



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
POLO 48**

**MARIA SÍLVIA SANTOS DE LIMA**

**RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS: UMA PROPOSTA PARA EJA BASEADA NA  
ABORDAGEM TEMÁTICA FREIREANA**

**CAMPINA GRANDE - PB  
2025**

**MARIA SÍLVIA SANTOS DE LIMA**

**RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS: UMA PROPOSTA PARA EJA BASEADA NA  
ABORDAGEM TEMÁTICA FREIREANA**

Dissertação apresentada à Coordenação do  
Curso de Mestrado Profissional em Ensino de  
Física da Universidade Estadual da Paraíba,  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Mestra em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Física e Sociedade.

**Orientadora:** Profa. Dra. Laércia Maria Bertulino de Medeiros

**CAMPINA GRANDE - PB  
2025**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L732r Lima, Maria Sílvia Santos de.

Radiações eletromagnéticas [manuscrito] : uma proposta para EJA baseada na abordagem temática freireana / Maria Sílvia Santos de Lima. - 2025.

113 f. : il. color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2025.

"Orientação : Prof. Dra. Laercia Maria Bertulino de Medeiros, Departamento de Psicologia - CCBS".

1. Abordagem Temática Freireana. 2. Educação de Jovens e Adultos. 3. Radiações eletromagnéticas. I. Título

21. ed. CDD 374

MARIA SÍLVIA SANTOS DE LIMA

RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS: UMA PROPOSTA PARA EJA BASEADA NA  
ABORDAGEM TEMÁTICA FREIREANA

Dissertação apresentada à Coordenação do  
Curso de Mestrado Profissional em Ensino de  
Física da Universidade Estadual da Paraíba,  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Mestra em Ensino de Física

Linha de Pesquisa: Física e Sociedade.

Aprovada em: 26/06/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **Ana Raquel Pereira de Ataíde** (\*\*\*.970.704-\*\*), em **31/08/2025 18:49:31** com chave **6084177286b411f0b72b06adb0a3afce**.
- **José Wagner Cavalcanti Silva** (\*\*\*.629.544-\*\*), em **29/08/2025 11:41:18** com chave **396389e084e611f0af581a1c3150b54b**.
- **Laercia Maria Bertulino de Medeiros** (\*\*\*.307.094-\*\*), em **29/08/2025 12:04:48** com chave **819d1c5a84e911f082262618257239a1**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse [https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar\\_documento/](https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/) e informe os dados a seguir. **Tipo de Documento:** Folha de Aprovação do Projeto Final **Data da Emissão:** 01/09/2025  
**Código de Autenticação:** 6d4a97



À minha amada mãe, Jeane, que, mesmo não entendendo do que se trata este trabalho, me apoia e ama todos os dias.

## AGRADECIMENTOS

Sou grata a Deus, fonte de toda sabedoria. Foram nos momentos de dúvida e cansaço que senti sua presença me fortalecendo. Ele esteve comigo, conduzindo-me em cada passo dessa trajetória acadêmica e permitindo concretizar mais um sonho: a conclusão do mestrado.

Aos meus pais, irmãos e sobrinho minha gratidão por todo amor, apoio e incentivo nos momentos em que mais precisei. Vocês são o alicerce que sustenta cada uma das minhas conquistas.

Aos meus queridos amigos, agradeço pelo companheirismo, pelas palavras de incentivo, pela escuta e por cada gesto de carinho.

À minha querida orientadora, Laércia, agradeço por me acolher como orientanda e não apenas pela orientação acadêmica, mas também pela sensibilidade, paciência e confiança em mim e neste trabalho. Suas contribuições foram muito além do campo acadêmico — foram humanas, gentis e inspiradoras.

À minha querida professora, Ana Raquel, sou extremamente grata pelas contribuições valiosas. Seus direcionamentos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também por todas suas aulas enriquecedoras e por sua presença em minha formação acadêmica desde a graduação. Você é uma professora inspiradora, a quem admiro muito.

Ao professor José Wagner, por gentilmente aceitar o convite para compor a banca examinadora e pelas relevantes contribuições. Ao professor Alexandre Campos, minha gratidão pela presença na qualificação e pelas considerações que acrescentaram ao processo. Estendo meus agradecimentos a todos os professores deste programa de pós-graduação, que, com dedicação e excelência, contribuíram com minha formação docente.

Aos meus colegas de mestrado, obrigada pela parceria, pelas trocas de experiências e apoio mútuo ao longo dessa etapa, e também pelas risadas que tornaram nossos intensos dias de aula mais leves.

E, ainda, meu agradecimento aos estudantes com os quais esta proposta foi aplicada. Foi uma honra ser professora da EJA. Juntos, partilhamos conhecimentos e histórias de vida. A determinação e o esforço de cada um de vocês são inspiração para mim.

A todas e todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo meu muito obrigada!

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

“[...] eu me movo como professor porque apesar de saber quão difícil é mudar, eu sei que é possível mudar. Pode ser até que o agente da mudança mais radical não seja nem sequer minha geração, mas sem a minha geração a outra não vai mudar”

(Paulo Freire, 1996).

## RESUMO

O trabalho desenvolvido consiste em uma proposta para o ensino de ciências na Educação de Jovens e Adultos (EJA) baseada na Abordagem Temática Freireana. Optamos por adotar tal abordagem, pois buscamos uma perspectiva que melhor se adeque à realidade da EJA, considerando que o ponto de partida para o processo de construção do conhecimento deve emergir das contradições sociais vivenciadas pelos estudantes. Nesse contexto, buscamos responder à seguinte questão: de que maneira a Abordagem Temática Freireana pode favorecer o ensino de radiações eletromagnéticas no contexto da EJA? Como objetivo geral, propomos desenvolver e aplicar uma proposta de ensino para abordar as radiações eletromagnéticas, bem como suas características e aplicações, a fim de discutir e avaliar os possíveis danos que podem causar à nossa saúde, a partir de um tema gerador identificado no contexto vivido pelos estudantes. Para alcançar tal objetivo, realizamos uma pesquisa acerca da EJA e destacamos, na fundamentação teórica, as ideias de Paulo Freire e suas notáveis contribuições para a educação de adultos. Trata-se de uma pesquisa de natureza teórica e empírica. Em seu aspecto teórico, investigamos a perspectiva de ensino da Abordagem Temática Freireana, bem como o estudo das radiações eletromagnéticas. Já no seu aspecto empírico, envolveu os procedimentos adotados para a identificação do tema gerador. Nesse processo, foi aplicado um questionário com o objetivo de investigar quais faixas do espectro eletromagnético estão mais presentes no cotidiano dos estudantes. Em seguida, realizou-se uma entrevista com moradores da comunidade, a fim de confirmar os dados obtidos na etapa anterior. As etapas da pesquisa estão em consonância com o referencial teórico adotado, sendo elas: levantamento preliminar; análise das situações e escolha das codificações; diálogos descodificadores; redução temática; e, por fim, a realização das atividades em sala de aula. A proposta foi implementada em uma turma dos ciclos VII e VIII da EJA do ensino fundamental. Como resultado da pesquisa, apresentam-se as falas significativas dos participantes e o processo de análise dos dados obtidos. Com a aplicação em sala de aula, constatou-se que a abordagem por temas geradores é um caminho promissor para tornar o ensino das radiações eletromagnéticas mais acessível e conectado à realidade da EJA. Os resultados mostraram-se positivos ao vincular os conhecimentos científicos às experiências dos estudantes, valorizando suas trajetórias e contribuindo para a formação de sujeitos críticos e conscientes de seu papel na sociedade. Por meio do produto educacional desenvolvido, busca-se contribuir e auxiliar docentes na implementação de práticas pedagógicas mais sensíveis às especificidades dessa modalidade de ensino.

**Palavras-Chave:** abordagem temática freireana; educação de jovens e adultos; radiações eletromagnéticas.

## ABSTRACT

The developed work consists of a proposal for teaching science in Youth and Adult Education (EJA), based on the Freirean Thematic Approach. This approach was chosen as it offers a perspective better suited to the reality of EJA, considering that the starting point for the construction of knowledge must emerge from the social contradictions experienced by the students. In this context, the study seeks to answer the following question: How can the Freirean Thematic Approach contribute to the teaching of electromagnetic radiation in the context of EJA? The general objective was to develop and implement a teaching proposal addressing electromagnetic radiation, its characteristics, and applications, with the aim of discussing and assessing the possible health risks it may cause, starting from a generative theme identified within the student's lived context. To achieve this objective, a study was conducted on EJA, with theoretical foundations highlighting the ideas of Paulo Freire and his significant contributions to adult education. This research is both theoretical and empirical. The theoretical aspect involved investigating the teaching perspective of the Freirean Thematic Approach and the study of electromagnetic radiation. The empirical aspect included procedures to identify the generative theme. A questionnaire was applied to investigate which portions of the electromagnetic spectrum are most present in the students' daily lives, followed by interviews with community residents to confirm the data obtained in the previous stage. The research stages were aligned with the adopted theoretical framework: preliminary survey; analysis of situations and selection of codifications; decoding dialogues; thematic reduction; and, finally, classroom activities. The proposal was implemented in a class of EJA students from cycles VII and VIII of elementary education. As a result, the research presents significant participant statements and the process of data analysis. The classroom implementation demonstrated that the use of generative themes is a promising approach to make the teaching of electromagnetic radiation more accessible and connected to the reality of EJA. The results were positive in linking scientific knowledge to students' experiences, valuing their trajectories, and contributing to the formation of critical and socially aware individuals. Through the developed educational product, the study seeks to contribute and support teachers in implementing pedagogical practices that are more sensitive to the specificities of this educational modality.

