da UFMG. Após reelaboração considerando as contribuições dos tutores e estudantes a sequência de ensino foi aplicada em uma turma de 8º ano do Ensino Fundamental II. Para análise de dados foram utilizados gravadores de áudio durante as aulas e foi aplicada a metodologia de análise de dados ATD para buscar indícios de alfabetização científica. Finalmente, se fez necessária a reelaboração de algumas atividades que compunham a sequência de ensino para a elaboração do produto final dessa pesquisa.

A primeira versão da SEI foi elaborada apenas com base nos referenciais teóricos estudados. Para o processo de aprimoramento da sequência, essa passou por um processo de validação com professores do Curso de Especialização em Educação em Ciências do CECIMIG/FaE/UFMG e com estudantes da Licenciatura em Química da UFMG. Suas contribuições se configuraram em uma nova ordem para as atividades a qual melhor evidenciou as características investigativas, além de estimular um interesse maior por parte dos estudantes no início da aplicação da sequência. Também foram sugeridas as substituições de alguns textos e vídeos utilizados para que não ficasse exaustiva sua apresentação durante as aulas e de forma a proporcionar uma melhor interação dos estudantes por meio de discussões em sala.

A sequência de ensino foi reelaborada e aplicada em uma turma do 8º ano do Ensino Fundamental II, onde foram coletados os dados. Para isso foram utilizados 3 gravadores de áudio durante as aulas localizados na frente, no meio e no fundo da sala para melhor captação dos áudios das falas da professora e dos estudantes. Esses áudios foram posteriormente ouvidos e transcritos para posterior análise.

Na aula 1 os estudantes se mostraram ansiosos no início da aplicação da sequência pois era uma atividade diferente das demais realizadas ao longo do ano letivo. Inicialmente, quando foi realizado o questionamento referente à problematização presente na sequência de ensino, os estudantes se mostraram preocupados em responder corretamente e se mostraram pouco participativos, talvez por estarem acostumados a aulas de métodos

tradicionais em que o professor é detentor do conhecimento e autoridade, conforme descrito por Castro (2016). Assim a abordagem inicial da sequência apresentada tem como objetivo mudar esse paradigma, tirando os estudantes da posição de apenas expectadores. Para isso a professora teve o cuidado de mostrar a eles que o objetivo não era obter respostas certas ou erradas, mas que ocorreria um processo de construção do conhecimento que se daria ao longo da aplicação da sequência. Com isso os estudantes mostraram um maior engajamento, bem como houve um maior número de estudantes que participaram das discussões.

A utilização de textos de super-heróis como uma introdução do tema colaborou para despertar o interesse dos estudantes sobre o assunto radiação e radioatividade, por ser um assunto bastante presente em sua faixa etária, corroborando com Ricardo (2003) ao apontar que a motivação do estudante pode ser estimulada quando o tema abordado desperta seu interesse, fazendo com que ele encontre na aprendizagem a satisfação de sua necessidade de conhecimento. Muitos estudantes sabiam que nas histórias em quadrinhos e nos filmes os personagens Hulk e Homem-Aranha haviam sido transformados pela exposição à radiação, mas ainda não haviam associado que estaríamos tratando na aula sobre a mesma radiação retratada na ficção. Em seguida, com a leitura dos outros dois textos já de cunho não fictício eles conseguiram relacionar a radiação abordada nos textos com as aplicações dessa no seu cotidiano, como exames de raio-x e tratamentos contra o câncer. Medeiros e Lobato (2010) explicitam a importância de relacionar fatos presentes no cotidiano dos estudantes por dar sentido ao que eles estão aprendendo e os ajudar a estabelecer conexões entre o que está sendo ensinado e sua experiência diária.

Santos (2018) mostra em seu trabalho que ao utilizar da história da ciência é possível proporcionar condições para o processo de ensino e aprendizagem de ciências. Assim, a aula 2 teve início com a exibição de dois vídeos sucintos que abordavam a história relacionada à descoberta da radiação e radioatividade. Após a exibição dos vídeos foram utilizadas imagens para explicação do conteúdo de tipos de radiação e decaimento radioativo. Segundo Callegario et al (2017), o uso da imagem é um recurso didático que necessita de mediação do professor e faz parte do processo de construção da ciência pois as imagens estão presentes no cotidiano dos estudantes e os mesmos precisam saber realizar a leitura dessas imagens para o processo de desenvolvimento de sua aprendizagem. A utilização da imagem escolhida para explicação dos tipos de radiação não proporcionou que os estudantes tivessem outros olhares, ficando atrelados ao conceito que os mesmos criaram de força associada a cada tipo de radiação (forte ou fraca), se fazendo necessária a escolha de uma outra imagem que possa mostrar os tipos de radiação sem induzir o conceito de força, mas destacando sua diferente natureza. Também se faz

necessário o acréscimo de uma aula para ser possível contemplar todo o planejamento proposto para a aula 2.

Segundo Ferraz e Sasseron (2017), ao criar um ambiente interativo de argumentação colaborativa é possível proporcionar aos estudantes o desenvolvimento de habilidades argumentativas diversas, bem como a capacidade de articular ideias. Assim, na aula 3 foi realizado um debate com o tema implantação de usinas nucleares no Brasil. A professora procurou intervir o mínimo possível durante essa aula, de forma a promover a autonomia dos estudantes nesse momento. Foi possível perceber o engajamento dos estudantes, bem como uma organização interna dos grupos. Cada grupo se dividiu da seguinte maneira: alguns eram responsáveis pela realização da pesquisa que embasaria a construção dos argumentos, outros eram responsáveis pela elaboração dos argumentos que compunham a réplica e outros ainda por representar o grupo durante as falas. Os estudantes do grupo do júri também ficaram tão engajados que, sem perceber, começaram a evidenciar sua posição na discussão, o que fez que a professora viesse a intervir como mediadora nesses momentos. Podemos compreender, conforme destacado por Ferraz e Sasseron (2017), que o conhecimento construído por cada estudante durante o debate é, simultaneamente, coletivo. Isso se deve ao fato de que o conceito científico em discussão, enquanto está sendo elaborado, está aberto a várias perspectivas e conhecimentos, da mesma forma que ocorre no avanço da ciência em si. Durante esse processo, diversas formas de saberes e pontos de vista podem ser integrados, enriquecendo a compreensão geral.

Segundo Pizarro e Lopes Junior (2015), a alfabetização científica envolve mais do que apenas ler textos científicos. O ato de “ler em ciências” abrange a interpretação da informação e sua conexão com os conhecimentos prévios do estudante. Da mesma forma, “escrever em ciências” vai além de simplesmente produzir textos científicos, incluindo a habilidade do estudante de articular seus conhecimentos, argumentos e dados das fontes de estudo em sua produção escrita. Na atividade realizada na aula 4, ocorreu uma maior evidência dos indicadores “ler em ciências” e “escrever em ciências”. No grupo responsável pela criação de produtos, cada dupla realizou sua pesquisa baseada em produtos existentes no mercado dentro de cada tema proposto para que assim pudessem criar seus próprios produtos. Já no grupo da elaboração de *fake news*, os estudantes buscavam notícias reais e atuais para realizar as modificações dentro da atividade proposta e criar suas *fake news*. Após a elaboração dos textos, houve a troca do material com os estudantes do outro grupo, momento esse que os deixou ansiosos por serem responsáveis pela avaliação do trabalho dos colegas, e que também proporcionou uma reflexão dos mesmos sobre o que foi desenvolvido durante a sequência. Contudo, o áudio gravado durante a aula foi descartado porque não trouxe contribuições para a pesquisa. Mesmo sendo instruídos a não apenas

escrever os textos, mas que compartilhassem suas ideias e participassem ativamente, os áudios gravados mostraram pouco conteúdo relevante e assuntos não condizentes com a pesquisa. Para realizar uma análise adequada dos dados, é importante ter informações e *insights*. Infelizmente, devido à falta de contribuições relevantes no áudio, sua inclusão na análise não seria produtiva para a pesquisa, assim, a decisão de descartar o áudio foi tomada para garantir a qualidade e validade dos dados analisados.

Um dos objetivos deste estudo foi analisar as contribuições de uma sequência de ensino investigativa sobre radiação e radioatividade na promoção da alfabetização científica. Através das explicações dos estudantes sobre os conhecimentos científicos aplicados durante a sequência investigativa, buscou-se evidenciar a importância da alfabetização científica como um processo contínuo e fundamental. Acredita-se que ao longo desse processo, os estudantes constroem os valores e habilidades necessários para se tornarem sujeitos conscientes, autônomos e capazes de interpretar o mundo, julgar e tomar decisões diante dos avanços científicos e tecnológicos. Isso permite que eles compreendam as ações e fenômenos que observam e vivenciam em seu dia a dia.

Segundo Silva e Sasseron (2021), o ensino de ciências como prática social em sala de aula requer uma abordagem didática que permita aos estudantes vivenciar processos de investigação, argumentação e situações relacionadas aos temas das Ciências Naturais. Isso os capacita a construir concepções sobre o que é a própria ciência e como suas práticas e valores podem ser aplicados na análise de outras situações do cotidiano. Dessa forma, a concepção de ensino de ciências como prática social se baseia na intenção de proporcionar aos estudantes a oportunidade de reconhecerem as ciências como uma área de conhecimento da humanidade. Não se trata apenas de tentar formar cientistas, embora isso possa ser uma consequência para alguns estudantes, mas sim de uma perspectiva formativa que busca oferecer aos estudantes acesso a uma nova cultura, a cultura científica.

Com base nessa pesquisa foi possível constatar que a aplicação de uma sequência de ensino investigativa, composta por quatro momentos pedagógicos que utilizaram vídeos, imagens, debate, pesquisas e leituras como estratégias de ensino, demonstrou ser eficaz na promoção dos indicadores de alfabetização científica. Para que isso ocorra, é fundamental que o professor possua conhecimento não apenas do conteúdo a ser ensinado, mas também sobre alfabetização científica, radiação e radioatividade, bem como abordagens de Ensino por Investigação e Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Ao analisar os indicadores de alfabetização científica presentes nas interações dos estudantes, com a finalidade de destacar a importância de compreender as aplicações dos conhecimentos construídos por eles, verificou-se que alguns estudantes conseguiram contextualizar os problemas relacionados ao tema e suas possíveis repercussões. Isso indica que eles foram capazes de relacionar os conceitos aprendidos em sala de aula com

situações do mundo real e entender as consequências desses fenômenos científicos. Pode-se verificar também algumas propostas de melhoria e alternativas para os problemas levantados durante a atividade da aula 3.

É importante ressaltar que a sequência de ensino investigativa proposta concretizou algumas das habilidades necessárias para alcançar a alfabetização científica. Ao proporcionar aos estudantes situações em que eles precisaram questionar suas concepções prévias e construídas sobre os temas abordados, eles demonstraram, por meio do processo de argumentação e das atividades realizadas, a apropriação de diversos conceitos científicos. Além disso, eles perceberam que têm a capacidade de expressar opiniões, assumir posições e até propor soluções para situações do seu cotidiano.

Compartilhamos da mesma visão de Sasseron e Carvalho (2008) sobre a importância de envolver os estudantes na prática da ciência, oferecendo-lhes não apenas noções de conceitos científicos, mas também oportunidades desde cedo para uma formação que os capacite a se tornarem cidadãos. Essa formação, necessariamente, ocorre no ambiente escolar, encontrando um espaço privilegiado nas aulas de ciências.

Dessa forma, é fundamental que as aulas de ciências proporcionem aos estudantes a oportunidade de questionar e investigar fenômenos relacionados ao seu cotidiano. Isso permitirá que eles dominem e apliquem os conhecimentos construídos em diversas áreas de suas vidas, buscando benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio ambiente. Essa abordagem vai além da simples reprodução e fornecimento de noções e conceitos científicos. Ao considerarem-se como parte integrante do ambiente e ao sugerirem soluções para os problemas, os estudantes se reconhecem como cidadãos capazes de tomar decisões, debater, argumentar e propor alternativas.

O professor deve ter em mente que as atividades que compõem a sequência de ensino investigativa têm o potencial de representar o conteúdo trabalhado, pois abordam os conceitos científicos e termos técnicos sobre radiação e radioatividade. No entanto, essas atividades só serão significativas para os estudantes se puderem internalizar sua aprendizagem, ou seja, se ao serem explicadas, puderem ser ampliadas e permitirem o acréscimo de conhecimento e um maior nível de consciência, questionamento e posicionamento. Para o professor, será importante diagnosticar e relacionar o conhecimento do estudante com o indicador de alfabetização científica correspondente, a fim de ajudar a superar os diversos níveis por meio de intervenções e questionamentos adequados.

Para alcançar esse objetivo, é essencial realizar atividades que promovam discussões e vão além da simples apresentação de dados e conclusões. Essas atividades devem focar o desenvolvimento de habilidades próprias das ciências e do método científico. Acreditamos que a aplicação da sequência de ensino investigativa contribuiu para

a promoção da alfabetização científica, levando em consideração as especificidades do ensino de ciências para a turma do 8º ano do Ensino Fundamental.

Com base nos resultados apresentados, esta pesquisa evidencia que o trabalho com as ciências no ensino fundamental possibilita a promoção da alfabetização científica de maneira articulada com atividades como levantamento de problematização com discussão em sala de aula, debate e produção de textos, tornando-se um instrumento de verificação da aquisição de conhecimentos e avaliação de sua ocorrência de acordo com os indicadores de alfabetização científica. No entanto, é importante levar em consideração algumas limitações que podem interferir nos resultados almejados, como o tempo limitado para o desenvolvimento dos temas abordados e a falta de oportunidade para exercitar a técnica da revisão por pares prevista para a atividade 4.

Para concretizar tais ações pedagógicas nas escolas, é necessário introduzir e ampliar o conhecimento sobre sequências de ensino investigativas, metodologias de ensino por investigação, CTS e alfabetização científica na formação inicial de professores. Além disso, é fundamental oferecer cursos de formação continuada para os professores, visando a expansão de seus conhecimentos em relação às novas metodologias de ensino. Dessa forma, os educadores estarão mais preparados para implementar práticas pedagógicas com metodologias de abordagem investigativa que promovam a alfabetização científica entre os estudantes.

Para adotar novas metodologias de ensino que promovam a alfabetização científica na educação básica, é necessário alterar a perspectiva em relação às formas de atuação em sala de aula. São necessárias mudanças que permitam incorporar práticas e abordagens metodológicas diferenciadas na ação docente, visando tornar o ensino de ciências mais atrativo, significativo e capaz de estimular a criticidade, a tomada de decisão e a autonomia intelectual dos estudantes.

Como pesquisadora, participar desse processo de elaboração, validação e aplicação da sequência contribuiu de maneira significativa ao proporcionar momentos de reflexão sobre minha prática docente. Desde o início da pesquisa, ao estudar os referenciais teóricos, já surgiram momentos de reflexão de que diferentes metodologias poderiam ser adotadas para abordar o conteúdo de ciências. O compartilhamento de ideias com os professores tutores do curso de especialização e com os estudantes de licenciatura me mostrou que é necessário pensar em diferentes perfis de escolas e estudantes, e isso me fez refletir nos recursos que posso utilizar para esses diferentes perfis. Durante essa interação, os mesmos contribuíram destacando que com recursos simples como histórias em quadrinhos ou fatos noticiados é possível realizar aulas que despertam interesse nos estudantes, os fazendo se tornarem agentes ativos de seu aprendizado. O mais difícil para mim, como professora, foi abrir mão do paradigma de que estar na sala de aula é estar

constantemente atrelada aos conteúdos propostos nos materiais e livros didáticos. No momento em que consegui expandir minha visão de que ensinar poderia estar além de meras repetições conteudistas, foi quando consegui de fato compreender que o professor não é o único detentor do conhecimento e que seu papel na sala de aula é orientar o estudante para o desenvolvimento de habilidades. Isso se refletiu inclusive em uma grande evolução entre a primeira versão da sequência de ensino proposta e a versão final apresentada nesse trabalho, pois consegui reelaborar a sequência com esse novo olhar.

Espera-se com esse trabalho expandir a divulgação dos estudos sobre ensino por investigação e abordagens de Ciência, Tecnologia e Sociedade, visando promover a alfabetização científica e estimular novas pesquisas nessa área. Almejamos oferecer uma contribuição mais significativa para estudantes e professores de ciências, incentivando seu engajamento e proporcionando um maior desenvolvimento de investigações relacionadas.