**Keywords:** freirean thematic approach; youth and adult education; electromagnetic radiation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Oscilação dos campos elétrico e magnético de uma onda eletromagnética.
- Figura 2 – Aplicando a lei de Faraday para a espira retangular  $(\Delta y)/(dx)$ .
- Figura 3 – Aplicando a lei de Ampère-Maxwell para a espira retangular  $(\Delta z)/(dx)$ .
- Figura 4 – Espectro eletromagnético.
- Figura 5 – Sensibilidade relativa do olho humano em função do comprimento de onda.
- Figura 6 – Penetração cutânea da radiação UV.
- Figura 7 – Poder de penetração das radiações alfa, beta e gama.
- Figura 8 – Mecanismos de ação direta e indireta no DNA.
- Figura 9 – Equipamentos presentes no cotidiano dos estudantes.
- Figura 10 – Percepção dos estudantes sobre equipamentos que emitem radiação.
- Figura 11 – Antenas de telefonia móvel localizadas em Areial/PB.
- Figura 12 – Processo de Redução Temática.
- Figura 13 – Estudante colando a tirinha em seu caderno.
- Figura 14 – Estudante colando imagem.
- Figura 15 – Cartaz sendo preenchido.
- Figura 16 – Tema gerador.
- Figura 17 – Turma dividida em equipes.
- Figura 18 – Estudantes analisando as imagens.
- Figura 19 – Exibição de vídeos e matéria.
- Figura 20 – Estudantes ensaiando a encenação.
- Figura 21 – Preparação da sala para encenação.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Procedimentos teóricos-metodológicos da Abordagem Temática Freireana.

Tabela 2 – Distância de segurança em relação à algumas antenas de transmissão.

Tabela 3 – Radiações não ionizantes.

Tabela 4 – Efeitos crônicos das radiações ionizantes.

Tabela 5 – Perguntas respondidas pelos estudantes da EJA.

Tabela 6 – Algumas das falas significativas obtidas e suas respectivas situações-limite e possíveis temas.

Tabela 7 – Perguntas feitas pela pesquisadora aos moradores.

Tabela 8 – Apresentação geral da proposta didática.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|        |                                                                            |
|--------|----------------------------------------------------------------------------|
| ANATEL | Agência Nacional de Telecomunicações                                       |
| DNA    | Ácido Desoxirribonucleico                                                  |
| EJA    | Educação de Jovens e Adultos                                               |
| GEATEC | Grupo de Estudos e Pesquisa sobre Abordagem Temática no Ensino de Ciências |
| INCA   | Instituto Nacional de Câncer                                               |
| LC     | Indutor-Capacitor                                                          |
| LDB    | Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional                             |
| MNPEF  | Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física                         |
| PCEJA  | Proposta Curricular para a Educação de Jovens e Adultos                    |
| PNA    | Plano Nacional de Alfabetização                                            |
| SI     | Sistema Internacional de Unidades                                          |
| UV     | Radiação Ultravioleta                                                      |
| UVA    | Ultravioleta A                                                             |
| UVB    | Ultravioleta B                                                             |
| UVC    | Ultravioleta C                                                             |

## SUMÁRIO

|              |                                                                                  |           |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                          | <b>14</b> |
| <b>1.1</b>   | <b>Justificativa da temática .....</b>                                           | <b>15</b> |
| <b>1.2</b>   | <b>Apresentando a estrutura do trabalho .....</b>                                | <b>16</b> |
| <b>2</b>     | <b>REFERENCIAL TEÓRICO EM ENSINO .....</b>                                       | <b>17</b> |
| <b>2.1</b>   | <b>A Educação de Jovens e Adultos.....</b>                                       | <b>17</b> |
| <b>2.2</b>   | <b>O ensino de ciências/física na EJA .....</b>                                  | <b>18</b> |
| <b>2.3</b>   | <b>Paulo Freire e a Educação de Jovens e Adultos .....</b>                       | <b>19</b> |
| <b>2.4</b>   | <b>A Abordagem Temática Freireana .....</b>                                      | <b>21</b> |
| <b>2.5</b>   | <b>A perspectiva da Abordagem Temática Freireana no ensino de ciências .....</b> | <b>24</b> |
| <b>3</b>     | <b>REFERENCIAL TEÓRICO EM FÍSICA .....</b>                                       | <b>26</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>Estudo das Radiações .....</b>                                                | <b>26</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>Radiações eletromagnéticas.....</b>                                           | <b>26</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>Equações de Maxwell .....</b>                                                 | <b>27</b> |
| <b>3.4</b>   | <b>Descrição matemática de uma onda eletromagnética .....</b>                    | <b>29</b> |
| <b>3.5</b>   | <b>Espectro eletromagnético .....</b>                                            | <b>33</b> |
| <b>3.6</b>   | <b>Radiações ionizantes e não-ionizantes.....</b>                                | <b>39</b> |
| <b>3.7</b>   | <b>Efeitos das radiações ionizantes .....</b>                                    | <b>40</b> |
| <b>4</b>     | <b>METODOLOGIA.....</b>                                                          | <b>43</b> |
| <b>4.1</b>   | <b>Contexto e sujeitos da pesquisa.....</b>                                      | <b>43</b> |
| <b>4.2</b>   | <b>Características da pesquisa .....</b>                                         | <b>44</b> |
| <b>5</b>     | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                                              | <b>46</b> |
| <b>5.1</b>   | <b>Estudo prévio: busca por situações significativas.....</b>                    | <b>46</b> |
| <b>5.1.1</b> | <b>Levantamento preliminar .....</b>                                             | <b>46</b> |
| <b>5.1.2</b> | <b>Codificação .....</b>                                                         | <b>50</b> |
| <b>5.1.3</b> | <b>Descodificação .....</b>                                                      | <b>51</b> |
| <b>5.1.4</b> | <b>Redução temática .....</b>                                                    | <b>53</b> |
| <b>5.2</b>   | <b>Desenvolvimento em sala de aula.....</b>                                      | <b>56</b> |
| <b>5.2.1</b> | <b>Relato do 1º encontro.....</b>                                                | <b>56</b> |
| <b>5.2.2</b> | <b>Relato do 2º encontro.....</b>                                                | <b>58</b> |
| <b>5.2.3</b> | <b>Relato do 3º encontro.....</b>                                                | <b>62</b> |
| <b>5.2.4</b> | <b>Relato do 4º encontro.....</b>                                                | <b>64</b> |
| <b>5.2.5</b> | <b>Relato do 5º encontro.....</b>                                                | <b>66</b> |
| <b>5.2.6</b> | <b>Relato do 6º encontro.....</b>                                                | <b>69</b> |
| <b>6</b>     | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                                | <b>72</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                         | <b>74</b> |

|                                                |           |
|------------------------------------------------|-----------|
| <b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INICIAL .....</b> | <b>77</b> |
| <b>APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>  | <b>78</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da atualidade no ensino de ciências/física constitui-se em proporcionar um processo de construção do conhecimento que seja mais atrativo aos estudantes, de modo que possibilite a relação dos conceitos científicos com seus conhecimentos prévios e suas experiências vivenciais. Favorecendo, dessa forma, a formação cidadã, além de capacitar os indivíduos a interpretar criticamente os desafios da realidade na qual estão inseridos.

Isso se faz ainda mais necessário na EJA, pois, além do processo de ensino e aprendizagem já mencionado, os estudantes enfrentam desafios como a retomada dos estudos interrompidos, a readaptação ao ambiente escolar e a conciliação entre estudo e trabalho. Segundo Brasil (2005), cabe ao sistema de ensino assegurar oportunidades educacionais adequadas a eles, considerando suas condições de vida e de trabalho.

Nesse contexto, a prática pedagógica na EJA precisa ser diferenciada, envolvendo a elaboração de atividades dinâmicas e contextualizadas que conectem os temas de interesse dos estudantes com o conhecimento científico. A Proposta Curricular para a Educação de Jovens e Adultos (PCEJA) orienta que o professor leve em conta os objetos e fenômenos que fazem parte do cotidiano dos estudantes, de modo que estes reconheçam os saberes construídos em diferentes dimensões — culturais, sociais e tecnológicas — relevantes para sua realidade local (BRASIL, 2002). Portanto, o professor precisa adotar diversas estratégias metodológicas que estimulem a curiosidade e a criatividade dos estudantes, aproveitando seus saberes e experiências pessoais.

Com esse propósito, entre os teóricos e abordagens de ensino que apresentam discussões pertinentes à realidade da EJA, destacam-se especialmente as concepções de Paulo Freire sobre a construção do conhecimento a partir das vivências dos estudantes, visando promover uma educação libertadora. Nesse sentido, Freire afirma:

[...] o trabalho pedagógico que, a partir do conhecimento que o aluno traz, [...], haja uma superação do mesmo, não no sentido de anular esse conhecimento ou de sobrepor um conhecimento ao outro. O que se propõe é que o conhecimento com o qual se trabalha na escola seja relevante e significativo para a formação do educando (FREIRE, 1995, p. 83).

A abordagem por meio de temas oriundos de situações significativas para os estudantes, é denominada Abordagem Temática Freireana e foi adotada como fundamentação teórica deste trabalho por alinhar-se às necessidades específicas da EJA.

Embora existam materiais didáticos que auxiliem os professores nesta modalidade de ensino, não são todas as escolas que dispõem dos mesmos, diante dessa realidade nos motivamos a desenvolver esta pesquisa e buscamos responder à seguinte questão: “De que maneira a Abordagem Temática Freireana pode favorecer o ensino de radiações eletromagnéticas no contexto da EJA?” Na busca por respostas a esse questionamento, o objetivo geral deste estudo consiste em desenvolver uma proposta de ensino para abordar de forma multidisciplinar os conceitos das radiações eletromagnéticas, bem como suas características e aplicações, a fim de discutir e avaliar os possíveis danos que podem causar à nossa saúde, a partir de um tema gerador que foi obtido no contexto em que os estudantes estão imersos.

### **1.1 Justificativa da temática**

Em minha prática docente, percebi o quão desafiador pode ser para um professor adaptar-se à realidade da EJA. Esse público requer uma abordagem diferente do ensino regular, com a necessidade de adequar as metodologias e ministrar a mesma aula para estudantes de diferentes faixas etárias, cada um com suas próprias experiências de vida e concepções de mundo já formadas.

Apesar das dificuldades que serão descritas no capítulo 2, a experiência de lecionar na EJA é gratificante e inspiradora. É motivador ver a determinação dos estudantes, muitos dos quais realizam trabalhos fisicamente exaustivos e, ainda assim, continuam interessados em aprender e dar continuidade aos estudos. Essa dedicação nos incentiva a aprimorar as práticas pedagógicas e a tornar o conhecimento científico mais claro e acessível para todos.

No que se refere à temática das radiações eletromagnéticas, o interesse surgiu a partir das experiências na EJA. É perceptível que o ensino de ciências frequentemente enfoca mais os conteúdos de biologia do que os de física e/ou química. Isso ocorre comumente porque muitas vezes, os professores que lecionam ciências no ensino fundamental têm formação em ciências biológicas.

Outro fator é a aversão que os estudantes têm às aulas de física matematizadas. Por esses motivos, as ondas eletromagnéticas e seus efeitos quase não são abordados na EJA, apesar de estarem presentes nas habilidades da Base Nacional Comum Curricular. No entanto, essa temática é bastante interessante e possibilita uma discussão muito rica, podendo ser explorada através de temas e suas aplicações em diversas áreas.

## 1.2 Apresentando a estrutura do trabalho

Este trabalho é constituído por seis capítulos, que são: introdução, referencial teórico em ensino, referencial teórico em física, metodologia, resultados e discussões e considerações finais. No primeiro capítulo, introduzimos o estudo, apresentando o tema, justificando sua relevância, formulando o problema de pesquisa, definindo o objetivo e explicando o interesse pela temática. Por fim, apresentamos a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, contextualizamos nossa pesquisa a partir do referencial teórico sobre ensino. Apresentamos uma discussão geral sobre a EJA, abordando suas dificuldades e potencialidades atuais. Destacamos as contribuições significativas de Paulo Freire para essa modalidade e descrevemos os procedimentos teórico-metodológicos da Abordagem Temática Freireana, estruturada em cinco etapas: levantamento preliminar; análise das situações e escolha das codificações; diálogos descodificadores; redução temática; e, por fim, o trabalho em sala de aula. Além disso, destacamos alguns estudos na área de ensino de ciências sob a perspectiva dessa abordagem.

O terceiro capítulo, apresentamos a fundamentação teórica acerca do estudo das ondas eletromagnéticas. Iniciamos com a definição de radiação, classificando-a em corpuscular e eletromagnética, com ênfase nas radiações eletromagnéticas. Abordamos os princípios do eletromagnetismo, os efeitos biológicos das radiações ionizantes, além de apresentar as equações de Maxwell, que fundamentam a teoria das ondas eletromagnéticas. Exploramos o espectro eletromagnético e as aplicações das radiações eletromagnéticas, finalizando com uma discussão sobre os efeitos das radiações ionizantes em nossa saúde.

No quarto capítulo, detalhamos os procedimentos adotados para a realização de nossa pesquisa, apresentando as características do contexto e dos sujeitos envolvidos. Descrevemos também o percurso metodológico para a definição do Tema Gerador. Assim, esses procedimentos adotados visam o desenvolvimento de uma proposta de ensino fundamentada na Abordagem Temática Freireana.

No quinto capítulo, detalhamos as etapas realizadas para a definição do Tema Gerador, que correspondem às quatro primeiras etapas da Investigação Temática. Em seguida, apresentamos os resultados obtidos com a implementação das atividades didático-pedagógicas na EJA, que corresponde à etapa de desenvolvimento em sala de aula, tendo como base o Produto Educacional desenvolvido. Por fim, no capítulo final, apresentamos uma discussão sobre o trabalho, seus resultados, possibilidades e considerações gerais sobre a pesquisa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO EM ENSINO

Trazemos como aporte teórico uma breve contextualização da implementação da EJA em nosso país e suas atuais dificuldades e possibilidades. Dentre os teóricos estudados, evidenciamos as ideias de Paulo Freire e suas relevantes contribuições para a educação. Também são descritos os procedimentos teórico-metodológicos da Abordagem Temática Freireana, cujo processo investigativo é estruturado em cinco etapas: levantamento preliminar; análise das situações e escolha das codificações; diálogos descodificadores; redução temática; e o trabalho em sala de aula. Por fim, destacamos alguns estudos na área de ensino de ciências sob a perspectiva dessa abordagem.

### 2.1 A Educação de Jovens e Adultos

A Educação de Jovens e Adultos (EJA) é uma modalidade da educação básica que visa garantir o direito à educação para aqueles que, por diversos motivos, não tiveram acesso aos estudos e/ou a possibilidade de continuidade na educação básica na idade apropriada. Essa modalidade está em conformidade com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996, que em seu Art. 4º assegura:

O dever do Estado com educação escolar pública será efetivado mediante a garantia de: oferta de educação escolar regular para jovens e adultos, com características e modalidades adequadas às suas necessidades e disponibilidades, garantindo-se aos que forem trabalhadores as condições de acesso e permanência na escola (BRASIL, 2005, p. 9).

Entretanto, apesar de o direito à educação estar formalmente garantido por dispositivos legais, a educação de adultos historicamente não recebeu a devida valorização. Isso se deve ao fato de que, em seus primórdios no Brasil, essa modalidade surgiu mais como resposta a interesses políticos e econômicos dos grupos dominantes do que como um compromisso com a formação cidadã, já que, naquele período, os brasileiros analfabetos eram privados do direito ao voto.

Com o avanço para o século XX, os adultos analfabetos passaram a ter a oportunidade de serem alfabetizados, não como algo destinado ao seu crescimento enquanto cidadãos, mas porque os analfabetos foram responsabilizados pela decadência e subdesenvolvimento do Brasil, por não contribuírem para o desenvolvimento do país (Silva, 2023).

Diante desse contexto, essa ideia foi propagada e pessoas analfabetas seguiram sendo

marginalizadas na sociedade. Atualmente, a EJA ainda enfrenta prejulgamentos sociais, sendo muitas vezes, inferiorizada em relação ao ensino regular. É preciso romper com o estereótipo em relação à aprendizagem desses estudantes, que são por vezes subestimados.

A evasão escolar é outro fator recorrente na EJA e requer não apenas o acesso dos estudantes à escola, mas também ações que favoreçam sua permanência. Para Freire (2012), esse fenômeno, frequentemente entendido como uma forma de expulsão, resulta de fatores políticos e ideológicos que desconsideram a cultura e os saberes prévios dos estudantes. Diante disso, é fundamental que os currículos sejam construídos de forma a contemplar o contexto social dos estudantes e valorizar suas especificidades.

Considerando que, atualmente, a idade mínima para ingresso na EJA é de maiores de quinze anos para o Ensino Fundamental e de maiores de dezoito anos para o Ensino Médio. O público que ingressa na EJA é bastante diversificado em termos de faixa etária, incluindo muitos estudantes que retornam aos estudos após interrompê-los por muitos anos, cada um trazendo sua própria visão de mundo.

Portanto, é preciso que o professor desenvolva sua prática docente de maneira a contemplar as diferenças individuais e os perfis dos estudantes, suas experiências e os saberes já existentes, e conectando-os aos conteúdos que serão desenvolvidos através da educação formal (Brasil, 2002).

## **2.2 O ensino de ciências/física na EJA**

O ensino de ciências é obrigatoriamente incluído na educação básica em todas as modalidades de ensino, do nível fundamental ao médio. No contexto da EJA, deve-se promover uma integração entre o ensino e a vida cidadã, contribuindo para uma melhor preparação para o trabalho e enriquecendo os significados das experiências de vida dos estudantes, não apenas em ciências, mas em cada componente curricular (Brasil, 2002).

Para atender esta demanda, práticas frequentes no ensino de ciências precisam ser revistas, pois não consideram os conhecimentos trazidos pelos estudantes e são realizadas exclusivamente por memorização de definições, regras e fórmulas, visando apenas o desempenho em provas. Esse tipo de metodologia, muitas vezes, desestimula o estudante e acaba colocando uma barreira, impossibilitando que ele faça vínculos com sua realidade, o que tornaria o conhecimento científico mais instigante. Conforme é exposto nos Parâmetros Curriculares da EJA:

[...] é importante respeitar os conhecimentos dos alunos, por mais diferentes que sejam do conhecimento científico. Impor a explicação científica como a correta, em detrimento da explicação popular, pode gerar indisposição em relação ao conhecimento científico. (BRASIL, 2002, p. 73)

É necessário, portanto, que nesse cenário o professor seja facilitador do processo de aprendizagem, fornecendo meios para que os jovens e adultos compreendam a ciência como uma construção humana, não sendo possível separá-la das implicações sociais. Entretanto, há desafios. Segundo Silva (2023), os professores frequentemente utilizam materiais didáticos voltados para o ensino regular, fazendo uma adaptação e reduzindo os conteúdos. Isso ocorre principalmente devido à dificuldade em encontrar materiais específicos que atendam às necessidades e objetivos de aprendizagem dos estudantes dessa modalidade de ensino.