11. REFERÊNCIAS

- AGUIAR JUNIOR, O. **O planejamento do ensino**. Projeto Escolas-Referência. Módulo 2. SEEMG, 2005.
- ALVARENGA, M. P. F. **A qualidade do ar: propostas de trabalho de investigação e alfabetização científica**. Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional Educação e Docência) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2018.
- ALVES, R.; FONSECA, G. R. S. Transposição do Rio São Francisco – o uso da controvérsia controlada como meio de promover aproximações entre o enfoque educacional CTS e educação ambiental crítica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 3, p. 211–231, 2018.
- ANDRADE, G. T. B. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p. 121-138, Abr. 2011.
- AMARAL, C. L. C.; XAVIER, E. da S.; MACIEL, M. D. Abordagem das relações ciência/tecnologia/sociedade nos conteúdos de funções orgânicas em livros didáticos de química do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 1, p. 101–114, 2016.
- ARAÚJO, D. L. O que é (e como faz) sequência didática? **Entrepalavras**, Fortaleza, v.3, n.1, p. 322-334, 2013.
- AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. Tese (Doutorado em Educação: Ensino de Ciências) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. 248 p.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte). v.3, n.1, junho, 2001.
- AZEVEDO, L.; FIREMAN, E. C. Sequência de ensino investigativa: problematizando aulas de ciências nos anos iniciais com conteúdos de eletricidade. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 8, n. 2, p. 143-161, 5 jul. 2017.
- BAPTISTA, S. G.; CUNHA, M. B. Estudo de usuários: visão global dos métodos de coleta de dados. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p. 168-184, maio/ago. 2007.
- BARBOSA, L. C. A.; BAZZO, W. A. O uso de documentários para o debate ciência-tecnologia-sociedade (CTS) em sala de aula. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2021.
- BARCELLOS, L. da S.; COELHO, G. R. Uma análise das interações discursivas em uma aula investigativa de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sobre medidas protetivas contra a exposição ao sol. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 1, p. 179–199, 2019.
- BARROW, L. H. A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, n. 3, p. 265-278, 2006.

BENTO, A. Investigação quantitativa e qualitativa: Dicotomia ou complementaridade?. **Revista JA**, nº 64, ano VII, 2012.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

BORGES, C. O., BORGES, A. P. A., SANTOS, D. G., MARCIANO, E. P., BRITO, L. C. C., CARNEIRO, G. M. B., NUNES, S. M. T. Vantagens da utilização do ensino CTSA aplicado à atividades extraclasse. **XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ)**. 2010.

BRANDI, A.T.E., GURGEL, C.M.A., A Alfabetização Científica e o Processo de Ler e Escrever em Séries Iniciais: Emergências de um Estudo de Investigação-Ação”, **Ciência & Educação**, v.8, n.1, p. 113-125, 2002.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação; Conselho Pleno. **Parecer nº 11, de 30 de junho de 2009**. Proposta de experiência curricular inovadora do Ensino Médio. Diário Oficial da União, Brasília, 25 de agosto de 2009, Seção 1, p. 11.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação; Câmara de Educação Básica. **Parecer nº 11, de 7 de julho de 2010**. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental de 9 (nove) anos. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de dezembro de 2010, Seção 1, p. 28.

BRASIL, **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Versão homologada. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017.

BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. de. Competências e formação de docentes dos anos iniciais para a educação científica. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2021.

BRITO, L. O. de; FIREMAN, E. C. Ensino de ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do ensino fundamental. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2016.

BROWN, J. S.; A., COLLINS; DUGUID, P. Situated cognition and the culture of learning. **Educational Researcher**, v. 18, 1989, p. 32-42.

BUFFOLO, A. C. C.; RODRIGUES, M. A. Agrotóxicos: uma proposta socioambiental reflexiva no ensino de química sob a perspectiva CTS. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 1, p. 01–14, 2016.

BYBEE, R. Achieving scientific literacy. **The science teacher**, v. 62, n. 7, p. 28, 1995

BYBEE, R. W. Teaching science as inquiry. In: MINSTRELL, J.; VAN ZEE, E. Inquiring into inquiry learning and teaching in science. Washington: American Association for the Advancement of Science, 2000. p. 21-46.

BYBEE, R. W., DEBOER, G. E., Research on Goals for the Science Curriculum, In: GABEL, D.L.(ed.), **Handbook of Research in Science Teaching and Learning**, New York, McMillan, 1994.

CAJAS, F., Alfabetización Científica y Tecnológica: La Transposición Didáctica Del Conocimiento Tecnológico, **Enseñanza de las Ciencias**, v.19, n.2, 243-254, 2001.

CALLEGARIO, L. J.; JUNIOR, E. R.; OLIVEIRA, F. J. L.; MALAQUIAS, I. As Imagens Científicas como Estratégia para a Integração da História da Ciência no Ensino de

Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 3, p. 835–852, 2017.

CARDOSO, M. J. C.; SCARPA, D. L. Diagnóstico de elementos do ensino de ciências por investigação (DEEnCI): Uma ferramenta de análise de propostas de ensino investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1025–1059, 2018.

CARLETTO, M. R. Subsídios para uma prática pedagógica transformadora: contribuições do enfoque CTS. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, p. 507–525, 2010.

CARLETTO, M. R.; PINHEIRO, N. A. M. Subsídios para uma prática pedagógica transformadora: contribuições do enfoque CTS. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, p. 507–525, 2016.

CARNEIRO, M. H. S.; SANTOS, W. L. P.; MÓL, G. S. Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 35-45, 2005.

CARVALHO, A. M. P. et al. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. 1a. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

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**. 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. 3, p. 765–794, 2018.

CARVALHO, C. S. C. de; RAMALHO, B. L. O ensino das ciências da natureza nos anos iniciais da escolarização básica: das necessidades formativas à profissionalização docente. **Revista Entre ideias: educação, cultura e sociedade**, v. 7, n. 3, 2018.

CASTRO, V. L. Ensino por investigação na realidade da Educação Básica. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, vol. 2, nº 04, 2016.

CHASSOT, A., **Alfabetização Científica – Questões e Desafios para a Educação**, Ijuí, Editora da Unijuí, 2000.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**. FapUNIFESP (SciELO), Apr. 2003.

CLEMENT, L.; CUSTÓDIO, J. F.; ALVEZ FILHO, J. P. Potencialidades do ensino por investigação para Promoção da motivação autônoma na educação científica. Alexandria - **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.8, n. 1, p.101-129, 2015.

CLEOPHAS, M. G. Ensino por investigação: concepções dos alunos de licenciatura em Ciências da Natureza acerca da importância de atividades investigativas em espaços não formais. **Revista Linhas**, v. 17, n. 34, p. 266-298, 2016.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, Set. 2013.

COSTA, E. O.; LIMA, R. C. S.; SANTOS, J. C. O. A importância dos livros didáticos no ensino de química: um análise dos livros didáticos na escola estadual Orlando Venâncio dos Santos. **Congresso Nacional de Educação (CONEDU)**. 14 de outubro de 2015.

DEBOER, G. Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching**: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, v. 37, n. 6, p. 582-601, 2000.

DELIZOICOV, D.; LORENZETTI, L., Alfabetização científica no contexto das séries iniciais, **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.3, n.1, 37-50, março, 2001.

DEMASTEEES, S.; WADERSSE, J. H. Biological Literacy in a College Biology Classroom. **BioScience**, n. 42, p. 63-65, 1992.

DIAS, M. A.; VIANNA, D. M.; CARVALHO, P. S. A queda dos corpos para além do que se vê: contribuições das imagens estroboscópicas e da videoanálise para a alfabetização científica. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2018.

DÍAZ, J. A. A.; ALONSO, A. V.; MAS, M. A. M. Papel de la Educación CTS en una Alfabetización Científica y Tecnológica para todas las Personas, **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.2, n.2, 2003.

DOMINGUINI, F.; CLEMES, G.; ALLAIN, O. Análise do tema radioatividade nos livros didáticos do PNLDEM à luz da teoria da aprendizagem significativa e dos pressupostos C, T & S. **Revista Técnico Científica (IFSC)**. v. 3, n. 1, p. 455-466, 2012.

DUSCHL, R. Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic, and Social Learning Goals. **Review of Research in Education**, v. 32, n. 1, p. 268-291, 2008.

FABRI, F.; SILVEIRA, R. M. C. F. O ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sob a ótica CTS: uma proposta de trabalho diante dos artefatos tecnológicos que norteiam o cotidiano dos alunos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 1, p. 77-105, 2016.

FARIA, W. D. B. et. al. O PIBID/Química UEL - Um Relato de Experiência na Escola: Abordando o Tema Radioatividade. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química e X Encontro de Educação Química da Bahia, 2012, Salvador. **Anais...**, Salvador, 2012.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 19, 2017.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. **GT 2 - Experimentação**. Apresentação no I Encontro Paulista de Pesquisa em Ensino de Química, 2004.

FERREIRA, A. F.; VIANA, G. C.; CORREIA, S. L. C. P.; SANTOS, T. C. A pesquisa aplicada em educação: uma experiência de intervenção na educação básica de Salvador/BA. **Congresso Nacional de Educação (CONEDU)**. 18 a 20 de setembro de 2014.

FLEURY M. T.; WERLANG S. R. C. Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens. **Anuário de Pesquisa GVPesquisa 2016-2017**, 2016.

FOUREZ, G. **Alphabétisation Scientifique et Technique – Essai sur les finalités de l’enseignement des sciences**, Bruxelas: DeBoeck-Wesmael, 1994.

FRANCO, D. L. A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio. **Revista Triângulo**, v.11, n. 1, 2018.

FREITAS, W. P. S. D.; QUEIRÓS, W. P. D. O Uso de audiovisuais problematizadores no processo de investigação temática como meio para obtenção do tema gerador. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 22, 2020.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, L. What are authentic practices? Analysis of students’ generated projects in secondary school. In: Annual Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia, PA, march, 2010. **Anais...** Philadelphia, PA: Elsevier Saunders, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 128p.

HETKOWSKI, T. M. Mestrados profissionais educação: Políticas de implantação e desafios às perspectivas metodológicas. **Plurais - Revista Multidisciplinar**, v. 1, n. 1, 2016.

HIRSCH, E. D. **Cultural Literacy**. Boston: Houghton Mifflin Company, 1987.

HURD, P. D. Science Literacy: Its Meaning for American Schools. **Educational Leadership**, n. 16, p. 13-16, 1958.

KUHN, T. S. **The Structure of Scientific Revolutions**. Chicago: The University of Chicago Press, 1996.

LEITÃO, S. Processos de construção do conhecimento: A argumentação em foco. **Proposições**, v. 18, n. 54, p. 75-92, 2007.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACIEL, F. G.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. de M. Pesquisas em ensino de ciências com metodologia interventiva: o que fazem os pesquisadores da área? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2018.

MALTA, F. L.; DORVILLÉ, L. F. M.; NASCIMENTO, T. G. Alfabetização científica e enfoque CTS na visão de licenciandos em ciências biológicas: uma análise de grupo focal. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, p. 98–121, 2020.

MAMEDE, M.; ZIMMERMANN, E., Letramento Científico e CTS na Formação de Professores para o Ensino de Física, trabalho apresentado no XVI SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Luís. **Anais...**, 2007.

MATOSO, C. M.; FREIRE, A. M. M. da S. Percepções de alunos sobre a utilização de tarefas de investigação em aulas de química. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2021.

MEDEIROS, E. A.; AMORIM, G. C. C. Análise textual discursiva: dispositivo analítico de dados qualitativos para a pesquisa em educação. **Laplace em Revista**, v.3, n.3, p247-258, 2017.

MEDEIROS, M. de A.; LOBATO, A. C. Contextualizando a abordagem de radiações no ensino de química. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 12, n. 3, dez. 2010.

MICHEL, M. H. **Metodologia e Pesquisa Científica em Ciências Sociais**. São Paulo: Atlas, 2005.

MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p. 146-164, dez. 2003.

MILLER, J. Scientific literacy: A conceptual and empirical review. **Daedalus: Journal of the American Academy of Arts and Sciences**, v. 112, n. 12, p. 29-48, 1983.

MILLI, J. C. L.; SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. A análise textual discursiva na investigação do tema gerador: por onde e como começar? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, p. 200–229, 2018.

MINAS GERAIS, **Currículo Referência de Minas Gerais**, SEE/MG - Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, 2018.

MINAYO, M. C. de (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 30. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2011.

MIRANDA, M. de S.; MARCONDES, M. E. R.; SUART, R. de C. Promovendo a alfabetização científica por meio de ensino investigativo no ensino médio de química: contribuições para a formação inicial docente. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2021.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v.9, n.2, p.191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. D. **Análise Textual Discursiva**. Editora Unijuí, 3a ed., 2020.

MORENO-RODRÍGUEZ, A. S.; DEL PINO, J. C. O enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS) na reconstrução da identidade profissional docente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, p. 90–119, 2019.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20- 39, 1996.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273–283, abr. 2000.

MORTIMER, E. F. e SANTOS, W. L.P . Políticas e práticas de livros didáticos de química: o processo de constituição da inovação x redundância nos livros didáticos de química de 1833 a 1987. In: ROSA, M. I. P. e ROSSI, A. V. (org). *Educação Química no Brasil: memórias, política e tendências*. Campinas: Editora Átomo, 2ª ed., p. 85-104, 2012.

MUNAKATA, K. O livro didático como mercadoria. **Pro-Posições**, v. 23, n. 3, 51-66, 2012.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências** (Belo Horizonte), 9(1), 89–111, 2007.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa – Características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 3, 1996.

NOGUEIRA, A. V. P. **Solubilidade de gases: Uma proposta de ensino de química por meio da investigação e contextualização do conceito de solubilidade**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

NORRIS, S. P., PHILLIPS, L. M., How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy, **Science Education**, v. 87, n. 2, 224-240, 2003.

NUNES, L. D.; MESQUITA, N. A. S. O tema radioatividade nas Revistas da SBQ e as possíveis contribuições para o Ensino de Radioatividade na Educação Básica, **Química Nova na Escola**, v.44, n.4, 2022.

OLIVEIRA, M. M. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

OLIVEIRA, E. M.; ALMEIDA, A. C. P. C. O espaço não formal e o ensino de ciências: um estudo de caso no centro de ciências e planetário do Pará. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 3, p. 345–364, 2019.

OLIVEIRA, M. B. C.; CANTANHEDE, L. B.; CANTANHEDE, S. C. S. Investigando aproximações entre textos de divulgação científica e livros didáticos de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 3, p. 601–615, 2020.

OLIVEIRA, C. S.; FIREMAN, E. C.; BASTOS FILHO, J. B. Vigotsky, Bachelard e o ensino de ciências. **Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación**, n. 04, p. 070-074, 15 dez. 2017.

OLIVEIRA, S.; GUIMARÃES, O. M.; LORENZETTI, L. O ensino de química e a qualidade do ar interior: análise de uma proposta de abordagem temática com enfoque CTS. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 3, p. 521–553, 2016.

PALMEIRA-MELLO, M. V; CHACON, E. P. A radioatividade em uma abordagem CTS através de uma sequência didática. **Areté**, v. 13, n. 27, 2020.

PEDRUZZI, A. D. N.; SCHMIDT, E. B.; GALIAZZI, M. do C.; PODEWILS, T. L. Análise Textual Discursiva: os movimentos da metodologia de pesquisa. **Atos de Pesquisa em Educação**. Fundação Universidade Regional de Blumenau, 16 Sep. 2015.

PELICHIO, A. F. Irradiando Conhecimento: uma abordagem da radioatividade para o Ensino Médio. In: 1º Congresso Paranaense de Educação em Química, Paraná, 2019. **Anais...**, Paraná, 2009.

PENICK, J. E. Ensinando “alfabetização científica.” **Educar em Revista**. FapUNIFESP (SciELO), Dec. 1998.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: A relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n.1, p. 71-84, abr. 2007.

PINTO, R. M. **Uma proposta de sequência de ensino para o estudo da grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol**. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Educação e Docência) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

PIRES, E. A. C.; COSTA, E. P. S.; MOREIRA, A. L. O. R. Abordagem CTS no ensino de ciências: o que dizem as publicações acadêmicas sobre a formação inicial docente para os anos iniciais do ensino fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 27, n. 2, p. 176–196, 2022.

PIZARRO, M. V. **Alfabetização científica nos anos iniciais: necessidades formativas e aprendizagens profissionais da docência no contexto dos sistemas de avaliação em larga escala**. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2014.