Outro aspecto é a necessidade de formação docente voltada à EJA. Fernandes (2015), propõe: é necessário reavaliar a Educação de Jovens e Adultos, suas diretrizes e parâmetros, e, acima de tudo, investir na qualificação dos professores que atuam nessa área. Portanto, o docente deve receber uma formação inicial específica para esse campo de ensino e, durante sua carreira, continuar a se aprimorar por meio de formação continuada.

Porém, observa-se que na maioria dos casos, os professores atuam nessa modalidade não possuem formação específica, seja pela ausência de abordagem dessa temática nos cursos de licenciatura e/ou pela falta de formação continuada, bem como pela ausência de políticas públicas visando as demandas da EJA. Resultando assim, no ensino de ciências/física resumido a uma mera exposição dos conteúdos de forma descontextualizada, contribuindo pra um ensino mecânico, visto por Freire (1987), como educação bancária.

### **2.3 Paulo Freire e a Educação de Jovens e Adultos**

Diante do que foi exposto, como superar as dificuldades enfrentadas? Qual seria a prática pedagógica que melhor se adequa a realidade da EJA? Para responder esses e outros questionamentos, buscamos o trabalho de pesquisadores da área de ensino que pudesse apresentar discussões e direcionamento para se trabalhar com essa modalidade de ensino.

Dentre os teóricos, destacaremos o educador e filósofo brasileiro Paulo Reglus Neves Freire (1921-1997), associado a movimentos de educação e cultura popular, que se preocupava com o alto índice de analfabetismo em nosso país. Ele se destacou como um educador progressista, comprometido com as questões do povo e a promoção da conscientização.

Paulo Freire foi o responsável por organizar e dirigir a campanha de alfabetização de

Angicos em 1963. Na época, a taxa de analfabetismo da população adulta era de 75%. A faixa etária dos participantes variava entre dezenove e mais de setenta anos de idade. Assim, o processo de alfabetização aconteceu no período de 45 dias e contou com o apoio de monitores, alfabetizando mais de 300 trabalhadores. Esse feito ganhou projeção nacional, levando-o ao cargo de coordenador do Plano Nacional de Alfabetização.

No entanto, meses depois de iniciada a implantação do plano, o golpe militar extinguiu esse esforço. Freire foi preso e exilado do país. Publicou diversas obras na área educacional que são conhecidas mundialmente e, como reconhecimento de sua enorme contribuição, recebeu numerosos prêmios, homenagens e títulos. Dentre estes, em 2012, Paulo Freire recebeu o título de Patrono da Educação Brasileira (Freire, 2006).

Embora diversas obras do autor mencionado sejam conhecidas, iremos destacar o livro *Pedagogia do Oprimido* na fundamentação deste trabalho. Nesta obra, Freire desenvolve suas ideias sobre a educação como prática da liberdade e aprofunda conceitos essenciais como: dialogicidade, diálogo, codificação e decodificação, além do conceito mais relevante para esta pesquisa, que é o de Tema Gerador.

A pedagogia Freireana considera o diálogo como um dos principais fundamentos para a relação entre educador e educando. Nesta relação deixa de ser uma doação ou imposição, eliminando as fronteiras entre os sujeitos. Esta perspectiva baseia-se nos pressupostos de educação “libertadora” proposta por Freire (1987) em *Pedagogia do oprimido*, que surge em contrapartida a educação bancária, nesta concepção, educação é o ato de transmitir, “depositar”, conhecimentos e valores na cabeça do estudante, muitas vezes de forma que limita ou anula a criatividade. Esse tipo de educação tende a promover a passividade, a aceitação sem questionamentos e a falta de criticidade.

Contrariamente à educação bancária, Freire (1987) defende a educação libertadora, na qual abre espaço para o diálogo entre educador e educando, ambos participam do processo, como é destacado por Freire (1987):

[...] a educação libertadora, problematizadora, já não pode ser o ato de depositar, ou de narrar, ou de transferir, ou de transmitir “conhecimentos” e valores aos educandos, meros pacientes, à maneira da educação “bancária”. [...] o educador já não é o que apenas educa, mas o que, enquanto educa, é educado, em diálogo com o educando que, ao ser educado, também educa. Ambos, assim, se tornam sujeitos do processo em que crescem juntos e em que os “argumentos de autoridade” já, não valem (FREIRE, 1987, p. 39).

Na perspectiva dialógica, o conhecimento deve partir da realidade concreta do homem, e este deve reconhecer o seu caráter histórico e transformador. Estudar requer a apropriação da

significação dos conteúdos, com o objetivo de promover um ensino que possibilite o desenvolvimento de uma leitura crítica do mundo, Freire (1987) propõe uma prática pedagógica baseada em temas geradores. Conforme Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009), esses temas consideram o contexto social dos educandos, incentivando a discussão e a interpretação dessa realidade.

## **2.4 A Abordagem Temática Freireana**

Partindo da visão de educação problematizadora, a Abordagem Temática Freireana é uma abordagem pedagógica baseada em temas, destacada na literatura da área como uma possível solução para os desafios educacionais que foram mencionados (Magoga e Muenchen, 2020). Esta abordagem pode contribuir para a construção dos saberes científicos de forma contextualizada, podendo ser uma alternativa para o processo de ensino e aprendizagem de Jovens e Adultos, visto que, essa perspectiva enfatiza a problematização de situações significativas vivenciadas pelos estudantes, os chamados temas geradores.

Freire (1987) afirma que os temas geradores constituem o ponto de partida para o processo de construção do conhecimento, e devem emergir das contradições sociais vivenciadas pelos indivíduos, que apesar de estarem imersos no contexto, muitas vezes não possuem uma visão crítica. A utilização de temas geradores promove uma reflexão sobre determinada situação cotidiana, permitindo que os estudantes, utilizando o conhecimento científico, esclareçam o que Freire denomina como “situações-limite”.

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009) descrevem a utilização de temas geradores como uma proposta pedagógica estruturada para promover a compreensão das ações, pensamentos e reflexões dos estudantes, considerando a realidade e o contexto social em que esses temas estão inseridos, além das interações entre situações individuais, históricas e sociais. Assim, segundo os autores, os temas geradores possuem os seguintes princípios:

Uma visão de totalidade e abrangência da realidade; a ruptura do conhecimento no nível do senso comum; adotar o diálogo como sua essência; exigir do educando uma postura crítica, de problematização constante, de estar na ação e de se observar e criticar nessa ação; apontar para a participação, discutindo no coletivo e exigindo disponibilidade dos educadores. (DELIZOICOV; ANGOTTI e PERNAMBUCO, 2009, p. 166)

Portanto, trazer esses temas para as discussões em sala de aula facilita a compreensão das situações relevantes no mundo real dos estudantes. Contudo, o tema escolhido deve necessariamente emergir da realidade dos educandos, sendo selecionado por meio de um

processo chamado Investigação Temática (Freire, 1987).

A Investigação Temática é o método utilizado para identificar os temas geradores. Este método, a princípio, foi desenvolvido por Freire, para ele a investigação é essencial para identificar temas relevantes relacionados as contradições sociais vivenciadas pelos estudantes e envolve o pensamento dos próprios participantes sobre situações significativas. Portanto, deve acontecer através da interação entre os indivíduos, com uma perspectiva crítica da realidade e uma abordagem baseada no diálogo (Freire, 1987).

Esse processo investigativo foi desenvolvido por Paulo Freire para a educação não formal e, posteriormente, estruturado para a educação formal por Delizoicov (1991), que fez uma reformulação e propôs cinco etapas específicas, sendo elas:

1ª etapa - Levantamento Preliminar: consiste no estudo da realidade dos educandos utilizando várias fontes de informação, que podem ser obtidas diretamente pela interação com os moradores, incluindo visitas, entrevistas, rodas de conversa e questionários, além de fontes oficiais como documentos comunitários, jornais, entre outros. Essa coleta de dados ajuda os profissionais a entender o ambiente em que os estudantes estão inseridos e a conhecer as possíveis situações-limite vividas pela comunidade (Novais, 2015).

2ª etapa – Codificação: com base nas informações obtidas durante a primeira etapa, a equipe analisa e seleciona as contradições vividas pelos estudantes que precisam ser compreendidas durante as aulas. O professor ou uma equipe de pesquisadores analisa os códigos e os prepara para próxima etapa. Para Freire (1987), esses códigos podem ser falas, imagens ou fotografias que retratam as situações significativas da comunidade.

3ª etapa – Descodificação: consiste na validação das falas significativas como temas geradores. Essa etapa possibilita apresentar as situações significativas obtidas na segunda etapa. Essas hipóteses de situações-limites serão averiguadas se realmente são relevantes para a comunidade. Se tais hipóteses forem validadas, surge então o Tema Gerador (Novais, 2015). Freire (1987) denomina esse processo de codificação-problematização-descodificação.

4ª etapa - Redução Temática: Após a escolha do Tema Gerador, consiste na seleção de conceitos científicos e conteúdos que são necessários para entender o tema, e em seguida é feito o planejamento das aulas. Essa etapa de preferência deve ser realizada de forma interdisciplinar.