PIZARRO; LOPES JUNIOR. Indicadores de alfabetização científica: uma revisão bibliográfica sobre as diferentes habilidades que podem ser promovidas no ensino de ciências nos anos iniciais. **Investigações em Ensino de Ciências**, V20(1), pp. 208-238, 2015.

POSNER, G. J, et al. Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. **Science Education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

ROSA, T. F. da; LORENZETTI, L.; LAMBACH, M. Níveis de Alfabetização Científica e Tecnológica na avaliação de Química do Exame Nacional do Ensino Médio. **Educação Química em Punto de Vista**, v. 3, n. 1, 2019.

RAMOS, L. da C.; SÁ, L. P. A alfabetização científica na Educação de Jovens e Adultos em atividades baseadas no programa “Mão na Massa.” **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2021.

RICARDO, E.C. Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades. **Física na Escola**. São Paulo, v. 4, n. 1, p. 8-11, 2003

ROCHA, J. A.; SILVA, A. D. C. T. Compreensões de alunos de nível médio sobre descoberta: discussões em torno do episódio da descoberta da radioatividade em uma sequência de ensino e aprendizagem. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 2, pp. 56-71, 2019.

SÁ, E. F.; PAULA, H. F.; LIMA, M. A. C. C.; AGUIAR, O. G. As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências. **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Florianópolis, 2007.

SÁ, M. B. Z., SANTIN FILHO, O. Relações entre ciência, tecnologia e sociedade em livros didáticos de química. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 31, n. 2, p.159-166, 2009.

SANMARTÍN, J.; et al. **Estudios sobre sociedad y tecnología**. Barcelona: Anthropos, 1992.

SANTANA, U. S.; SEDANO, L. Práticas epistêmicas no ensino de ciências por investigação: contribuições necessárias para a alfabetização científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, n. 2, p. 378–403, 2021.

SANTOS, M. Uso da história da ciência para favorecer a compreensão de estudantes do ensino médio sobre ciência. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 641–668, 2018.

SANTOS, Y. B. **Professores de física e ensino CTS: um estudo sobre avaliação e adaptações de sequência de ensino sobre energia solar fotovoltaica**. Dissertação de Mestrado em Educação e Docência, UFMG, 2021.

SANTOS, V. G.; GALEMBECK, E. Sequência didática com enfoque investigativo: alterações significativas na elaboração de hipóteses e estruturação de perguntas realizadas por alunos do ensino fundamental I. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 879–904, 2018.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte). FapUNIFESP (SciELO), Dec. 2000.

SANTOS, W. L. P. e MORTIMER, E.F., Tomada de Decisão para Ação Social Responsável no Ensino de Ciências, **Ciência & Educação**, v.7, n.1, 95-111, 2001.

SANTOS, D. F.; PRUDÊNCIO, C. A. V. O uso de sequências didáticas no ensino sobre microrganismos: uma revisão da literatura em periódicos e eventos nacionais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 3, p. 577–600, 2020.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula**. Tese de Doutorado em Educação, USP, 2008.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências**, v. 17, p. 49-67, Nov. 2015.

SASSERON, L. H. Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em aula de ciências: análise de uma situação. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2021.

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, RS, v. 13(3), p. 333-352, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, 2011.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. Ensino de ciências e as práticas epistêmicas: o papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.

SHAMOS, M. The Flawed Rationale of Calls for Literacy. **Education Week**. p. 18, 22, 1988.

SILVA, V. R. da; LORENZETTI, L. A alfabetização científica nos anos iniciais: os indicadores evidenciados por meio de uma sequência didática. **Educação e Pesquisa**, FapUNIFESP (SciELO), 2020.

SILVA, A. R. da; MARCELINO, V. de S. **Análise Textual Discursiva (ATD): teoria na prática**. Encontrografia, 2022.

SILVA, M. B.; SASSERON, L. H. Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2021.

SILVA, M. S. B.; SILVA, D. M.; KASSEBOEHMER, A. C. Atividade investigativa teórico-prática de Química para estimular práticas científicas. **Química Nova na Escola**, v.41, n.4, 2019.

SIMÕES, B. D. S.; CUSTÓDIO, J. F. Elementos da relação com o saber de estudantes egressos de uma licenciatura em física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2020.

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. Investigando a significação de problemas em sequências de ensino investigativa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, p. 104–129, 2018.

SOUSA, R. S.; GALIAZZI, M. C. Compreensão acerca da Hermenêutica na Análise Textual Discursiva: marcas teórico-metodológicas à investigação. **Revista Contexto & Educação**, v. 31, n. 100, p. 33-55, 2016.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R. O processo de reflexão orientada na formação inicial de um licenciando de química visando o ensino por investigação e a promoção da alfabetização científica. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2018.

TEITELBAUM, K; APPLE, M. John Dewey. **Currículo sem Fronteiras**, v. 1, n. 2, p. 194-201, 2001.

TEIXEIRA, F. M. Alfabetização científica: questões para reflexão. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 4, p. 795-809, 2013.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Saraiva, 2009.

VASCONCELOS, F. C. G. C.; LEÃO, M. B. C. Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia *FlexQuest* sobre radioatividade. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 37–58, 2016.

VAZATA, P. A. V.; LIMA, N. W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H. Onda ou partícula? Um estudo das trajetórias ontológicas da radiação eletromagnética em livros didáticos de física da educação básica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2020.

VIEIRA, L. B. G.; FERNANDES, G. W. R.; MALDANER, O. A.; MASSENA, E. P. Situação de estudo: o que vem sendo publicado em eventos e periódicos da área de ensino de ciências? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2018.

VIZZOTTO, P. A.; PINO, J. C. D. O uso do teste de alfabetização científica básica no Brasil: uma revisão da literatura. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 2020.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

12. APÊNDICES

12.1 Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) para os estudantes de graduação

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Aos estudantes do curso de graduação em Química Licenciatura da Universidade Federal de Minas Gerais

Você está sendo convidado para participar de uma pesquisa no tema: “A radiação é vilã?”, com a participação da aluna do Mestrado Profissional Profissional em Educação e Docência da Faculdade de Educação da UFMG, professora de química, Bárbara Maxilene Lucas Lima.

A participação na pesquisa não envolverá qualquer natureza de gastos, tanto para V. Sa. quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados pela pesquisadora principal que também assume os riscos e danos que porventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos em sua companhia, durante o processo.

A professora elaborou uma sequência de ensino sobre o tema “Radiação” que irá abordar os diferentes aspectos do ensino, como as relações entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, as interações e o discurso em sala de aula, a argumentação em questões sócio-científicas relacionando Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) numa abordagem investigativa.

Solicitamos a sua resposta ao questionário com o objetivo de avaliar a sequência de ensino disponibilizada para a sua análise. Os dados obtidos em sua avaliação serão utilizados para constituir uma versão final do material didático com recomendações aos professores de Química/Ciências.

O objetivo é termos uma troca de experiências de modo que vocês possam contribuir por meio de suas vivências em sala de aula e na disciplina de Didática do Ensino de Química 2022/1. Para que vocês possam validar esse material, serão criados critérios de avaliação que deverão orientá-los durante o processo.

Entende-se que o ensino do tema “Radiação” precisa ser atualizado de forma a permitir a participação ativa dos estudantes e o uso de novas metodologias, de modo a aproximar os saberes escolares dos saberes científicos. Por outro lado, os materiais didáticos não vêm apresentando propostas de trabalho que priorizem esses aspectos. Considerando essa possibilidade, propomos oferecer ao professor um material diferenciado que dialogue com o estudante, com os conteúdos da Química, com a Ciência, Tecnologia e Sociedade e permita a construção de conhecimentos significativos para a formação de cidadãos.

Todos os dados obtidos serão arquivados na sala da professora orientadora desta pesquisa, Doutora Nilma Soares da Silva, na Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação situada à

Avenida Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte, MG – Brasil, por um período de cinco anos sob responsabilidade da pesquisadora.

Em qualquer momento, você poderá contatar o Comitê de Ética na Pesquisa/UFMG para esclarecimentos de dúvidas de aspectos éticos da pesquisa pelo telefone (31) 3409-4592 ou e-mail: coep@prpq.ufmg.br. Para dúvidas sobre a metodologia de coleta e análise dos dados a professora pesquisadora pode ser contatada por meio do telefone (31) 99863-1992 ou pelo e-mail: barbara.maxilene.lucas@gmail.com.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à sua saúde e bem estar, porém a professora estará atenta e disposta a minimizar ao máximo esses riscos e desconfortos durante a avaliação, garantindo a você liberdade para não participar de determinadas discussões ou responder questões que lhe pareçam constrangedoras. Entendemos ainda que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida de sua identidade e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurá-la. Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios, mantendo, assim, sua identidade preservada. Eventuais produções realizadas por você durante a pesquisa também não serão publicadas. Caso você deseje recusar a participar ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa tem total liberdade para fazê-lo.

Sentindo-se esclarecido(a) em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de uma das alternativas a seguir.

- Concordo e autorizo a realização da pesquisa, nos termos propostos.
- Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Atenciosamente,

Bárbara Maxilene Lucas Lima (Professora e aluna do Mestrado)

barbaramax.cemar@gmail.com

Professora Doutora Nilma Soares da Silva (Coordenadora da pesquisa – Professora da UFMG)

nilmafaeufmg@gmail.com

Agradecemos desde já sua colaboração

12.2 Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) para os pais dos alunos do Ensino Fundamental II

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Aos Srs. Pais e/ou Responsáveis pelos estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental do Centro Educacional Mario Rabelo – Contagem-MG

Srs. Pais,

Estamos iniciando um acompanhamento para a pesquisa acadêmica no tema: ‘A Radiação é Vilã? Uma sequência de ensino com abordagem investigativa’, com a participação da professora Bárbara Maxilene Lucas Lima, aluna de mestrado da Faculdade de Educação da UFMG.

A pesquisa será realizada apenas com consentimento de pais e/ou responsáveis de todos os estudantes que participarão. A participação na pesquisa não envolverá qualquer natureza de gastos, tanto para Sr. (Sra) quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados pela pesquisadora principal que também assume os riscos e danos que porventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos em sua companhia, durante o processo.

A pesquisa envolverá gravação em áudio das aulas com o objetivo de estudo do tema radiação. As atividades de ensino são dissociadas das atividades de pesquisa. As atividades de ensino e de pesquisa ocorrerão durante o período de uma aula na escola e a participação dos estudantes ocorrerá por meio do envolvimento nas atividades propostas durante essa aula, seja oral ou escrita, e a interação com o grupo. Se o estudante não aceitar a participação na pesquisa poderá participar das atividades de ensino sem qualquer prejuízo ao conteúdo e às notas em avaliações. Haverá o desenvolvimento de atividades de ensino que fazem parte do currículo e de pesquisa (coleta e análise de dados) para o trabalho de dissertação de mestrado da professora pesquisadora. Dessa forma, as atividades da pesquisa envolverão a observação do processo de construção da prática de ensino, a análise do material produzido e questionários de avaliação da atividade em relação a ser relevante ou não, assim como, outras questões de mesma natureza que não envolvam a avaliação do ensino em relação à nota. Será focalizada a participação dos estudantes em momentos de discussão coletiva, as participações verbais durante as aulas e as suas produções escritas. A professora elaborou uma sequência de ensino sobre o tema radiação que irá abordar os diferentes aspectos do ensino, como as relações entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, as interações e o discurso em sala de aula, a argumentação em questões sócio-científicas relacionando ciência, tecnologia e sociedade (CTS) numa abordagem investigativa. Ela irá aplicar e analisar a aplicação em sala de aula a partir de dados obtidos no seu desenvolvimento para constituir uma versão final do material didático com recomendações aos professores que o utilizarão.

Entende-se que o ensino do tema radiação precisa ser atualizado de forma a permitir a participação ativa dos estudantes e o uso de novas metodologias, de modo a aproximar os saberes escolares dos saberes científicos. Por outro lado, os materiais didáticos não vêm apresentando propostas de trabalho que priorizem esses aspectos. Considerando essa possibilidade propomos oferecer ao professor um material diferenciado que dialogue com o estudante, com os conteúdos curriculares, com as novas tecnologias da informação e comunicação e permita a construção de conhecimentos significativos para a formação de cidadãos.

Os estudantes não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e o registro dos áudios será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas dos alunos nem para público externo ou interno. Todos os dados obtidos serão arquivados na sala da professora orientadora desta pesquisa, Doutora Nilma Soares da Silva, na Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação situada à Avenida Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte, MG – Brasil, por um período de cinco anos sob responsabilidade da pesquisadora. Os registros em áudio farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte.

Em qualquer momento, o Sr. (Sra) poderá solicitar esclarecimentos, bastando para isso entrar em contato com o COEP/UFMG para explicações de dúvidas éticas (os contatos estão no final desse documento) e sobre a metodologia de coleta e análise dos dados com a mestrandia Bárbara Maxilene Lucas Lima através do e-mail barbaramax.cemar@gmail.com e/ou com a coordenadora da pesquisa Nilma Soares da Silva através do e-mail nilmafaeufmg@gmail.com.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à saúde e ao bem estar de seus participantes, porém a pesquisadora estará atenta e disposta a diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida da identidade dos participantes e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurar a privacidade deles. Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios para os estudantes, que terão, assim, sua identidade preservada, garantindo que a privacidade dos participantes seja assegurada. Caso você deseje recusar a participação do seu filho ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa tem total liberdade para fazê-lo.

Sentindo-se esclarecido(a) em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinando em duas vias, sendo que uma das vias ficará com você e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução 466/2012.

Atenciosamente,

Bárbara Maxilene Lucas Lima (Professora e aluna do Mestrado)

barbaramax.cemar@gmail.com

Professora Doutora Nilma Soares da Silva (Coordenadora da pesquisa – Professora da UFMG)

nilmafaeufmg@gmail.com

Agradecemos desde já sua colaboração

Concordo e autorizo a realização da pesquisa, com gravação em áudio das atividades, nos termos propostos.

Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Nome do aluno: _____

Assinatura do pai ou responsável

Belo Horizonte _____ de _____ de 20__

Comitê de Ética na Pesquisa/UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar/ sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG

Fone: 31 3409-4592 CEP 31270-901

e-mail: coep@prpq.ufmg.br

12.3 Termo de assentimento livre e esclarecido do menor (TALE) para os estudantes do Ensino Fundamental II

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO MENOR (TALE)

Aos alunos do 8º ano do Ensino Fundamental do Centro Educacional Mario Rabelo – Contagem-MG

Prezados estudantes,

Estamos iniciando um acompanhamento para a pesquisa acadêmica no tema: ‘A Radiação é Vilã? Uma sequência de ensino com abordagem investigativa’, com a participação da professora Bárbara Maxilene Lucas Lima, aluna de mestrado da Faculdade de Educação da UFMG.

A pesquisa será realizada apenas com consentimento de pais e/ou responsáveis e de todos os estudantes que participarão. A participação na pesquisa não envolverá qualquer natureza de gastos, tanto para você quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados pela pesquisadora principal que também assume os riscos e danos que porventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos em sua companhia, durante o processo.

A pesquisa envolverá gravação em áudio das aulas com o objetivo de estudo do tema radiação. As atividades de ensino são dissociadas das atividades de pesquisa. As atividades de ensino e de pesquisa ocorrerão durante o período de uma aula na escola e a sua participação ocorrerá por meio do envolvimento nas atividades propostas durante essa aula, seja oral ou escrita, e a interação com o grupo. Se você não aceitar a participação na pesquisa poderá participar das atividades de ensino sem qualquer prejuízo ao conteúdo e às notas em avaliações. Haverá o desenvolvimento de atividades de ensino que já fazem parte do currículo e de pesquisa (coleta e análise de dados) para o trabalho de dissertação de mestrado da professora pesquisadora. Dessa forma, as atividades da pesquisa envolverão a observação do processo de construção da prática de ensino, a análise do material produzido e questionários de avaliação da atividade em relação a ser relevante ou não, assim como, outras questões de mesma natureza que não envolvam a avaliação do ensino em relação à nota. Será focalizada a participação dos estudantes em momentos de discussão coletiva, as participações verbais durante as aulas e as suas produções escritas. A professora elaborou uma sequência de ensino sobre o tema radiação que irá abordar os diferentes aspectos do ensino, como as relações entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, as interações e o discurso em sala de aula, a argumentação em questões sócio-científicas relacionando ciência, tecnologia e

sociedade (CTS) numa abordagem investigativa. Ela irá aplicar e analisar a aplicação em sala de aula a partir de dados obtidos no seu desenvolvimento para constituir uma versão final do material didático com recomendações aos professores que o utilizarão.