5ª etapa - Desenvolvimento em sala de aula: Realização da intervenção em sala de aula. Nesta etapa, os temas geradores são desenvolvidos durante as aulas, utilizando diversas metodologias que permitem a problematização e o diálogo. Nesse momento, através da apropriação dos conteúdos apresentados, proporciona-se aos estudantes uma compreensão e uma visão crítica das situações-limites identificadas durante a investigação temática.

Esses procedimentos teórico-metodológicos foram sintetizados por Correia (2017) e apresenta exemplos aplicados ao seu contexto (Tabela 1).

**Tabela 1** – Procedimentos teóricos-metodológicos da Abordagem Temática Freireana

| Etapa | Etapas ATF                                       | Objetivo                                                                                                                                                                                                 | Contexto                                                                                                                                                                                |
|-------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Levantamento Preliminar                          | Reconhecer o ambiente em que vive o estudante, seu meio e seu contexto.                                                                                                                                  | Por meio da observação, convivência e do diálogo reconhecer a realidade dos estudantes.                                                                                                 |
| 2     | Análise das situações e escolha das codificações | Realiza-se a escolha de situações que sintetizam as contradições vividas.                                                                                                                                | A partir do levantamento preliminar o grupo de pesquisa seleciona os temas e configura-os numa identificação que relaciona com outros assuntos, estimula controvérsias e a curiosidade. |
| 3     | Diálogos descodificadores                        | A partir desses diálogos se obtém os temas geradores.                                                                                                                                                    | Depois de uma seleção bem como um aprimoramento prévio dos temas, o conjunto dos estudantes, por meio de uma eleição, escolhem os seis temas que serão pesquisados.                     |
| 4     | Redução temática                                 | Consiste em um trabalho de equipe interdisciplinar, com o objetivo de elaborar os conteúdos programáticos e identificar quais conhecimentos disciplinares são necessários para o entendimento dos temas. | O grupo de pesquisa seleciona conteúdos programáticos que funcionaram como referência para desenvolver um conjunto de atividades para estimular a pesquisa.                             |
| 5     | Trabalho em sala de aula                         | Desenvolvimento do programa em sala de aula.                                                                                                                                                             | Pesquisa, respostas às atividades do blog, apresentação de seminários, debates e mostra fotográfica.                                                                                    |

**Fonte:** Correia (2017, p. 30).

A partir destes procedimentos configura-se um trabalho fundamentado na Abordagem Temática de Freire, cujo objetivo é criar, em um ambiente propício ao diálogo, as condições para que os estudantes possam compreender criticamente seu meio/realidade. Com base nessa compreensão, eles podem posicionar-se de maneira a superar o estado de marginalização ao qual estão submetidos, alcançando o máximo de consciência possível, por meio do conhecimento científico (Freire, 1987).

## 2.5 A perspectiva da Abordagem Temática Freireana no ensino de ciências

No que se refere ao ensino de ciências, a abordagem temática freireana tem sido discutida em publicações que destacam seu papel no processo de construção do conhecimento, a partir do diálogo com a realidade dos estudantes.

Demartini e Silva (2021) destacam que a adoção dessa abordagem no ensino de ciências possibilita maior engajamento dos estudantes, pois os temas geradores são escolhidos com base em suas experiências e interesses. Assim, essa metodologia favorece a articulação entre conhecimentos científicos e saberes cotidianos, contribuindo para a formação de cidadãos críticos e reflexivos.

Além disso, a abordagem temática Freireana também contribui para a interdisciplinaridade. Como apontam Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2009), essa abordagem propõe a organização do currículo por meio da escolha dialogada de um tema central, que orienta o conteúdo programático do processo educativo. Esse tema funciona como eixo integrador, permitindo a articulação interdisciplinar entre diferentes áreas do conhecimento para a compreensão de determinado fenômeno.

Diversas pesquisas foram desenvolvidas a partir do processo de investigação temática proposto por Freire (1987). Por exemplo, Novais (2015) analisou as contribuições da abordagem temática freireana na criação de atividades didático-pedagógicas voltadas para o ensino de ciências em uma escola rural de Iguai/BA. O estudo aborda a situação-limite do descarte inadequado de lixo no meio rural, com o tema gerador: *"Para onde vai o lixo do meio rural de Iguai/BA?"*, buscando promover uma reflexão crítica sobre esse problema ambiental local.

Silva (2023) investigou como as atividades baseadas na abordagem temática freireana podem contribuir para o ensino e a aprendizagem de ciências na EJA, em uma escola do campo em São João de Pirabas/PA, observando como essas metodologias podem combater as desigualdades sociais presentes nessa modalidade de ensino.

No campo da formação de professores, Silva (2015) teve como objetivo identificar indícios da apropriação da proposta da abordagem temática freireana, analisando a compreensão dos docentes sobre os elementos que a compõem. Para isso, foi desenvolvido um processo formativo baseado nas cinco etapas da abordagem, investigando os desafios enfrentados pelos professores para reorganizar o currículo de Ciências a partir de sua implementação nas escolas.

Nesse mesmo sentido, Brasil e Gehlen (2018) discutem como as etapas da investigação

temática estão sendo inseridas na formação inicial e continuada de professores. A partir da análise de trabalhos que relatam o desenvolvimento de algumas etapas da investigação temática e de entrevistas com pesquisadores, foi constatado que o processo de obtenção de temas geradores ocorre com maior frequência na formação inicial do que na continuada.

Diante disso, observamos que esses trabalhos evidenciam tanto os potenciais quanto os desafios da abordagem temática freireana no ensino de ciências, reforçando sua importância para uma educação científica mais significativa e emancipatória. Nesse contexto, o Grupo de Estudos e Pesquisa sobre Abordagem Temática no Ensino de Ciências (GEATEC) da Universidade Estadual de Santa Cruz, realiza um relevante trabalho na concepção e implementação de propostas curriculares baseadas nessa abordagem.

Inspirado nos ideais de Paulo Freire, o GEATEC (2024) dedica-se ao desenvolvimento de programas de formação para professores, com foco na abordagem temática freireana. Esses processos visam capacitar os educadores a aplicarem princípios pedagógicos inovadores em sala de aula, em parceria com escolas e secretarias municipais e estaduais de educação, abrangendo municípios do sul da Bahia.

Além das ações específicas que realiza, o grupo tem investido no aprofundamento teórico-metodológico de importantes fundamentos educacionais. Esse esforço contínuo de aprimoramento teórico é essencial para que o GEATEC possa contribuir de forma cada vez mais significativa para o fortalecimento da educação científica, tanto na região quanto em contextos mais amplos, consolidando-se como referência em práticas pedagógicas voltadas à formação de sujeitos críticos, conscientes e participativos na sociedade contemporânea. Por meio das publicações do grupo, cujas produções compõem parte da fundamentação teórica deste trabalho, o GEATEC contribuiu de maneira significativa para o desenvolvimento da presente pesquisa.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO EM FÍSICA**

Neste capítulo, iniciamos com a definição de radiação e a classificamos em corpusculares e eletromagnéticas. O foco principal da pesquisa é o estudo das radiações eletromagnéticas, explorando desde os princípios do eletromagnetismo até os efeitos biológicos das radiações consideradas ionizantes. Para isso, apresentamos as equações de Maxwell, que fundamentam a teoria das ondas eletromagnéticas, bem como a descrição matemática dessas ondas. Também exploramos os diferentes tipos de radiação que compõem o espectro eletromagnético e suas diversas aplicações. Por fim, discutiremos os impactos das radiações ionizantes à saúde, destacando os riscos e benefícios envolvidos em sua utilização.

#### **3.1 Estudo das Radiações**

Segundo Okuno (2007), a radiação é a emissão e propagação de energia a partir de uma fonte, podendo ocorrer na forma de partículas – que podem ter carga elétrica ou não – ou por meio de ondas eletromagnéticas. Essas radiações são classificadas em: corpusculares e eletromagnéticas.

As radiações corpusculares são formadas por feixes de partículas atômicas que, ao colidirem com um objeto, transferem sua energia para ele. Entre essas partículas, as partículas alfa e beta são as mais notáveis (Okuno, 2007).

Por outro lado, as radiações eletromagnéticas consistem em campos elétricos e magnéticos que oscilam perpendicularmente entre si e à direção de sua propagação, definindo, dessa forma, uma onda do tipo transversal. No vácuo, deslocam-se a uma velocidade constante, equivalente à velocidade da luz. Esse tipo de radiação abrange uma ampla faixa de frequências, conhecida como espectro eletromagnético, que inclui ondas de rádio, micro-ondas, luz visível, infravermelho, ultravioleta, raios X e raios gama (Okuno, 2007). Mais adiante, discutiremos como essas radiações podem ser classificadas como ionizantes ou não-ionizantes, de acordo com sua capacidade de interagir com a matéria e provocar ionização.

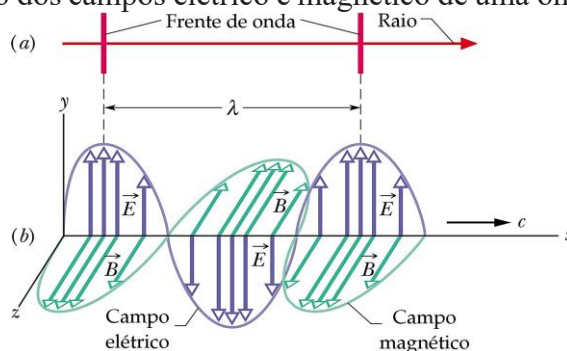
#### **3.2 Radiações eletromagnéticas**

Mesmo que, geralmente não percebamos a presença das ondas eletromagnéticas estão presentes em nosso ambiente. Elas se manifestam de diversas formas e desempenham um papel fundamental na nossa interação com o mundo. Conforme é exposto por Halliday (2009):

Estamos imersos em ondas eletromagnéticas pertencentes a este espectro. O Sol, cujas radiações definem o meio ambiente no qual nós, como uma espécie, evoluímos e nos adaptamos, é a fonte predominante. Nossos corpos são também atravessados por sinais de rádio e televisão. Micro-ondas de radares e de sistemas de telefonia celular podem nos atingir. Temos também as ondas eletromagnéticas provenientes de lâmpadas elétricas, dos motores quentes dos automóveis, das máquinas de raios X, dos relâmpagos e dos elementos radioativos existentes no solo. Além disso, somos banhados pelas radiações das estrelas e de outros corpos de nossa galáxia e de outras galáxias. (HALLIDAY, 2009, p. 2)

De acordo com o mesmo autor, uma onda eletromagnética é formada por campos elétricos e magnéticos que oscilam (Figura 1). Esses campos oscilantes alternam entre si, possibilitando a propagação contínua da onda: um campo elétrico em mudança gera um campo magnético variado, que, por sua vez, cria um novo campo elétrico, e assim por diante. Como é representado na imagem abaixo, uma onda eletromagnética em um "instantâneo", destacando os vetores dos campos elétrico  $\vec{E}$  e magnético  $\vec{B}$  em diferentes pontos ao longo do eixo  $x$ , no qual a onda se propaga com velocidade  $c$ .

**Figura 1** – Oscilação dos campos elétrico e magnético de uma onda eletromagnética



**Fonte:** Halliday; Resnick e Walter (2009).

As equações de Maxwell, apresentadas a seguir, constituem as leis fundamentais que regem o eletromagnetismo. Em sua teoria unificada, Maxwell demonstrou que campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo obedecem a uma equação de onda (HALLIDAY; RESNICK; WALTER, 2009). Com base nesse formalismo, é possível prever a existência das ondas eletromagnéticas. Neste trabalho, optou-se por utilizar a forma integral das Equações de Maxwell, que também permite deduzir a equação de onda para os campos, partindo-se do pressuposto da existência dessas ondas.

### 3.3 Equações de Maxwell

Em meados do século XIX, James Clerk Maxwell (1831 – 1879) sintetizou o conhecimento sobre o eletromagnetismo por meio de quatro equações conhecidas como

equações de Maxwell. Serway e Jewett (2009) afirma que, essas relações, são fundamentais para os fenômenos eletromagnéticos, assim como as leis de Newton o são para os fenômenos mecânicos. Na verdade, a teoria desenvolvida por Maxwell foi além do que ele próprio havia imaginado, pois Einstein demonstrou em 1905 que ela estava em conformidade com a teoria da relatividade.

Como veremos, essas equações têm consequências importantes, pois preveem a existência de ondas eletromagnéticas — previsão que se torna mais clara ao utilizar o formalismo diferencial. Mais adiante, será apresentada uma análise da oscilação dos campos, por meio das Equações de Maxwell, descrevendo os padrões de campos elétricos e magnéticos em movimento, que se propagam no vácuo com velocidade  $c = 2,997\,9248 \times 10^8$  m/s, correspondente à velocidade da luz no vácuo, a qual será demonstrada no próximo tópico.

Para simplificar, a seguir temos as equações para o vácuo, isto é, na ausência de materiais dielétricos ou magnéticos. Com base em Tipler e Llewellyn (2006), as quatro equações são:

**- Lei de Gauss**

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (1)$$

Esta lei explica como cargas geram campos elétricos, pois as linhas de campo elétrico começam em cargas positivas e terminam em cargas negativas. Onde o fluxo elétrico total através de qualquer superfície fechada é igual à carga líquida dentro dessa superfície dividida por  $\epsilon_0$ .

**- Lei de Gauss para o magnetismo**

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2)$$

Afirma que o fluxo magnético líquido através de uma superfície fechada é nulo. Ou seja, o número de linhas de campo magnético que entram em um volume fechado deve ser igual ao número que sai desse volume. Isso se deve ao fato de monopolos magnéticos isolados nunca terem sido encontrados na natureza.

**- Lei da indução de Faraday**

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (3)$$

Descreve como um campo magnético variável cria um campo elétrico. A integral de linha do campo elétrico em torno de qualquer trajetória fechada é igual à taxa de variação do fluxo magnético através de qualquer superfície limitada por essa trajetória.

#### - Lei de Ampère-Maxwell

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \epsilon_0 \mu_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \quad (4)$$

Essa equação é uma forma generalizada da lei de Ampère, que afirma como uma corrente ou um campo elétrico em mudança geram um campo magnético. Para qualquer caminho fechado, a integral de linha do campo magnético ao redor desse caminho é igual à soma da corrente resultante dentro dessa superfície delimitada por esse caminho e à taxa de mudança do fluxo elétrico através dessa superfície.

Conhecendo os campos elétricos e magnéticos em algum ponto do espaço, podemos calcular a força que esses campos exercem sobre uma partícula de carga  $q$  pela expressão:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} \quad (5)$$

A equação (5) é a chamada força de Lorentz. As equações de Maxwell juntamente com essa lei de força, fornecem uma descrição completa de todas as interações eletromagnéticas clássicas (Serway e Jewett, 2009; Tipler e Llewellyn, 2006).

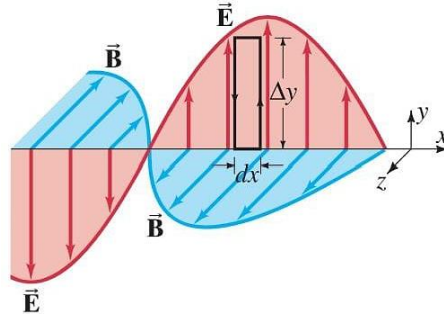
### 3.4 Descrição matemática de uma onda eletromagnética

As propriedades das ondas eletromagnéticas podem ser deduzidas a partir das equações de Maxwell, conforme discutido por Giancoli (2009) e Serway e Jewett (2009). Consideremos a lei de Faraday, Equação (3):

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Aplicando (3) ao retângulo de altura  $\Delta y$  e largura  $dx$  ilustrado na figura 2:

**Figura 2** – Aplicando a lei de Faraday para a espira retangular  $(\Delta y)/(dx)$



Fonte: Giancoli (2009).

Resolvendo a integral  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$  notamos que nos lados horizontais do retângulo,  $\vec{E}$  é perpendicular a  $d\vec{s}$ , logo  $\vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$ .

Para os lados verticais, consideramos  $E$  o campo elétrico ao longo do lado esquerdo e  $E + dE$  o campo para o lado direito. Assim, percorrendo a espira retangular no sentido anti-horário, obtemos:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = (E + dE)\Delta y - E\Delta y = dE\Delta y \quad (6)$$

Para o lado direito da lei de Faraday (3), a variação do fluxo magnético através da espira é

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{dB}{dt} dx\Delta y \quad (7)$$

Como a área da espira,  $dx\Delta y$  não varia. Assim, da lei de Faraday (3) igualamos (6) e (7):

$$dE\Delta y = -\frac{dB}{dt} dx\Delta y$$

ou

$$\frac{dE}{dx} = -\frac{dB}{dt} \quad (8)$$

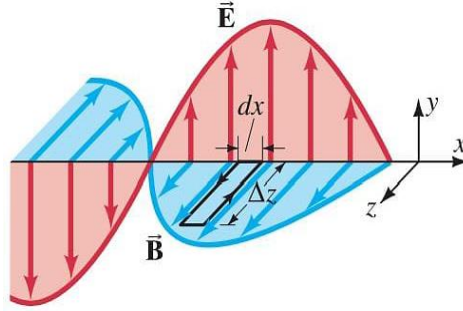
Ambas as funções  $E$  quanto  $B$  dependem de  $x$  e  $t$ . Por isso, devemos utilizar derivadas parciais para reescrever a relação (8):

$$\frac{\partial E}{\partial x} = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (9)$$

Onde  $\partial E/\partial x$  é a derivada de  $E$  em relação a  $x$  mantendo  $t$  constante, e  $\partial B/\partial t$  é a derivada de  $B$  em relação a  $t$  fazendo  $x$  constante.

Outra relação importante entre  $E$  e  $B$  pode ser obtida ao considerarmos uma espira retangular situada no plano de  $\vec{B}$ , com comprimento  $\Delta z$  e largura  $dx$ , conforme Figura 3.

**Figura 3** – Aplicando a lei de Ampère-Maxwell para a espira retangular  $(\Delta z)/(dx)$



Fonte: Giancoli (2009).

Para esta espira, vamos aplicar a lei de Ampère-Maxwell, Equação (4):

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \epsilon_0 \mu_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Onde  $I = 0$ , pois consideramos uma onda propagando-se no vazio. De forma semelhante a situação anterior, notamos que para os lados horizontais da espira,  $\vec{B}$  e  $d\vec{s}$  são perpendiculares, logo  $\vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$ .