Entende-se que o ensino do tema radiação precisa ser atualizado de forma a permitir a participação ativa dos estudantes e o uso de novas metodologias, de modo a aproximar os saberes escolares dos saberes científicos. Por outro lado, os materiais didáticos não vêm apresentando propostas de trabalho que priorizem esses aspectos. Considerando essa possibilidade, propomos oferecer ao professor um material diferenciado que dialogue com o estudante, com os conteúdos curriculares, com as novas tecnologias e permita a construção de conhecimentos significativos para a formação de cidadãos.

Vocês não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e o registro dos áudios será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas nem para público externo ou interno. Os registros em áudio farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte.

Em qualquer momento, você poderá solicitar esclarecimentos sobre a metodologia de coleta e análise dos dados com a mestrandia Bárbara Maxilene Lucas Lima através do e-mail barbaramax.cemar@gmail.com e/ou com a coordenadora da pesquisa Nilma Soares da Silva através do email nilmafaeufmg@gmail.com.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à sua saúde e bem estar, porém a professora estará atenta e disposta a diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida de sua identidade e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurá-la. Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios, mantendo, assim, sua identidade preservada e assegurando sua privacidade. Caso deseje recusar a participar ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa tem total liberdade para fazê-lo.

Sentindo-se esclarecido(a) em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido do Menor (TALE), assinando em duas vias, sendo que uma das vias ficará com você e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução 466/2012.

Atenciosamente,

Bárbara Maxilene Lucas Lima (Professora e aluna do Mestrado)

barbaramax.cemar@gmail.com

Professora Doutora Nilma Soares da Silva (Coordenadora da pesquisa – Professora da UFMG)

nilmafaeufmg@gmail.com

Agradecemos desde já sua colaboração

- Concordo e autorizo a realização da pesquisa, com gravação em áudio e vídeo das atividades de Química, nos termos propostos.
- Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.
- Concordo e autorizo a captação de voz e imagem gravadas em áudio e vídeo das atividades de Química, nos termos propostos.
- Discordo e desautorizo a captação de áudio e vídeo.

Nome do aluno: _____

Assinatura do aluno

Belo Horizonte _____ de _____ de 20__

Comitê de Ética na Pesquisa/UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar/ sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG

Fone: 31 3409-4592 CEP 31270-901

e-mail: coep@prpq.ufmg.br

12.4 Autorização da escola para realização da pesquisa

À direção do Centro Educacional Mario Rabelo – CEMAR – Contagem, MG

Prezada diretora Sra. Sandra Helena,

Solicitamos sua autorização para iniciar nas aulas de Química um acompanhamento para a pesquisa acadêmica no tema: ‘A Radiação é Vilã? Uma sequência de ensino com abordagem investigativa’, com a participação da professora de química Bárbara Maxilene Lucas Lima, aluna de mestrado da Faculdade de Educação da UFMG.

A pesquisa será realizada apenas com consentimento de V.S.^a e dos pais e /ou responsáveis de todos os alunos que participarão. A participação na pesquisa não envolverá qualquer natureza de gastos, tanto para V.S.^a quanto para os demais envolvidos. Os gastos previstos serão custeados pela pesquisadora principal que também assume os riscos e danos que porventura vierem a acontecer com os equipamentos e incidentes com os alunos em sua companhia, durante o processo.

A pesquisa envolverá gravação em áudio das aulas de Química com o objetivo de estudo do tema radiação/radioatividade. Será registrado o áudio da participação dos estudantes em momentos de discussão coletiva, as participações verbais durante as aulas e as suas produções escritas. A professora elaborou uma sequência de ensino sobre o tema que irá abordar os diferentes aspectos do ensino, como as relações entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, as interações e o discurso em sala de aula, numa abordagem investigativa com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Ela irá aplicar e analisar a aplicação em sala de aula a partir de dados obtidos no seu desenvolvimento para constituir uma versão final do material didático com recomendações aos professores de Química.

Considerando essa possibilidade propomos oferecer ao professor um material diferenciado que dialogue com o estudante, com os conteúdos da Química, com as novas tecnologias e permita a construção de conhecimentos significativos para a formação de cidadãos.

Os alunos não serão obrigados a fazer qualquer atividade que extrapole suas tarefas escolares comuns e o registro dos áudios será de uso exclusivo para fins da pesquisa. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas dos alunos nem para público externo ou interno. Todos os dados obtidos serão arquivados na sala da professora orientadora desta pesquisa, Doutora Nilma Soares da Silva, na Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação situada à Avenida Antônio Carlos, 6627 –

Pampulha – Belo Horizonte, MG – Brasil, por um período de cinco anos sob responsabilidade da pesquisadora. Os registros em áudio farão parte de um banco de dados que poderão ser utilizados nesta e em outras pesquisas do grupo do qual os pesquisadores fazem parte.

Em qualquer momento, V.S.^a. poderá solicitar esclarecimentos, bastando para isso entrar em contato com o COEP/UFMG para esclarecimentos de dúvidas éticas pelo telefone (31) 3409-4592 ou e-mail: coep@prpq.ufmg.br. Para dúvidas sobre a metodologia de coleta e análise dos dados a professora pesquisadora pode ser contatada por meio do telefone (31) 99863-1992 ou pelo e-mail: barbara.maxilene.lucas@gmail.com.

A pesquisa apresenta riscos mínimos à saúde e ao bem-estar de seus participantes, porém a pesquisadora estará atenta e disposta a diminuir ao máximo esses riscos e desconfortos. Entendemos que o principal risco envolvido nesta pesquisa está na divulgação indevida da identidade dos participantes e nos propomos a realizar todos os esforços possíveis para assegurar a privacidade deles. Os resultados da pesquisa serão comunicados utilizando nomes fictícios para os estudantes, que terão, assim, sua identidade preservada. Caso V.S.^a deseje recusar a participação da escola ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa tem total liberdade para fazê-lo.

Sentindo-se esclarecido (a) em relação à proposta e concordando em participar voluntariamente desta pesquisa, peço-lhe a gentileza de assinar e devolver o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinando em duas vias, sendo que uma das vias ficará com V.S.^a e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos, de acordo com a Resolução 466/2012.

Atenciosamente,

Bárbara Maxilene Lucas Lima (Professora e aluna do Mestrado)

barbaramax.cemar@gmail.com

Professora Doutora Nilma Soares da Silva (Coordenadora da pesquisa – Professora da UFMG)

nilmafaeufmg@gmail.com

Agradecemos desde já sua colaboração

- Concordo e autorizo a realização da pesquisa, nos termos propostos.
- Discordo e desautorizo a realização da pesquisa.

Sandra Helena

Diretora do Centro Educacional Mario Rabelo – CEMAR

Belo Horizonte, _____ de _____ de 20__

Comitê de Ética na Pesquisa/UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar/ sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG

Fone: 31 3409-4592 CEP 31270-901

e-mail: coep@prpq.ufmg.br

12.5 Termo de compromisso

Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da resolução 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada e fará parte integrante da documentação dele.

Bárbara Maxilene Lucas Lima (Professora e aluna do Mestrado)

barbaramax.cemar@gmail.com

Professora Doutora Nilma Soares da Silva (Coordenadora da pesquisa – Professora da UFMG)

nilmafaeufmg@gmail.com

Comitê de Ética na Pesquisa/UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º andar/ sala 2005 - Campus Pampulha - Belo Horizonte, MG

Fone: 31 3409-4592 CEP 31270-901

e-mail: coep@prpq.ufmg.br

12.6 Sequência de ensino – material do estudante

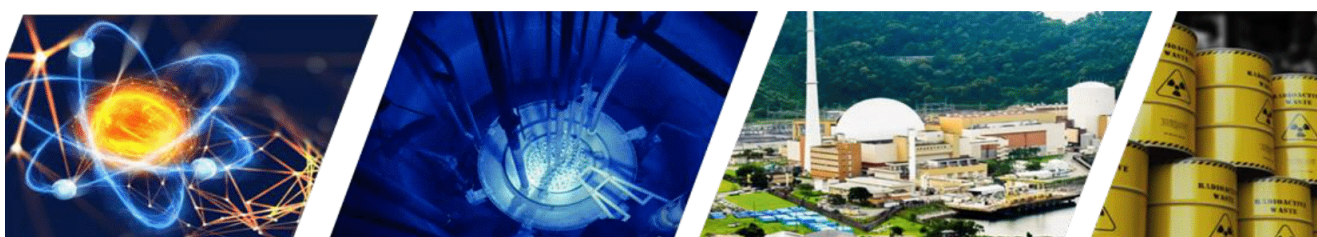
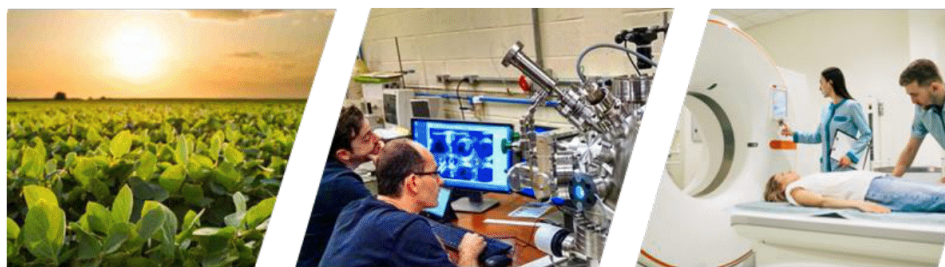


Bárbara M. L. Lima

Orientadora
Nilma S. Silva

A radiação é vilã?

PROMESTRE
MESTRADO PROFISSIONAL
EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA
UFMG



Bárbara M. L.
Lima

Orientadora
Nilma S. Silva

A radiação
é vilã? **?**

Ficha

técnica

Reitora da UFMG

Sandra Goulart Almeida

Vice-reitor

Alessandro Fernandes Moreira

Diretora da FAE/UFMG

Andréa Moreno

Vice-Diretora

Vanessa Ferraz Almeida Neves

Coordenadora do PROMESTRE

Cláudia Starling Bosco

Subcoordenadora

Mônica Correia Baptista

Autora

Bárbara Maxilene Lucas Lima

Orientadora

Nilma Soares da Silva

Design

Bárbara Maxilene Lucas Lima

Eduardo José Lima II

Sumário

VII Carta ao estudante

VIII Conhecendo o material

1 Atividade 1

O que eu sei sobre Radiação/Radioatividade?

5 Atividade 2

O que é Radiação?

11 Atividade 3

Instalação de Usinas Nucleares

13 Atividade 4

Análise Crítica da Notícia

Carta ao **estudante**

Estudante,

Com muita satisfação, apresentamos este material preparado especialmente para você!

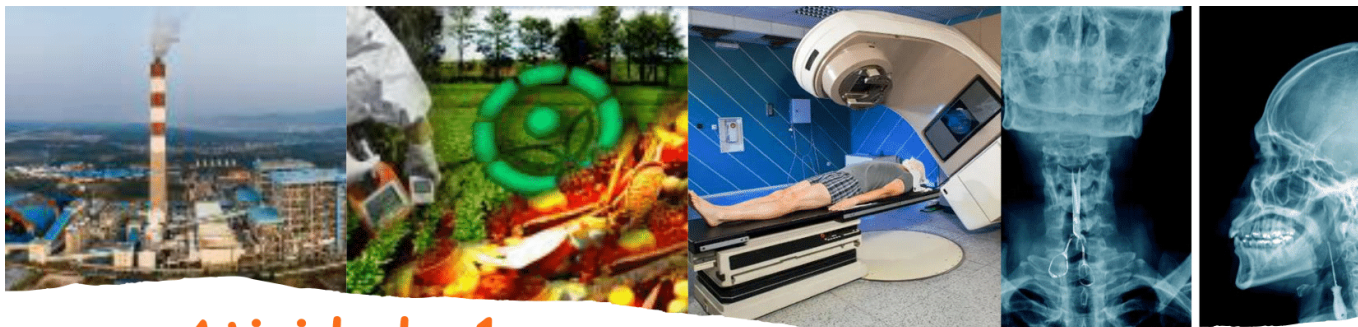
Aqui apresentaremos um roteiro de atividades visando ajudá-lo a entender o dinamismo do mundo, aproximando você do fazer científico, assim como desenvolvendo habilidades voltadas à construção autônoma de projetos de vida e de uma sociedade mais justa e consciente, que servirão de base para a sua formação acadêmica e cidadã.

Utilizamos de uma abordagem que tem o intuito de conduzi-lo na busca por significados para as definições e conceitos científicos que você aprende em suas aulas de Ciências fazendo com que estas possam se tornar mais atrativas e participativas.

A sua avaliação ocorrerá durante todo o processo de desenvolvimento das atividades contidas nesse material. Esperamos que durante a realização das atividades você possa vivenciar e aproveitar ao máximo as trocas de experiências e sempre refletir sobre as diversas possibilidades de investigação e de construção do saber acerca dos conhecimentos sobre radiação, tão importantes e presentes no nosso dia-a-dia. Utilizar o conhecimento adquirido com o estudo de Ciências para entender os fenômenos, compreender as notícias, analisar e questionar as informações, duvidar, verificar se os dados estão corretos, tudo isso permite que você saia do papel de espectador e passe a atuar sobre os problemas que nos afetam.

Esperamos que você goste do material e que o aprendizado em Ciências seja incorporado a sua vida e ao seu exercício diário de cidadania.

Bons estudos!



Atividade 1

O que eu sei sobre Radiação/Radioatividade?

1.1. Problematização: Dentro do que eu sei sobre radiação e radioatividade, a radiação é vilã?

1.2. Leia atentamente os textos abaixo:

Origem do Hulk

Bruce Banner é um cientista especializado em radiação. Graças ao seu conhecimento, foi trabalhar no Departamento de Defesa Nuclear dos EUA e desenvolveu a bomba de raios gama que mudou sua vida. Logo após desenvolver a bomba de raios gama, Bruce Banner colocou o artefato para teste. Entretanto, ele percebeu que um garoto havia invadido a área de testes e pediu a interrupção da contagem, enquanto retirava o menino do local. Bruce conseguiu salvar o garoto, mas a contagem não foi interrompida e ele foi vítima da explosão. O cientista conseguiu escapar da morte, mas acabou se transformando numa criatura monstruosa: o Hulk.

Fonte: Adaptado de
<https://segredosdomundo.r7.com/hulk-historia/>





O Homem-Aranha

A história do Homem-Aranha começa quando o tímido Peter Parker, órfão de pai e mãe, que vive com os tios (Ben e May) em Forest Hills, no bairro nova-iorquino de Queens (EUA), visita um laboratório onde ocorre uma experiência que revolucionará a sua vida, durante a qual uma aranha é atingida por uma potente radiação tornando-se radioativa. Pouco depois, o aracnídeo pica Peter, transferindo-lhe os incríveis poderes de uma aranha (como subir pelas paredes sem qualquer dificuldade), um sexto sentido (que o avisa dos perigos) e extraordinária agilidade física, contrastando fortemente com a imagem de adolescente reservado e aplicado nos estudos.

Fonte: Adaptado de <https://segredosdomundo.r7.com/hulk-historia/>

Vivendo com a radioatividade

Nós usamos material radioativo para diagnóstico e tratamento em "medicina nuclear". Os pacientes recebem injeções de radioisótopos específicos, dependendo do local do corpo onde o tratamento ou o diagnóstico é necessário.

Radioiodo, por exemplo, é coletado na glândula tireoide, enquanto o rádio acumula-se principalmente nos ossos. A radiação emitida é utilizada para diagnosticar tumores cancerosos. Radioisótopos são também empregados para o tratamento de cânceres, dirigindo-se sua radiação emitida para um tumor.

O radioisótopo médico mais comum é ^{99m}Tc (tecnécio), que é empregado em 30 milhões de procedimentos anualmente em todo o mundo. Como muitos outros isótopos médicos, ele é produzido pelo homem, derivado de um radioisótopo original criado por meio da fissão de urânio em reatores nucleares.

Fonte: Adaptado de <https://www.bbc.com/portuguese/geral-60570722>
Acessado em 25/06/2022

Efeitos da radiação no corpo humano

A radiação pode provocar basicamente dois tipos de danos ao corpo, um deles é a destruição das células com o calor, e o outro consiste numa ionização e fragmentação (divisão) das células.

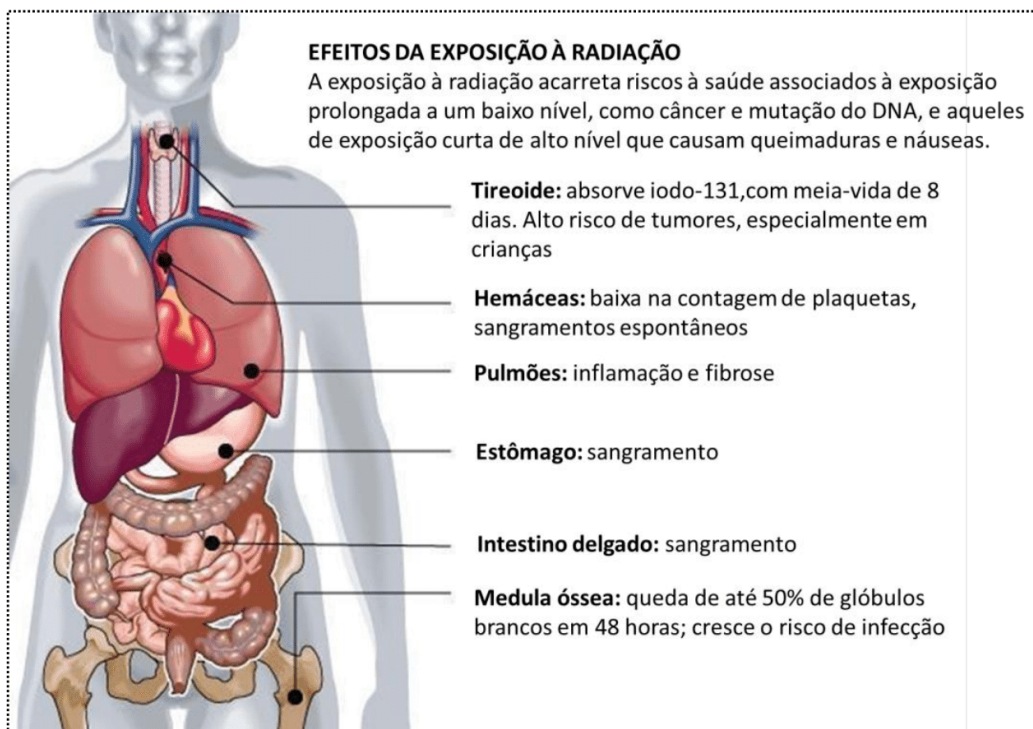
O calor emitido pela radiação é tão forte que pode queimar bem mais do que a exposição prolongada ao sol. Portanto, um contato com partículas radioativas pode deixar a pele do indivíduo totalmente danificada, uma vez que as células não resistem ao calor emitido pela reação.

A ionização e fragmentação celular implicam em problemas de mutação genética durante a gestação de fetos, que nascem prematuramente ou, quando dentro do período de nove meses, nascem com graves problemas de má formação.

Quimicamente falando, seria assim: as partículas radioativas têm alta energia cinética, ou seja, se movimentam rapidamente. Quando tais partículas atingem as células dentro do corpo, elas provocam a ionização celular. Células transformadas em íons podem remover elétrons, portanto, a ionização enfraquece as ligações. E o resultado? Células modificadas e, conseqüentemente, mutações genéticas.

Fonte: Adaptado de <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/efeitos-radiacao-no-corpo-humano.htm>

Acessado em 06/08/2022





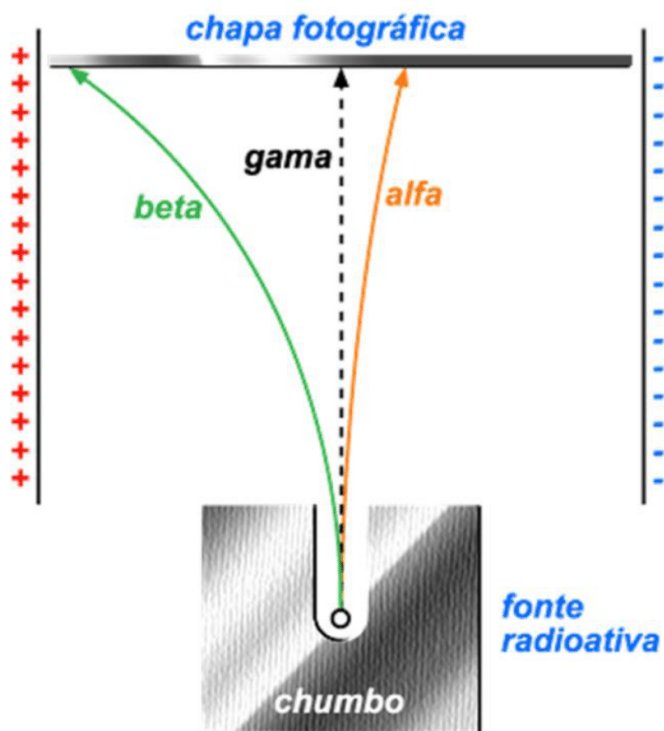
Atividade 2

O que é Radiação?

2.1. História da Radiação

- Série Mundos Invisíveis - Vídeo 6 (a partir de 3 min e 6 seg)
<https://www.youtube.com/watch?v=5RUcavgCTmk&t=186s>
- Série Mundos Invisíveis - Vídeo 7
<https://www.youtube.com/watch?v=v09W9rn5EQ8>

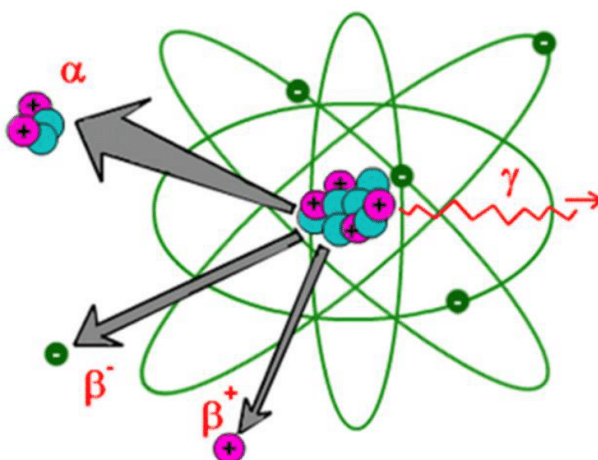
2.2. Tipos de Radiação



Experimento de identificação de carga de radiações (imagem sem escala; cores fantasia)

Fonte: <http://efisica.if.usp.br/moderna/radioatividade/tipos>

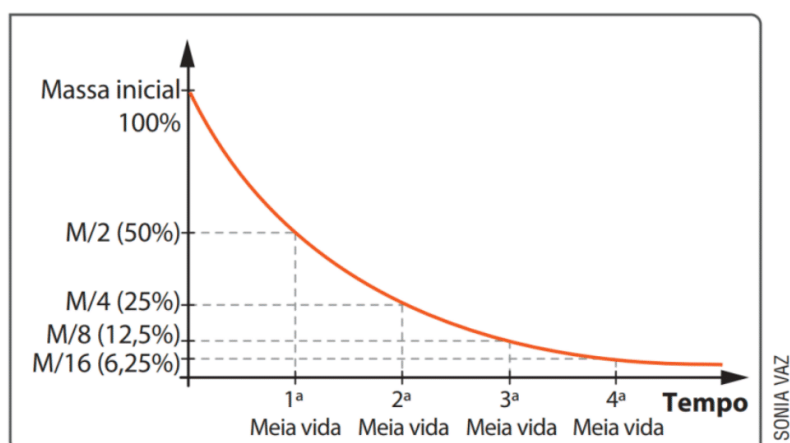
Representação de emissão alfa, beta e gama (imagem sem escala; cores fantasia)



Fonte: <https://www.golabz.eu/lab/radioactivity-lab>

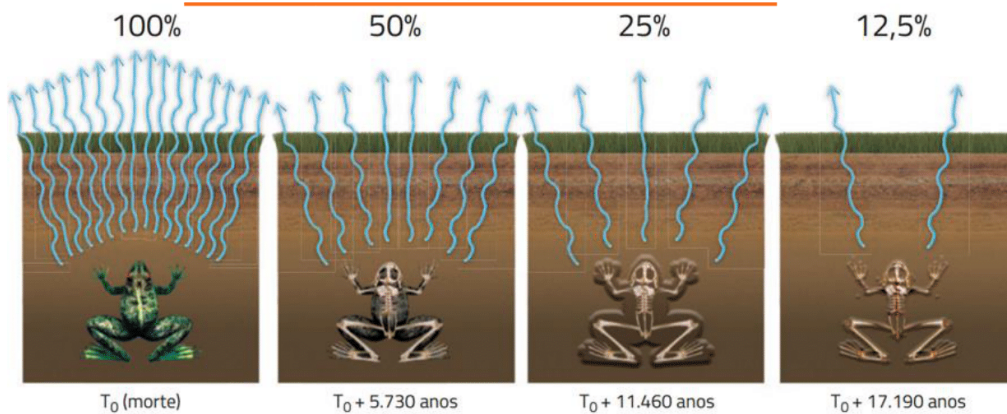
2.3. Decaimento Radioativo

Decaimento Radioativo

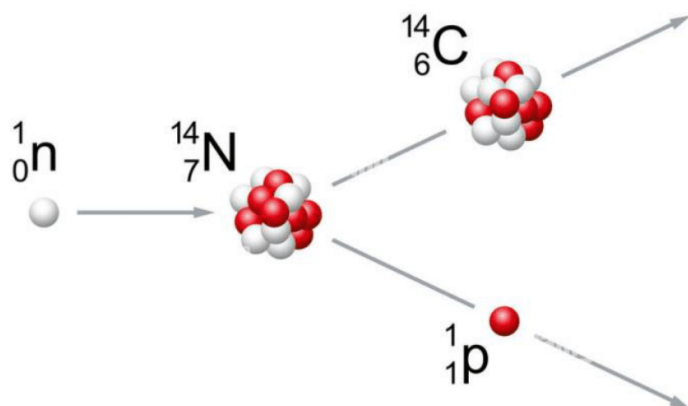


Fonte: Multiversos : ciências da natureza : ciência, tecnologia e cidadania, 2020

Decaimento do carbono-14 no fóssil



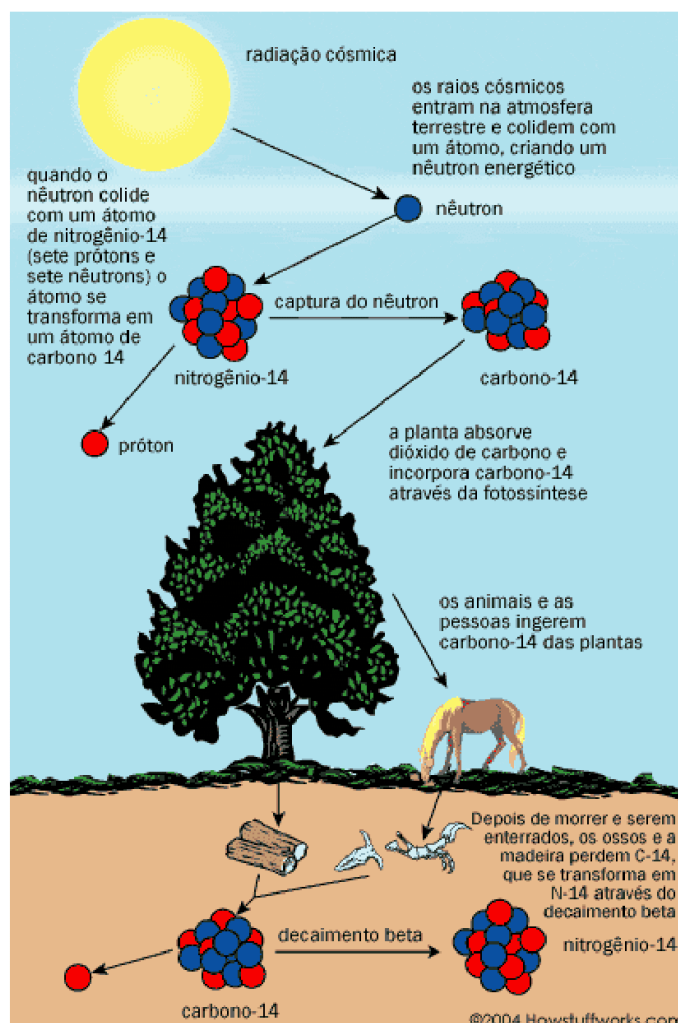
Fonte: Multiversos : ciências da natureza : ciência, tecnologia e cidadania, 2020



Formação do carbono-14 na natureza (imagem sem escala; cores fantasia)

Fonte: <https://www.alamy.es/datacion-por-radiocarbono-conocida-como-datacion-por-carbono-o-c-14-metodo-para-determinar-la-edad-de-un-objeto-que-contiene-material-organico-image476434252.html>

Os átomos de carbono-14 criados por raios cósmicos combinam-se com o oxigênio para formar dióxido de carbono, que as plantas absorvem naturalmente e são posteriormente ingeridos por animais (imagem sem escala; cores fantasia)



Fonte: <https://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/quim/como-funciona-a-datacao-por-carbono-14/>



2.4. Leia atentamente o texto a seguir

Usos da radiação na saúde

Radiologia diagnóstica

A radiação ionizante consegue atravessar o corpo humano e gerar imagens para o diagnóstico de doenças. O exame mais conhecido é a radiografia, que utiliza o raio X para verificar se os ossos estão fraturados ou quebrados. No entanto, existem muitos tipos de procedimentos de imagens médicas.

O raio X é aplicado em exames de fluoroscopia para obter imagens em tempo real de estruturas internas em movimento; tomografia computadorizada (TC) de órgãos internos; angiografia de subtração digital para verificação dos vasos sanguíneos; mamografia para o diagnóstico precoce de câncer; e radiografia de tórax para avaliar o contorno do coração.

O diagnóstico realizado usando elementos radioativos ajuda os profissionais de Saúde a determinar a necessidade de uma cirurgia comum ou exploratória, com menos riscos para o paciente, tempo de execução mais curto e recuperação mais rápida.

Medicina nuclear

A medicina nuclear utiliza substâncias radioativas introduzidas no paciente para diagnóstico ou tratamento. Os procedimentos não são invasivos e praticamente indolores. As substâncias radioativas são introduzidas no organismo do paciente por meio de injeção, aspiração ou deglutição, a depender da área do corpo.

A cintilografia é o primeiro exame usado em medicina nuclear, enquanto a Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) é um método mais atual e oferece uma maior sensibilidade. Os exames são utilizados para verificar a estrutura de ossos, rins, coração, sistema nervoso e tireoide, além de identificar tumores e metástase.

Já a terapia com medicina nuclear envolve substâncias radioativas como o iodo radioativo I-131, Samário-153 e 177Lutécio-Dotatate para tratar hipertireoidismo, câncer de tireoide, tumores ósseos e neuroendócrinos.

Saiba mais

A importância da medicina nuclear

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

Radioterapia

A radioterapia pode ser usada para o tratamento do câncer de forma isolada ou combinada com a quimioterapia. A técnica consiste na emissão de radiações ionizantes, como raio X, para destruição de tumores ou barrar o crescimento de células cancerígenas.

A aplicação da radioatividade é restrita à área a ser tratada. Segundo o Instituto Nacional de Câncer (Inca), metade dos pacientes com câncer que passam pelo procedimento apresentam resultados positivos, como desaparecimento de tumores, com o controle e até a cura da doença.

Fonte: Adaptado de

<https://summitsaude.estadao.com.br/tecnologia/radiacao-na-saude-como-o-material-radioativo-e-usado-na-medicina/>

2.5. Acidentes nucleares

- Vídeo: Os Maiores Acidentes Nucleares da História

<https://www.youtube.com/watch?v=5OhblrYWdao>

2.6. Organização para o debate

Organize a sala em 3 grupos. Cada grupo ficará responsável por um dos temas abaixo:

- () Grupo 1: defenderá a ideia da instalação e utilização de mais usinas nucleares.