Para os lados verticais, consideramos o campo magnético  $B$  para o lado esquerdo e  $B + dB$  o campo para o lado direito. Novamente, integrando no sentido anti-horário, temos:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = B\Delta z - (B + dB)\Delta z = -dB\Delta z \quad (10)$$

Do lado direito da lei de Ampère-Maxwell (4), temos:

$$\mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{dE}{dt} dx \Delta z$$

Igualando as expressões (10) e (11), obtemos:

$$-dB\Delta z = \mu_0 \epsilon_0 \frac{dE}{dt} dx \Delta z$$

ou

$$\frac{dB}{dx} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{dE}{dt} \quad (11)$$

De forma análoga ao anterior, novamente usamos derivadas parciais

$$\frac{\partial B}{\partial x} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad (12)$$

As equações (9) e (12) indicam que a variação de um campo gera o outro, possibilitando a propagação da onda: um campo elétrico variável dá origem a um campo magnético também

variável, que, por sua vez, gera novamente um campo elétrico, e esse ciclo se repete. Esse processo é autossustentado, mantendo os campos sempre acoplados durante a propagação.

Diferenciando (9) em relação a  $x$  e usando o resultado da (12), temos:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = -\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial B}{\partial t} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial B}{\partial x} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} \left( -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \right)$$

Chegamos a

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad (13)$$

Da mesma forma, derivando (12) em relação a  $x$  e combinando com a (9), temos:

$$\frac{\partial^2 B}{\partial x^2} = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial E}{\partial t} \right) = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial E}{\partial x} \right) = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \left( -\frac{\partial B}{\partial t} \right)$$

Chegamos a

$$\frac{\partial^2 B}{\partial x^2} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 B}{\partial t^2} \quad (14)$$

As equações (13) e (14) representam ondas eletromagnéticas progressivas que se deslocam com uma velocidade  $c$  igual a

$$c = \frac{1}{\sqrt{(\mu_0 \epsilon_0)}} \quad (15)$$

Obtemos o valor de  $c = 2,9979248 \times 10^8 \text{ m/s}$ , que é a velocidade da luz no vácuo.

As soluções mais simples para as ondas descritas pelas equações (13) e (14) são aquelas em que as amplitudes dos campos  $E$  e  $B$  dependem das variáveis  $x$  e  $t$ , de acordo com as seguintes expressões

$$E = E_{\text{máx}} \cos(kx - \omega t) \quad \text{e} \quad (16)$$

$$B = B_{\text{máx}} \cos(kx - \omega t) \quad (17)$$

Onde,  $E_{\text{máx}}$  e  $B_{\text{máx}}$  são os valores máximos dos campos,  $k$  é o número de onda e  $\omega$  é a frequência angular.

Diferenciando as soluções (16) e (17) em função de  $x$  e  $t$ , obtemos:

$$\frac{dE}{dx} = -k E_{\text{máx}} \sin(kx - \omega t)$$

$$\frac{dB}{dx} = \omega B_{\text{máx}} \sin(kx - \omega t)$$

Usando a equação (9), temos

$$\frac{\partial E}{\partial x} = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

$$k E_{m\acute{a}x} \sin(kx - \omega t) = \omega B_{m\acute{a}x} \sin(kx - \omega t)$$

$$k E_{m\acute{a}x} = \omega B_{m\acute{a}x}$$

$$\frac{E_{m\acute{a}x}}{B_{m\acute{a}x}} = \frac{\omega}{k} = c$$

E, portanto, chegamos a

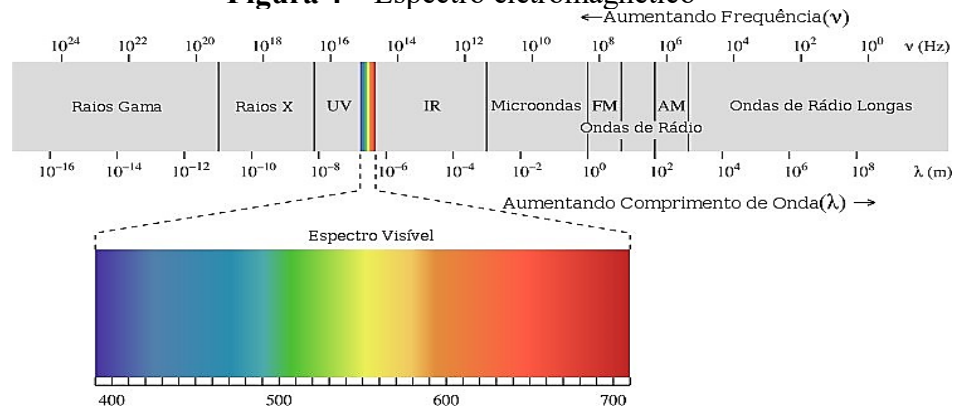
$$\frac{E_{m\acute{a}x}}{B_{m\acute{a}x}} = \frac{E}{B} = c.$$

Com este resultado concluímos que, em qualquer momento, a razão entre a intensidade do campo elétrico e a do campo magnético de uma onda eletromagnética corresponde à velocidade da luz (Serway e Jewett, 2009).

### 3.5 Espectro eletromagnético

Na época de Maxwell, apenas a luz visível, os raios infravermelhos e os raios ultravioleta eram reconhecidos como ondas eletromagnéticas. O físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) impulsionado pelas previsões teóricas de Maxwell, detectou experimentalmente o que atualmente chamamos de ondas de rádio e confirmou que sua velocidade é equivalente à da luz. Além disso, Hertz verificou que as ondas de rádio, assim como as ondas de luz, podiam ser refletidas, refratadas e difratadas (Halliday; Resnick; Walter, 2009).

Atualmente, sabemos que existem diversos tipos de ondas eletromagnéticas, que são agrupadas de acordo com suas frequências e comprimentos de onda em uma faixa chamada espectro eletromagnético (Figura 4). Esses intervalos, no entanto, nem sempre são claramente delimitados e, em alguns casos, podem se sobrepor. Por exemplo, ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda em torno de 0,1 nm são geralmente chamadas de raios X, mas se elas tiverem origem na radioatividade nuclear, passam a ser chamadas de raios gama (Serway e Jewett, 2009).

**Figura 4 – Espectro eletromagnético**

**Fonte:** <https://vamosesstudarfisica.com/o-que-e-luz-visivel-do-espectro-eletromagnetico/>.

Apesar de suas diferenças espectrais, todas as radiações eletromagnéticas se propagam perpendicularmente no vácuo, todos à mesma velocidade da luz. Os diferentes tipos de ondas eletromagnéticas se distinguem apenas pelo comprimento de onda  $\lambda$  e pela frequência  $f$ , que estão relacionados por:

$$c = \lambda f \quad (18)$$

Onde, o comprimento de onda é medido em metros (m) e a frequência em Hertz (Hz), de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI).

As várias faixas espectrais das ondas eletromagnéticas ilustradas na Figura 5, incluem o espectro visível da luz, ondas de rádio, micro-ondas, radiações infravermelha e ultravioleta, raios-X, raios gama. A seguir, descrevemos brevemente cada uma delas.

**Ondas de rádio** originam-se do movimento acelerado de cargas elétricas, como ocorre em fios condutores de uma antena de rádio. São produzidas por dispositivos eletrônicos, como osciladores LC, e aplicadas em sistemas de transmissão para rádio, televisão e telefonia móvel (Serway e Jewett, 2009). Todos os dias, somos expostos a essas ondas eletromagnéticas de radiofrequências de baixa intensidade, sem perceber qualquer efeito. No entanto, a possibilidade de haver efeitos à saúde vem sendo investigada.

Com relação a isso, a Agência Nacional de Telecomunicações ANATEL (2009) afirma: “A intensidade de ondas de radiofrequências diminui rapidamente com o distanciamento das antenas. Para a maior parte da comunidade científica internacional, é de que se a estação não expõe a população a campos eletromagnéticos de radiofrequências de níveis superiores aos limites recomendados, não existe danos à saúde”. Isso porque as ondas transversais sofrem

polarização e as ondas emitidas pelas antenas são polarizadas.

Quanto ao distanciamento mínimo que deve ser mantido das antenas de transmissão sem perigo para a sua saúde. Rodrigues Jr., (2008) apresenta a seguinte tabela:

**Tabela 2** – Distância de segurança em relação à algumas antenas de transmissão

| TIPOS DE ANTENA                | DISTÂNCIA À ANTENA |
|--------------------------------|--------------------|
| Telefonia móvel (Celular)      | 1 a 2 m            |
| TV altas frequências           | 15 m               |
| Rádio FM                       | 30 m               |
| TV UHF (Frequência Ultra Alta) | 40 m               |

**Fonte:** Rodrigues Jr. (2008).

Esses são os limites recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS). E conforme estabelecido no Art. 3, Parágrafo único, I, da Lei nº 11.934/09 que estabelece “área crítica: área localizada até 50 (cinquenta) metros de hospitais, clínicas, escolas, creches e asilos” para o funcionamento de estações transmissoras de radiocomunicação nas faixas de frequências até 300 GHz (trezentos giga-hertz), visando a garantir a proteção da saúde e do meio ambiente (Anatel, 2009).

As **micro-ondas** situam-se entre as ondas de rádio e o infravermelho no espectro eletromagnético. São ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda entre 1 mm e 1m e frequências entre  $10^{11}$  Hz e  $10^8$  Hz. O uso inicial das micro-ondas ocorreu entre as décadas de 1940 e 1950, em que a investigação sobre sistemas de radar resultou, de forma acidental, quando cientistas, trabalhando com radares durante a Segunda Guerra Mundial, perceberam que alimentos deixados próximos à fonte eram aquecidos (Carvalho, 2005).