O grupo deverá apresentar em sua argumentação:

- Geração de energia para substituição da utilização de fontes não renováveis
- Produção de radiofármacos em reatores nucleares
- Benefícios trazidos pelas usinas nucleares à população (área médica, agricultura, produção de alimentos, indústria)

() Grupo 2: será contrário a essa ideia

O grupo deverá apresentar em sua argumentação:

- Danos ao meio ambiente e ecossistemas causados pelas instalações nucleares
- Riscos de acidentes nucleares
- Produção de lixo radioativo

() Grupo 3: 5 estudantes que serão jurados e deverão, ao final, definir se será realizada ou não a instalação de mais usinas

Responsabilidades dos jurados:

- Ser imparciais em seu julgamento, analisando os argumentos de ambos os casos
- Anotar os argumentos apresentados pelos grupos
- Preparar uma pergunta para cada grupo sobre o que foi apresentado

Instruções para o debate:

- 1º Apresentação dos argumentos do Grupo 1 (3 minutos)
- 2º Apresentação dos argumentos do Grupo 2 (3 minutos)
- 3º Respostas do Grupo 2 em relação à fala do Grupo 1 (3 minutos)
- 4º Respostas do Grupo 1 em relação à fala do Grupo 2 (3 minutos)
- 5º Conclusão das ideias do Grupo 2 (2 minutos)
- 6º Conclusão das ideias do Grupo 1 (2 minutos)
- 7º Reunião dos jurados para definição da pergunta a cada grupo (3 minutos)
- 8º Resposta do Grupo 1 (2 minutos)
- 9º Resposta do Grupo 2 (2 minutos)
- 10º Votação do júri para definição de veredito (2 minutos)



Atividade 3

Instalação de Usinas Nucleares

3.1. Debate

Organização da sala e início do debate, considerando os três grupos previamente definidos:

- Grupo 1: defenderá a ideia da instalação e utilização de mais usinas nucleares
- Grupo 2: será contrário a essa ideia
- Grupo 3: 5 estudantes que serão jurados e deverão, ao final, definir se será realizada ou não a instalação de mais usinas

3.2. Pesquisa sobre aplicações da radiação e radioatividade na sociedade

Pesquise e traga para a sala de aula materiais descrevendo sobre como é possível utilizar a radiação e radioatividade em prol da sociedade nas diferentes atividades humanas, como indústria, agricultura, produção de alimento e fonte de energia e as consequências da utilização desse tipo de energia, como o lixo radioativo.



A usina nuclear de Grafenrheinfeld operou entre 1981 e 2015, quando foi desativada no âmbito da política de abandono progressivo da energia nuclear na Alemanha. Em consequência do encerramento da usina, a Alemanha passou a depender fortemente do carvão e do gás natural, principalmente da Rússia, para produzir eletricidade.

Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Kernkraftwerk_Grafenrheinfeld_-_2013.jpg





Atividade 4

Análise crítica da notícia

4.1. Organização para a avaliação final

Organize a sala em 2 bolhas:

- () Bolha 1: Notícia do tipo Fake News
- () Bolha 2: Notícia sobre lançamento de um produto inovador

Cada uma das bolhas deverá ser organizada em 5 grupos de acordo com os temas abaixo:

- () Grupo 1: Radiação na agricultura
- () Grupo 2: Radiação na produção de alimentos
- () Grupo 3: Radiação na indústria
- () Grupo 4: Radiação como fonte de energia
- () Grupo 5: Rejeitos radioativos

4.2. Utilizando os conhecimentos aprendidos sobre radiação e radioatividade, elabore em grupo o seu material com as seguintes características:

- Um título chamativo coerente com a notícia
- Um texto relatando a notícia contendo de 5 a 10 linhas
- Deverá conter conceitos científicos e uso de termos técnicos da área, essenciais na linguagem científica
- Evitar expressões populares, gírias e figuras de linguagem como a redundância e a ambiguidade

4.3. Cada grupo deverá analisar de forma crítica o material apresentado pelo grupo de mesmo número da outra bolha, respondendo às seguintes perguntas:

- 1) O título chamou sua atenção para a leitura dessa notícia?
Justifique.

- 2) O título está de acordo com a notícia apresentada? Aponte características no texto que demonstrem isso.

- 3) Identifique na notícia os conceitos científicos utilizados de forma correta e aqueles utilizados de forma errada. Faça a correção dos conceitos que foram apresentados de forma errada no que diz respeito a radiação e radioatividade.



Neste trabalho foi utilizado o tema Radiação para elaboração de um conjunto de atividades com uma abordagem do ensino por investigação utilizando um enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade com objetivos de promover condições para a alfabetização científica.

A sequência de ensino é fruto do desenvolvimento de uma pesquisa realizada no programa de mestrado profissional Educação e Docência na linha de Ensino de Ciências da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais.



12.7 Sequência de ensino – material do professor



Bárbara M. L.
Lima

Orientadora
Nilma S. Silva

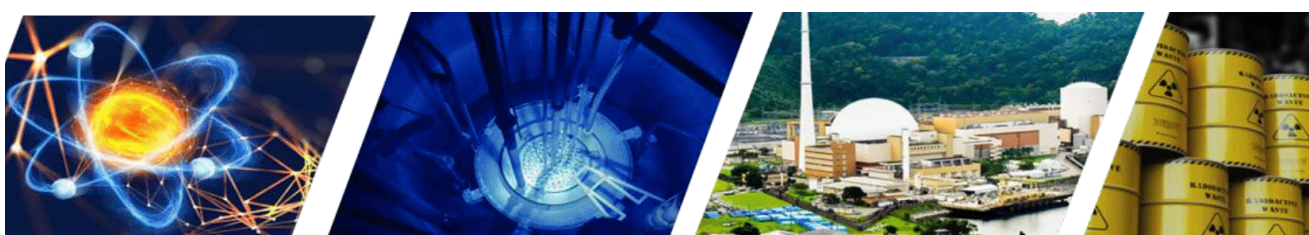
A radiação é vilã?

PROMESTRE
MESTRADO PROFISSIONAL
EDUCAÇÃO E DOCÊNCIA

UFMG



**MATERIAL DO
PROFESSOR**



Bárbara M. L.
Lima

Orientadora
Nilma S. Silva

A radiação
é vilã? **?**

Ficha

técnica

Reitora da UFMG

Sandra Goulart Almeida

Vice-reitor

Alessandro Fernandes Moreira

Diretora da FAE/UFMG

Andréa Moreno

Vice-Diretora

Vanessa Ferraz Almeida Neves

Coordenadora do PROMESTRE

Cláudia Starling Bosco

Subcoordenadora

Mônica Correia Baptista

Autora

Bárbara Maxilene Lucas Lima

Orientadora

Nilma Soares da Silva

Design

Bárbara Maxilene Lucas Lima

Eduardo José Lima II

Sumário

- VII Carta ao professor**
- IX Fundamentação teórica**
- XI Referências bibliográficas**
- XII Conhecendo o material**
 - 1 Atividade 1**
O que eu sei sobre Radiação/Radioatividade?
 - 5 Atividade 2**
O que é Radiação?
 - 11 Atividade 3**
Instalação de Usinas Nucleares
 - 13 Atividade 4**
Análise Crítica da Notícia

Carta ao professor

Caro colega professor,

O presente trabalho propõe um material orientador para os planejamentos de aula envolvendo a abordagem do ensino por investigação com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para o desenvolvimento da alfabetização científica. Este material foi elaborado durante a pesquisa de Mestrado Profissional em Educação e Docência – PROMESTE da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, com o intuito de auxiliar você professor diante da diversidade de materiais disponíveis.

Como tema norteador dessa pesquisa foi escolhido o tema Radiação e Radioatividade, visto que apresenta um potencial elemento articulador das discussões entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, por sua abrangência e importância social, em um cenário em que essa tecnologia está presente desde a área médica em exames diagnósticos e tratamento de doenças, nas indústrias na esterilização e análise de materiais e equipamentos, na agricultura com a irradiação de alimentos para conservação e desinfestação e na geração de energia, desmistificando o mito de que radiação e radioatividade estão relacionadas apenas aos acidentes graves que causaram danos ao meio ambiente e à saúde de milhares de pessoas.

Diante da necessidade de associação entre o teórico e o prático se faz importante a utilização de novas abordagens educacionais. A Sequência de Ensino Investigativa (SEI) aqui apresentada foi elaborada apoiando-se nos currículos referência da educação básica, como Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e Currículo Referência Minas Gerais, além de referências bibliográficas do Ensino por Investigação, CTS e Alfabetização Científica.

A SEI foi elaborada visando como público-alvo os estudantes do Ensino Médio. Contudo, a mesma pode ser desenvolvida em outros níveis da Educação Básica, conforme observações para sugestões de adaptações apresentadas ao longo do material.

O quadro a seguir apresenta uma síntese das quatro atividades que compõem a sequência “A Radiação é Vilã?”. O quadro descreve de maneira sucinta as fases de ensino que compõem cada atividade, assim como seus objetivos, os objetos de conhecimento a serem trabalhados e a previsão média do número de aulas.

Fase de ensino	Atividade	Objetivos	Objetos de conhecimento	Previsão do número de aulas
Problematização inicial	Atividade 1: O que eu sei sobre Radiação/ Radioatividade?	<ul style="list-style-type: none"> • Introduzir e contextualizar a temática proposta. • Discutir as concepções prévias em relação a radiação e atividades humanas que envolvem radiação/ radioatividade 		1 aula de 50 minutos
Desenvolvimento da narrativa de ensino	Atividade 2: O que é radiação?	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar a história da descoberta da radioatividade. • Comportamento nuclear dos elementos radioativos • Conhecer os tipos de radiação. • Tempo de meia vida e datação do Carbono-14 • Entender como acontece a aplicações da radioatividade na medicina. 	<ul style="list-style-type: none"> • História da radioatividade • Estrutura do átomo • Elementos radioativos - tabela periódica • Radiações ionizantes e não ionizantes 	2 aulas de 50 minutos cada
	Atividade 3: Instalação de Usinas Nucleares	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar o que são as usinas nucleares • Reatores nucleares • Promessas e perigos da radioatividade • Efeitos da radiação • Rejeitos radioativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Diferença de fissão e fusão • Comunicação e argumentação com base em conhecimentos científicos sobre questões: âmbito regional, <i>fake news</i>, mineração, homeopatia e alopatia, entre outros. 	1 aula de 50 minutos
Aplicação dos novos conhecimentos	Atividade 4: Criação da notícia/ produto	<ul style="list-style-type: none"> • Sistematizar os conceitos trabalhados na forma de esquema e texto 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos de produção e emissão de radiação e suas implicações 	1 aula de 50 minutos
Reflexão sobre o que foi aprendido	Atividade 4: Análise crítica da notícia/ produto	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilitar a análise crítica de informações que utilizam termos científicos para garantir sua veracidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicação e argumentação com base em conhecimentos científicos sobre questões: âmbito regional, <i>fake news</i>, mineração, homeopatia e alopatia, entre outros. 	

Espera-se com esse trabalho expandir a divulgação dos estudos sobre ensino por investigação e abordagens de Ciência, Tecnologia e Sociedade, visando promover a alfabetização científica. Almejamos oferecer uma contribuição mais significativa para estudantes e professores de ciências, incentivando seu engajamento e proporcionando um maior envolvimento em investigações relacionadas.

Bom trabalho!



Fundamentação

teórica

Alfabetização científica

Sasseron e Carvalho (2008) utilizam a expressão alfabetização científica baseada na ideia de alfabetização concebida por Paulo Freire.

No contexto brasileiro, Carvalho e Ramalho (2018) afirmam que a perspectiva da alfabetização científica dialoga com um movimento mundial em defesa da ciência para todos e reforça os objetivos estabelecidos na Conferência Mundial sobre a Ciência para o Século XXI, promovida pela UNESCO em Budapeste, em 1996. Segundo as autoras, a alfabetização científica está alinhada a outras perspectivas do ensino de ciências que reconhecem o estudante como agente ativo na construção do conhecimento.

Segundo Chassot (2003), uma pessoa alfabetizada cientificamente é aquela que é capaz de ler a linguagem em que está escrita a natureza, ou seja, saiba interpretar um texto com os termos técnicos daquela linguagem. Auler e Delizoicov (2001) argumentam que a alfabetização não se limita à simples decodificação e união de letras. Ela vai além da capacidade de ler e escrever e permite uma compreensão mais ampla do mundo. Essa perspectiva está em consonância com a visão de Rosa, Lorenzetti e Lambach (2019), os quais afirmam que a alfabetização científica ocorre quando a formação do estudante não se limita apenas ao contexto escolar, mas também se aproxima da sua condição de sujeito social.

Sasseron (2008) defende que a alfabetização científica deve ser um objetivo permanente na educação em ciências, com o propósito de levar os estudantes a uma compreensão mais ampla do mundo e de si mesmos.

Assim, objetiva-se que o estudante seja capaz de refletir e argumentar sobre o ensino proposto e que os conhecimentos desenvolvidos sejam levados consigo para além de procedimentos técnicos e processos avaliativos, ampliando sua compreensão sobre a vida, o nosso planeta e o universo (FRANCO, 2018).

Ensino por investigação

Quando se trata de ensinar Química na educação básica, é comum percebermos que muitas vezes o conteúdo abordado em sala de aula não se relaciona com a vida cotidiana do estudante, nem com as pesquisas que são desenvolvidas em universidades ou centros de pesquisa (MUNFORD; LIMA, 2007).

Carvalho (2013) afirma que o divisor de águas entre o ensino expositivo feito pelo professor e o ensino que proporciona condições para que o estudante possa raciocinar e construir a ciência em sala de aula é a presença de um problema inicial a ser desenvolvido.

Um dos desafios encontrados pelos professores para elaborar uma atividade de caráter investigativo é encontrar um experimento que possa ser usado como situação problema. Mas autores como Carvalho (2013) e Sá et al. (2007) afirmam que a situação problema pode ser proposta com base em outros meios, como figuras de jornal ou internet, textos, atividades teóricas, atividades de simulação em computador, atividades com bancos de dados, atividades com avaliação de evidências, atividades de demonstração, atividade de pesquisa, uso de filme ou mesmo ideias que os estudantes já dominam.

De acordo com Ferraz e Sasseron (2017), quando os estudantes participam ativamente em sala de aula, surgem diversas oportunidades para construir um entendimento coletivo sobre os objetos de estudo.

Ciência, Tecnologia e Sociedade

Santos e Mortimer (2000) afirmam que no final da década de 80 e início da década de 90 houve uma reformulação do ensino de Ciências, com o objetivo de analisar as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico. Dessa forma o ensino de Ciências com enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) passa a visar à formação de cidadãos que sejam capazes de assumir postura ativa frente às implicações científicas em suas vidas, e utilizem essas discussões para a tomada de decisões e para a construção de uma sociedade democrática.

Segundo Pinheiro et al. (2007), os cidadãos acabam por utilizar a ciência e a tecnologia apenas como bens de consumo, mas eles também precisam saber opinar sobre o uso desses produtos, não considerando apenas sua aparência e qualidade e sim considerando os aspectos sociais, ambientais e éticos envolvidos na sua produção. Esses autores observam então a importância de discutir com os estudantes os avanços da ciência e tecnologia, suas causas, consequências, os interesses econômicos e políticos, de forma contextualizada.

O enfoque CTS surge como uma possibilidade para alcançar esse objetivo, já que atua na transformação dos valores capitalistas e individualistas predominantes e auxilia no desenvolvimento da autonomia do pensamento crítico nos indivíduos, por meio da integração de temas científicos com a vida em sociedade (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007).

Com caráter interdisciplinar a abordagem CTS está vinculada diretamente à aplicação da ciência e tecnologia voltada para a cidadania, assim utiliza de recursos e estratégias para motivar os estudantes a verem sentidos em temas de modo a aproximar o teórico à sociedade (BORGES et al., 2010).



Referências

bibliográficas

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte). v.3, n.1, junho, 2001.

BORGES, C. O., BORGES, A. P. A., SANTOS, D. G., MARCIANO, E. P., BRITO, L. C. C., CARNEIRO, G. M. B., NUNES, S. M. T. Vantagens da utilização do ensino CTSA aplicado à atividades extraclasse. **XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ)**. 2010.

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**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, C. S. C. de; RAMALHO, B. L. O ensino das ciências da natureza nos anos iniciais da escolarização básica: das necessidades formativas à profissionalização docente. **Revista Entre ideias: educação, cultura e sociedade**, v. 7, n. 3, 2018.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**. FapUNIFESP (SciELO), Apr. 2003.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 19, 2017.

FRANCO, D. L. A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio. **Revista Triângulo**, v.11, n. 1, 2018.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências** (Belo Horizonte), 9(1), 89–111, 2007.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: A relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n.1, p. 71-84, abr. 2007.

ROSA, T. F. da; LORENZETTI, L.; LAMBACH, M. Níveis de Alfabetização Científica e Tecnológica na avaliação de Química do Exame Nacional do Ensino Médio. **Educação Química em Punto de Vista**, v. 3, n. 1, 2019.

SÁ, E. F.; PAULA, H. F.; LIMA, M. A. C. C.; AGUIAR, O. G. As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências. **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Florianópolis, 2007.

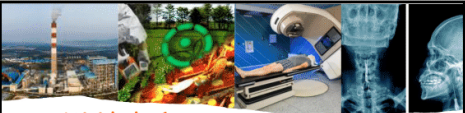
SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte). FapUNIFESP (SciELO), Dec. 2000.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula**. Tese de Doutorado em Educação, USP, 2008.

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, RS, v. 13(3), p. 333-352, 2008.

Conhecendo material

Abertura da sequência
 Essa sequência é composta por 4 atividades com uma abordagem do ensino por investigação utilizando um enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade com objetivos de promover condições para a alfabetização científica.



Atividade 1

O que eu sei sobre Radiação/Radioatividade?


1.1. Problematização: Dentro do que eu sei sobre radiação e radioatividade, a radiação é vilã?

1.2. Leia atentamente os textos abaixo:

Origem do Hulk

Bruce Banner é um cientista especializado em radiação. Graças ao seu conhecimento, foi trabalhar no Departamento de Defesa Nuclear dos EUA e desenvolveu a bomba de raios gama que mudou sua vida. Logo após desenvolver a bomba de raios gama, Bruce Banner colocou o artefato para teste. Entretanto, ele percebeu que um garoto havia invadido a área de testes e pediu a interrupção da contagem, enquanto retirava o menino do local. Bruce conseguiu salvar o garoto, mas a contagem não foi interrompida e ele foi vítima da explosão. O cientista conseguiu escapar da morte, mas acabou se transformando numa criatura monstruosa: o Hulk.

Fonte: Adaptado de <https://segredosdomundo.7.com/hulk-historia/>



É importante iniciar o conteúdo com uma abordagem histórica, pois a ciência, bem como a história são parte da vida e cotidiano da sociedade. A aula deve ser iniciada então com a apresentação dos seguintes vídeos que retratam o início da descoberta da radiação e como o meio científico começou a se desenvolver a partir dessa descoberta.

Na sequência deve ser dada uma aula sobre aspectos técnicos dos tipos de radiação.

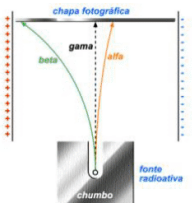
Atividade 2

O que é Radiação?

2.1. História da Radiação

- Série Mundos Invisíveis - Vídeo 6 (a partir de 3 min e 6 seg) <https://www.youtube.com/watch?v=SRUcagCTmk&t=196s>
- Série Mundos Invisíveis - Vídeo 7 <https://www.youtube.com/watch?v=c9W9hnsEG8>

2.2. Tipos de Radiação



Experimento de identificação de carga de radiações (imagem sem escala, cores fantasias)

SUGESTÕES

Atividade 2.1

Como sugestão, a atividade pode ser substituída pela indicação do filme "Radioactive", de 2019, da diretora Margare Satrap, disponível na Netflix em 2023.

Outra sugestão é substituir as atividades 2.1 e 2.2 pelos vídeos Uma breve história da RADIAÇÃO (Partes 1 e 2) disponíveis em <https://www.youtube.com/watch?v=UdAPYH0h1> e <https://www.youtube.com/watch?v=RTakMhVFDs>

Para o Ensino Fundamental

Trabalhar a radiação solar e protetores solares

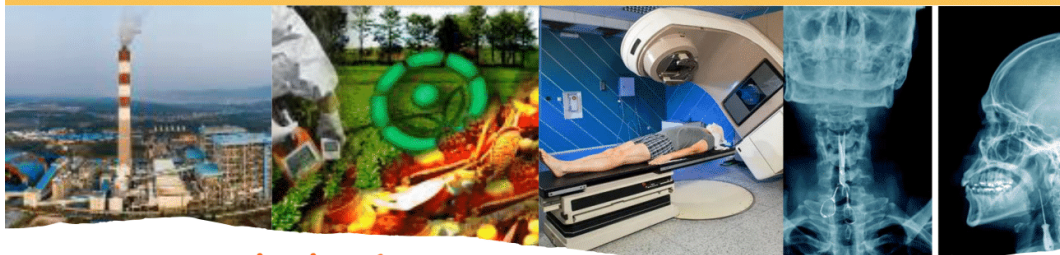
Orientações para a atividade
 Orientações ao professor para realização das atividades que compõem a sequência

Sugestões
 Orientações ao professor para a realização de adaptações nas atividades

Material do aluno
 Material apresentado ao aluno

A atividade 1.1 tem como intuito conhecer as concepções prévias dos estudantes a respeito de radiação e radioatividade para nortear o professor a respeito da abordagem a ser trabalhada em sala.

A atividade 1.2 tem o intuito de trazer aos estudantes um momento de leitura. A indicação dos dois primeiros textos de caráter fictício é para trazer o engajamento dos estudantes ao relacionar a radiação e radioatividade a um assunto presente no seu cotidiano. Os dois textos seguintes já apresentam textos de cunho não fictício com características científicas para auxiliar na construção da alfabetização científica, para que eles possam dar início ao processo de desenvolvimento de uma linguagem específica da ciência.



SUGESTÕES

Atividade 1.2

Como sugestão, o texto pode ser lido pelo professor em voz alta ou pode ser proposta uma leitura individual dos textos.

Atividade 1

O que eu sei sobre Radiação/Radioatividade?

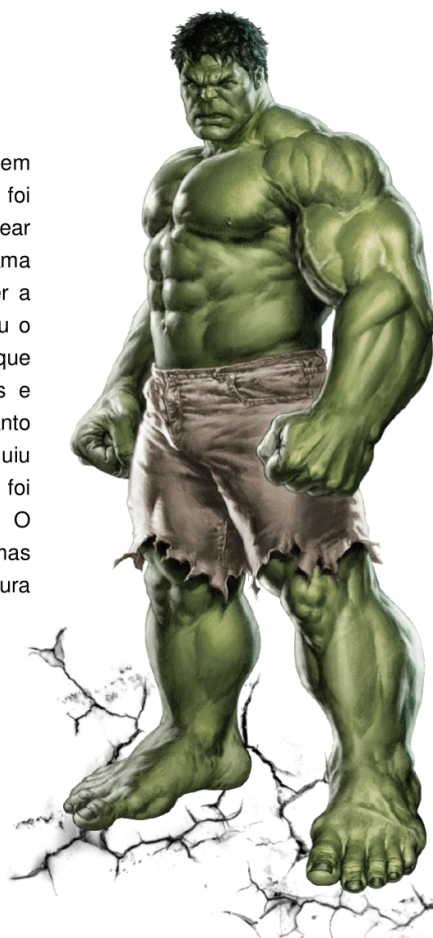
1.1. Problematização: Dentro do que eu sei sobre radiação e radioatividade, a radiação é vilã?

1.2. Leia atentamente os textos abaixo:

Origem do Hulk

Bruce Banner é um cientista especializado em radiação. Graças ao seu conhecimento, foi trabalhar no Departamento de Defesa Nuclear dos EUA e desenvolveu a bomba de raios gama que mudou sua vida. Logo após desenvolver a bomba de raios gama, Bruce Banner colocou o artefato para teste. Entretanto, ele percebeu que um garoto havia invadido a área de testes e pediu a interrupção da contagem, enquanto retirava o menino do local. Bruce conseguiu salvar o garoto, mas a contagem não foi interrompida e ele foi vítima da explosão. O cientista conseguiu escapar da morte, mas acabou se transformando numa criatura monstruosa: o Hulk.

Fonte: Adaptado de
<https://segredosdomundo.r7.com/hulk-historia/>



SUGESTÕES

Para o Ensino Fundamental

Trabalhar fontes de radiação eletromagnéticas e suas aplicações, como controle remoto, telefone celular, raio-x, forno microondas, fotocélulas etc.



O Homem-Aranha

A história do Homem-Aranha começa quando o tímido Peter Parker, órfão de pai e mãe, que vive com os tios (Ben e May) em Forest Hills, no bairro nova-iorquino de Queens (EUA), visita um laboratório onde ocorre uma experiência que revolucionará a sua vida, durante a qual uma aranha é atingida por uma potente radiação tornando-se radioativa. Pouco depois, o aracnídeo pica Peter, transferindo-lhe os incríveis poderes de uma aranha (como subir pelas paredes sem qualquer dificuldade), um sexto sentido (que o avisa dos perigos) e extraordinária agilidade física, contrastando fortemente com a imagem de adolescente reservado e aplicado nos estudos.

Fonte: Adaptado de <https://segredosdomundo.r7.com/hulk-historia/>

Vivendo com a radioatividade

Nós usamos material radioativo para diagnóstico e tratamento em "medicina nuclear". Os pacientes recebem injeções de radioisótopos específicos, dependendo do local do corpo onde o tratamento ou o diagnóstico é necessário.

Radioiodo, por exemplo, é coletado na glândula tireoide, enquanto o rádio acumula-se principalmente nos ossos. A radiação emitida é utilizada para diagnosticar tumores cancerosos. Radioisótopos são também empregados para o tratamento de cânceres, dirigindo-se sua radiação emitida para um tumor.

O radioisótopo médico mais comum é ^{99m}Tc (tecnécio), que é empregado em 30 milhões de procedimentos anualmente em todo o mundo. Como muitos outros isótopos médicos, ele é produzido pelo homem, derivado de um radioisótopo original criado por meio da fissão de urânio em reatores nucleares.

Fonte: Adaptado de <https://www.bbc.com/portuguese/geral-60570722>
Acessado em 25/06/2022

Efeitos da radiação no corpo humano

A radiação pode provocar basicamente dois tipos de danos ao corpo, um deles é a destruição das células com o calor, e o outro consiste numa ionização e fragmentação (divisão) das células.

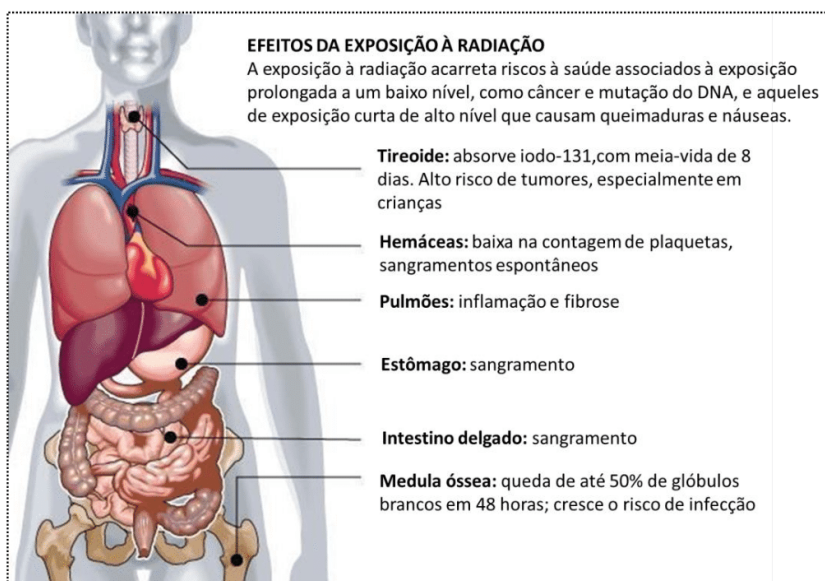
O calor emitido pela radiação é tão forte que pode queimar bem mais do que a exposição prolongada ao sol. Portanto, um contato com partículas radioativas pode deixar a pele do indivíduo totalmente danificada, uma vez que as células não resistem ao calor emitido pela reação.

A ionização e fragmentação celular implicam em problemas de mutação genética durante a gestação de fetos, que nascem prematuramente ou, quando dentro do período de nove meses, nascem com graves problemas de má formação.

Quimicamente falando, seria assim: as partículas radioativas têm alta energia cinética, ou seja, se movimentam rapidamente. Quando tais partículas atingem as células dentro do corpo, elas provocam a ionização celular. Células transformadas em íons podem remover elétrons, portanto, a ionização enfraquece as ligações. E o resultado? Células modificadas e, conseqüentemente, mutações genéticas.

Fonte: Adaptado de <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/efeitos-radiacao-no-corpo-humano.htm>

Acessado em 06/08/2022



É importante iniciar o conteúdo com uma abordagem histórica, pois a ciência, bem como a história são parte da vida e cotidiano da sociedade. A aula deve ser iniciada então com a apresentação dos seguintes vídeos que retratam o início da descoberta da radiação e como o meio científico começou a se desenvolver a partir dessa descoberta.

Na sequência deve ser dada uma aula sobre aspectos técnicos dos tipos de radiação.



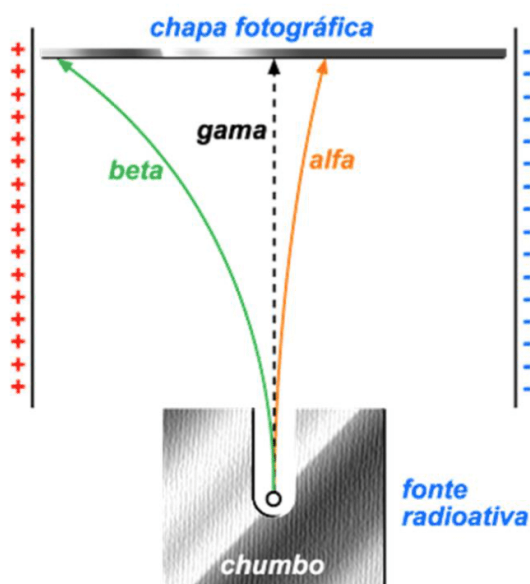
Atividade 2

O que é Radiação?

2.1. História da Radiação

- Série Mundos Invisíveis - Vídeo 6 (a partir de 3 min e 6 seg)
<https://www.youtube.com/watch?v=5RUcavqCTmk&t=186s>
- Série Mundos Invisíveis - Vídeo 7
<https://www.youtube.com/watch?v=v09W9rm5EQ8>

2.2. Tipos de Radiação



Fonte: <http://efisica.if.usp.br/moderna/radioatividade/tipos>

SUGESTÕES

Atividade 2.1

Como sugestão, a atividade pode ser substituída pela indicação do filme "Radioactive", de 2010, da diretora Marjane Satrapi, disponível na Netflix em 2023.

Outra sugestão é substituir as atividades 2.1 e 2.2 pelos vídeos Uma breve história da RADIAÇÃO (Partes 1 e 2) disponíveis em <https://www.youtube.com/watch?v=xDLkPJYHChI> e <https://www.youtube.com/watch?v=RTakhthVFQs>

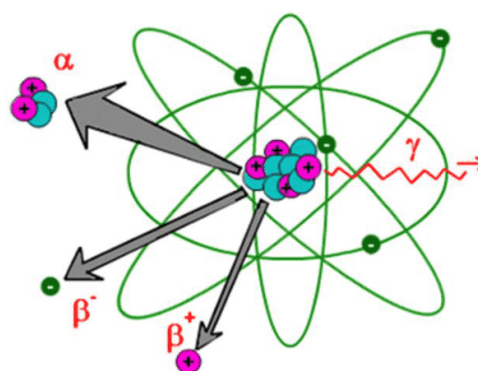
Para o Ensino Fundamental

Trabalhar a radiação solar e protetores solares

Experimento de identificação de carga de radiações (imagem sem escala; cores fantasia)

Na atividade 2.3 sugere-se questionar os estudantes a respeito de como se determina o tempo de um fósil quando é encontrado. Para explicar como acontece a datação de fósseis sugere-se a utilização da figura fornecida no material.

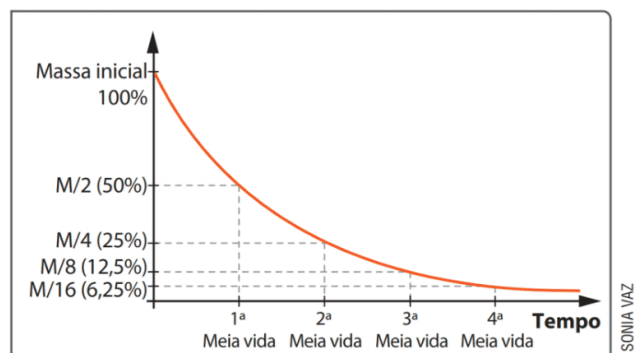
Representação de emissão alfa, beta e gama (imagem sem escala; cores fantasia)



Fonte: <https://www.golabz.eu/lab/radioactivity-lab>

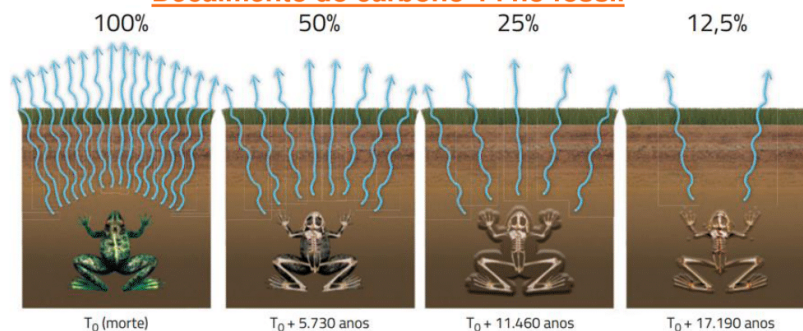
2.3. Decaimento Radioativo

Decaimento Radioativo

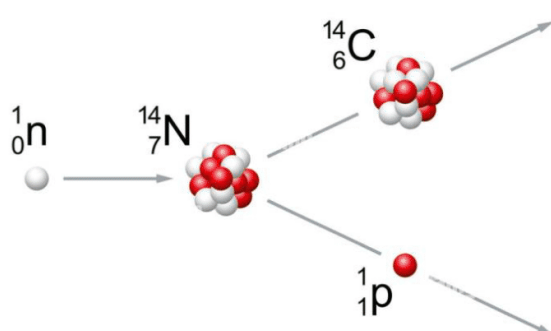


Fonte: Multiversos : ciências da natureza : ciência, tecnologia e cidadania, 2020

Decaimento do carbono-14 no fóssil



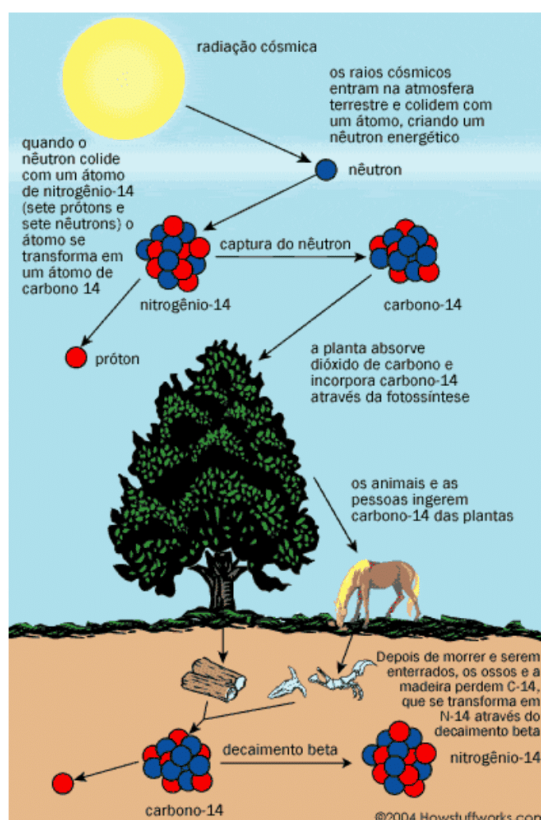
Fonte: Multiversos : ciências da natureza : ciência, tecnologia e cidadania, 2020



Formação do carbono-14 na natureza
(imagem sem escala;
cores fantasia)

Fonte: <https://www.alamy.es/datacion-por-radiocarbono-conocida-como-datacion-por-carbono-o-c-14-metodo-para-determinar-la-edad-de-un-objeto-que-contiene-material-organico-image476434252.html>

Os átomos de carbono-14 criados por raios cósmicos combinam-se com o oxigênio para formar dióxido de carbono, que as plantas absorvem naturalmente e são posteriormente ingeridos por animais (imagem sem escala; cores fantasia)



Fonte: <https://esquadradoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/quim/como-funciona-a-datacao-por-carbono-14/>



Com o objetivo de proporcionar aos estudantes um maior contato com termos técnicos e textos de divulgação científica, sugere-se a leitura em sala de aula do texto “Usos da radiação na saúde”.

SUGESTÕES

Atividade 2.4

Como sugestão, o texto pode ser lido pelo professor em voz alta ou pode ser proposta uma leitura individual dos textos.

Sugere-se também ao professor abordar sobre as aplicações da radiação e radioatividade.

Para o Ensino Fundamental

Trabalhar com os estudantes imagens de raio-x, tomografia e ressonância magnética.

2.4. Leia atentamente o texto a seguir

Usos da radiação na saúde

Radiologia diagnóstica

A radiação ionizante consegue atravessar o corpo humano e gerar imagens para o diagnóstico de doenças. O exame mais conhecido é a radiografia, que utiliza o raio X para verificar se os ossos estão fraturados ou quebrados. No entanto, existem muitos tipos de procedimentos de imagens médicas.

O raio X é aplicado em exames de fluoroscopia para obter imagens em tempo real de estruturas internas em movimento; tomografia computadorizada (TC) de órgãos internos; angiografia de subtração digital para verificação dos vasos sanguíneos; mamografia para o diagnóstico precoce de câncer; e radiografia de tórax para avaliar o contorno do coração.

O diagnóstico realizado usando elementos radioativos ajuda os profissionais de Saúde a determinar a necessidade de uma cirurgia comum ou exploratória, com menos riscos para o paciente, tempo de execução mais curto e recuperação mais rápida.

Medicina nuclear

A medicina nuclear utiliza substâncias radioativas introduzidas no paciente para diagnóstico ou tratamento. Os procedimentos não são invasivos e praticamente indolores. As substâncias radioativas são introduzidas no organismo do paciente por meio de injeção, aspiração ou deglutição, a depender da área do corpo.

A cintilografia é o primeiro exame usado em medicina nuclear, enquanto a Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET) é um método mais atual e oferece uma maior sensibilidade. Os exames são utilizados para verificar a estrutura de ossos, rins, coração, sistema nervoso e tireoide, além de identificar tumores e metástase.

Já a terapia com medicina nuclear envolve substâncias radioativas como o iodo radioativo I-131, Samário-153 e 177Lutécio-Dotatate para tratar hipertireoidismo, câncer de tireoide, tumores ósseos e neuroendócrinos.

Saiba mais

A importância da medicina nuclear

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

Apesar de essa sequência de ensino ter o intuito de desmistificar a radiação e radioatividade como vilã, é importante mostrar também que esta realmente possui riscos quando a segurança é negligenciada. Com esse objetivo, para concluir a aula expositiva, sugere-se a apresentação do vídeo “Os maiores acidentes nucleares da história”.

Em seguida, a turma deve ser orientada sobre a atividade de debate da aula seguinte e deve ser dividida em três grupos. O grupo 1 deverá defender a ideia da instalação e utilização de mais usinas nucleares no Brasil, enquanto o grupo 2 deverá ser contrário a essa ideia. Os dois grupos deverão pesquisar previamente, como preparo para o debate, informações para embasar suas argumentações. O terceiro grupo, composto por apenas 5 estudantes, ficará responsável por elaborar uma pergunta para cada um dos grupos, julgar os argumentos e definir o grupo vencedor do debate.

Radioterapia

A radioterapia pode ser usada para o tratamento do câncer de forma isolada ou combinada com a quimioterapia. A técnica consiste na emissão de radiações ionizantes, como raio X, para destruição de tumores ou barrar o crescimento de células cancerígenas.

A aplicação da radioatividade é restrita à área a ser tratada. Segundo o Instituto Nacional de Câncer (Inca), metade dos pacientes com câncer que passam pelo procedimento apresentam resultados positivos, como desaparecimento de tumores, com o controle e até a cura da doença.

Fonte: Adaptado de

<https://summitsaude.estadao.com.br/tecnologia/radiacao-na-saude-como-o-material-radioativo-e-usado-na-medicina/>

2.5. Acidentes nucleares

- Vídeo: Os Maiores Acidentes Nucleares da História
<https://www.youtube.com/watch?v=5OhbrYWdao>

2.6. Organização para o debate

Organize a sala em 3 grupos. Cada grupo ficará responsável por um dos temas abaixo:

- () Grupo 1: defenderá a ideia da instalação e utilização de mais usinas nucleares.

O grupo deverá apresentar em sua argumentação:

- Geração de energia para substituição da utilização de fontes não renováveis
- Produção de radiofármacos em reatores nucleares
- Benefícios trazidos pelas usinas nucleares à população (área médica, agricultura, produção de alimentos, indústria)

() Grupo 2: será contrário a essa ideia

O grupo deverá apresentar em sua argumentação:

- Danos ao meio ambiente e ecossistemas causados pelas instalações nucleares
- Riscos de acidentes nucleares
- Produção de lixo radioativo

() Grupo 3: 5 estudantes que serão jurados e deverão, ao final, definir se será realizada ou não a instalação de mais usinas

Responsabilidades dos jurados:

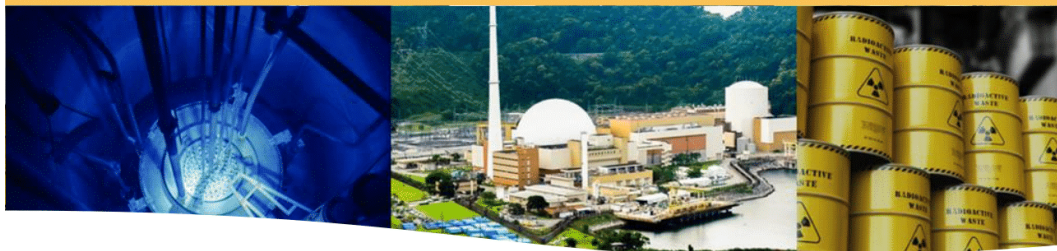
- Ser imparciais em seu julgamento, analisando os argumentos de ambos os casos
- Anotar os argumentos apresentados pelos grupos
- Preparar uma pergunta para cada grupo sobre o que foi apresentado

Instruções para o debate:

- 1º Apresentação dos argumentos do Grupo 1 (3 minutos)
- 2º Apresentação dos argumentos do Grupo 2 (3 minutos)
- 3º Respostas do Grupo 2 em relação à fala do Grupo 1 (3 minutos)
- 4º Respostas do Grupo 1 em relação à fala do Grupo 2 (3 minutos)
- 5º Conclusão das ideias do Grupo 2 (2 minutos)
- 6º Conclusão das ideias do Grupo 1 (2 minutos)
- 7º Reunião dos jurados para definição da pergunta a cada grupo (3 minutos)
- 8º Resposta do Grupo 1 (2 minutos)
- 9º Resposta do Grupo 2 (2 minutos)
- 10º Votação do júri para definição de veredito (2 minutos)

Nesse momento será realizado o debate. Se a escola possuir um auditório ou um centro de convenções, é interessante realizar essa atividade nesses locais por se tratarem de espaços de aprendizagem diferentes da sala de aula. Atente-se para orientar os estudantes a seguirem as regras e controle o tempo de duração de cada uma das etapas do debate.

Ao final da aula, o professor deve solicitar aos estudantes que, para a atividade 4, se possível, levem celulares para auxiliar em suas pesquisas.



Atividade 3 Instalação de Usinas Nucleares

3.1. Debate

Organização da sala e início do debate, considerando os três grupos previamente definidos:

- Grupo 1: defenderá a ideia da instalação e utilização de mais usinas nucleares
- Grupo 2: será contrário a essa ideia
- Grupo 3: 5 estudantes que serão jurados e deverão, ao final, definir se será realizada ou não a instalação de mais usinas

3.2. Pesquisa sobre aplicações da radiação e radioatividade na sociedade

Pesquise e traga para a sala de aula materiais descrevendo sobre como é possível utilizar a radiação e radioatividade em prol da sociedade nas diferentes atividades humanas, como indústria, agricultura, produção de alimento e fonte de energia e as consequências da utilização desse tipo de energia, como o lixo radioativo.



Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Kernkraftwerk_Grafenrheinfeld_-_2013.jpg

A usina nuclear de Grafenrheinfeld operou entre 1981 e 2015, quando foi desativada no âmbito da política de abandono progressivo da energia nuclear na Alemanha. Em consequência do encerramento da usina, a Alemanha passou a depender fortemente do carvão e do gás natural, principalmente da Rússia, para produzir eletricidade.

SUGESTÕES

Atividade 3.1

Em várias cidades do Brasil há centros de pesquisas nucleares e que recebem visitas escolares para apresentar aos estudantes sobre radiação e radioatividade e os reatores nucleares. Caso seja possível, organize em sua escola uma visita programada a um desses centros.

Para o Ensino Fundamental

O tema do debate pode ser adaptado para temas como: Qual o papel das ciências da tecnologia na vida cotidiana? Qual a importância das inovações científico-tecnológicas para a sociedade?

Na última aula acontecerá a avaliação, que consiste de duas etapas. A turma deverá ser separada em duas bolhas, 1 e 2, e dentro de cada uma das bolhas devem-se formar 5 grupos. A bolha 1 ficará responsável pela criação de uma Fake News e a bolha 2 pela criação de um produto hipotético. Ambas deverão abordar o tema da radiação dentro do que foi estudado. Dentro de cada uma das bolhas devem ser distribuídos os 5 temas mostrados a seguir, sobre os quais os estudantes deverão elaborar um texto sobre a Fake News ou o produto hipotético.

Na atividade 4.2 os estudantes devem se reunir para preparar os textos conforme as orientações presentes no material do aluno. Eles podem consultar suas anotações de acordo com o que pesquisaram, o material que compõe a Sequência de Ensino e acesso a internet por meio de seus próprios celulares.



Atividade 4

Análise crítica da notícia

4.1. Organização para a avaliação final

Organize a sala em 2 bolhas:

- () Bolha 1: Notícia do tipo Fake News
- () Bolha 2: Notícia sobre lançamento de um produto inovador

Cada uma das bolhas deverá ser organizada em 5 grupos de acordo com os temas abaixo:

- () Grupo 1: Radiação na agricultura
- () Grupo 2: Radiação na produção de alimentos
- () Grupo 3: Radiação na indústria
- () Grupo 4: Radiação como fonte de energia
- () Grupo 5: Rejeitos radioativos

4.2. Utilizando os conhecimentos aprendidos sobre radiação e radioatividade, elabore em grupo o seu material com as seguintes características:

- Um título chamativo coerente com a notícia
- Um texto relatando a notícia contendo de 5 a 10 linhas
- Deverá conter conceitos científicos e uso de termos técnicos da área, essenciais na linguagem científica
- Evitar expressões populares, gírias e figuras de linguagem como a redundância e a ambiguidade

SUGESTÕES

Atividade 4.1

O professor poderá levar os estudantes à biblioteca da escola para que os mesmos possam realizar a pesquisa nos livros e revistas disponíveis.

Na segunda etapa da avaliação (atividade 4.3), os estudantes devem ser convidados a realizar a correção dos textos produzidos pelos seus colegas da outra bolha. Para isso troque os textos da bolha 1 com os textos da bolha 2, de forma que cada grupo receba o texto do grupo da outra bolha referente ao seu próprio tema. Como forma de registrar a avaliação oriente-os a responder as três questões mostradas a seguir. Durante a avaliação os estudantes podem também complementar o trabalho dos colegas de maneira a trazer novas ideias ou complementar a ideia iniciada no texto.

4.3. Cada grupo deverá analisar de forma crítica o material apresentado pelo grupo de mesmo número da outra bolha, respondendo às seguintes perguntas:

- 1) O título chamou sua atenção para a leitura dessa notícia?
Justifique.

- 2) O título está de acordo com a notícia apresentada? Aponte características no texto que demonstrem isso.

- 3) Identifique na notícia os conceitos científicos utilizados de forma correta e aqueles utilizados de forma errada. Faça a correção dos conceitos que foram apresentados de forma errada no que diz respeito a radiação e radioatividade.



Neste trabalho foi utilizado o tema Radiação para elaboração de um conjunto de atividades com uma abordagem do ensino por investigação utilizando um enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade com objetivos de promover condições para a alfabetização científica.

A sequência de ensino é fruto do desenvolvimento de uma pesquisa realizada no programa de mestrado profissional Educação e Docência na linha de Ensino de Ciências da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais.