Atualmente, as micro-ondas são empregadas tanto na transmissão de dados quanto no aquecimento das moléculas de água pela radiação de micro-ondas é aplicado tanto em fornos domésticos quanto industriais. Nos fornos de micro-ondas, um componente chamado magnetron é o responsável pela produção de micro-ondas com frequência de 2,45 GHz e comprimento de onda compatível ao tamanho do forno.

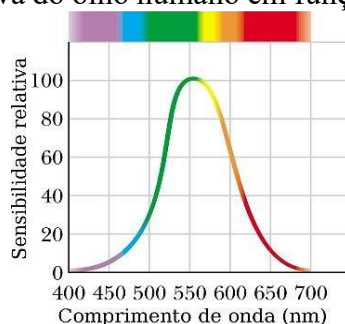
Existem muitos mitos e inverdades acerca do funcionamento desse aparelho, onde acredita-se que seu uso pode ser nocivo ao ser humano. Carvalho (2005) esclarece que as micro-ondas não podem contaminar ou causar degradação nos alimentos, pois essa forma de radiação apresenta baixa energia e não tem a capacidade de alterar a estrutura molecular dos alimentos. Além disso, a autora reforça que, “por serem ondas eletromagnéticas, as micro-ondas não

permanecem dentro dos alimentos, não havendo nenhum tipo de contaminação residual” (Carvalho, 2005, p. 29).

A **radiação infravermelha** abrange comprimentos de onda superiores a 780 nm e inferiores a 100  $\mu\text{m}$ . O infravermelho, frequentemente referido como ondas de calor, é amplamente utilizado em terapias médicas e fisioterapêuticas. Diversos dispositivos de segurança, incluindo sensores que ativam alarmes, controlam a abertura de portas em edifícios públicos e mantêm portas de elevadores abertas, são projetados para detectar radiação infravermelha. Além disso, câmeras e filmadoras que capturam imagens em ambientes com pouca luz funcionam com base no calor emitido pelos corpos (Vieira, 2016).

O **espectro visível** é a região do espectro que o olho humano é sensível, essa radiação apresenta comprimentos de onda entre 400 e 700 nm. A Figura 5 apresenta um gráfico que ilustra a sensibilidade relativa do olho humano a radiações de diferentes comprimentos de onda. A parte central da faixa visível está situada em torno de 555 nm, correspondente à luz amarelo-esverdeada. Os comprimentos de onda mais curtos da luz visível pertencem à luz violeta, enquanto os mais longos se referem à luz vermelha (Halliday, Resnick e Walter, 2009).

**Figura 5** – Sensibilidade relativa do olho humano em função do comprimento de onda



Fonte: Halliday; Resnick e Walter (2009).

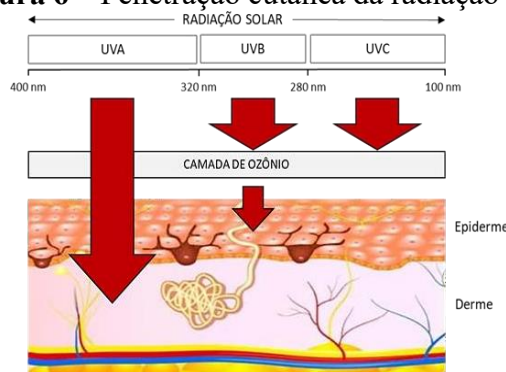
A **radiação ultravioleta** é uma onda eletromagnética cuja frequência varia aproximadamente entre  $10^{15}$  Hz e  $10^{16}$  Hz, com comprimento de onda compreendido entre 100 nm e 400 nm. A radiação solar é a principal origem da exposição humana à radiação ultravioleta (UV). Além dessa fonte natural, existem também fontes artificiais de radiação UV, como lâmpadas e câmaras de bronzamento. Essa radiação é subdividida em três tipos: UVA, UVB e UVC (figura 7). De acordo com o comprimento de onda, pela energia e pelos impactos, Rodrigues Jr. (2008) distingue da seguinte forma:

UVA (variando entre 320 - 400 nm): esses raios provenientes do Sol atingem a superfície da Terra em grandes quantidades. Bronzeia superficialmente a pele e contribui para o envelhecimento precoce.

UVB (variando entre 280 - 320 nm): 90% desses raios provenientes do Sol são absorvidos pela camada de ozônio, pelo vapor de água, oxigênio e dióxido de carbono presentes na atmosfera. Pode causar eritema, envelhecimento precoce e câncer de pele.

UVC (variando entre 100 - 280 nm): raramente atinge a superfície da terra, pois é filtrada pela camada de ozônio, são os raios mais danosos aos tecidos biológicos, pela sua alta capacidade de estimular o bronzeamento, causar eritema e câncer de pele.

**Figura 6 – Penetração cutânea da radiação UV**



Fonte: [https://khorcosmetics.com/fator\\_de\\_protecao\\_como\\_realmente\\_funciona/](https://khorcosmetics.com/fator_de_protecao_como_realmente_funciona/).

Como podemos observar na figura 6, é equivocada a ideia de que a profundidade de penetração da radiação UV no tecido epitelial aumenta com sua energia. Rodrigues Jr. (2008) afirma que o UVC atinge apenas a camada externa da epiderme, enquanto o UVB penetra até a camada superior da derme. Por outro lado, o UVA, apesar de ter menor energia, consegue atingir as camadas mais profundas da derme. A menor profundidade de penetração do UVB e UVC se deve à sua absorção pelas proteínas presentes nas camadas superficiais da pele.

Os **raios X** possuem comprimentos de onda variando aproximadamente entre 10 nm e  $10^{-4}$  nm. A principal fonte de raios X é a aceleração de elétrons de alta energia que colidem com um alvo metálico (Serway e Jewett, 2009). Essas ondas são amplamente utilizadas como uma ferramenta diagnóstica na área médica, na indústria, bem como para detectar a presença de metais ou corpos estranhos.

Okuno (2007) traz uma discussão e um breve histórico acerca dos raios X. Segundo a autora, a história das radiações começou no fim do ano de 1895, quando o alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845 - 1923) produziu e detectou o que hoje conhecemos como raios x. Na época, ele estudava descargas elétricas em um tubo de raios catódicos a uma pressão extremamente baixa. No tubo era composto por dois eletrodos metálicos, no qual “Röntgen observou uma luminescência fraca no fundo do tubo ao aplicar uma diferença de potencial de algumas dezenas de quilovolts entre os eletrodos [...] os raios atravessavam tudo, inclusive sua

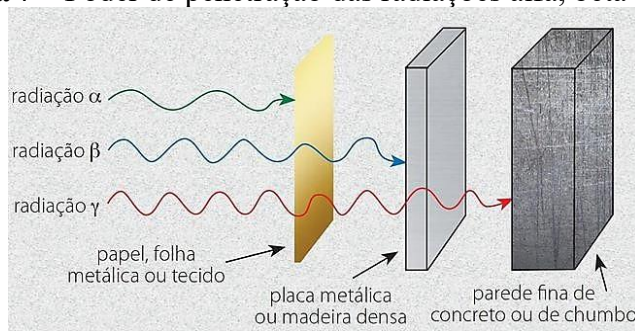
mão. E chamou-os de raios X” (Okuno, 2007, p.14-15).

Os **raios gama** diferem das outras principalmente por sua frequência elevada e, consequentemente, pela alta energia. Eles são a forma mais energética de radiação dentro do espectro eletromagnético (Figura 5). Há uma zona de sobreposição em que raios X e raios gama apresentam a mesma frequência e energia, tornando impossível diferenciá-los sem identificar sua origem. Enquanto os raios gama provêm do núcleo atômico, os raios X resultam de interações com elétrons, como afirma Dafre e Maris (2013).

Ainda segundo o mesmo autor, a radiação gama ( $\gamma$ ) possui características distintas em relação às radiações alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ), que são compostas por partículas. Quando um núcleo emite radiação gama, ele perde energia sem alterar seu número atômico ou transformar-se em outro elemento químico; no entanto, adquire uma configuração mais estável.

Por não ter massa, a radiação gama apresenta um elevado poder de penetração. É relevante salientar que, entre as diversas formas de ondas eletromagnéticas (como radiação gama, raios X, micro-ondas e luz visível), apenas os raios gama são originados nos núcleos atômicos. As radiações alfa, beta e gama apresentam diferente poder de penetração (Figura 7), sendo que as partículas alfa e beta possuem menor capacidade de atravessar materiais em comparação com os raios gama (Dafre e Maris, 2013).

**Figura 7** – Poder de penetração das radiações alfa, beta e gama



**Fonte:** <https://abdan.org.br/2021/08/28/o-que-e-radioatividade-e-para-que-ela-serve/>.

O estudo das ondas eletromagnéticas revela sua importância tanto para avanços tecnológicos quanto para a compreensão dos seus impactos na saúde humana. Embora a maioria das ondas utilizadas no cotidiano não represente perigo quando dentro dos limites de segurança, exposições excessivas podem trazer riscos, especialmente em frequências mais altas, como veremos nos próximos tópicos.

### 3.6 Radiações ionizantes e não-ionizantes

Quando a radiação eletromagnética entra em contato com a matéria, que pode incluir o corpo humano, ela tem o potencial de remover elétrons de átomos, convertendo-os em íons, desde que possua energia suficiente para isso. Nesses casos, essa radiação é classificada como ionizante. Por outro lado, se a energia da radiação não for suficiente para gerar íons, ela é considerada não ionizante (Okuno e Vilela, 2005).

Okuno (2007), afirma que, as radiações ionizantes causam uma desorganização na estrutura atômica, enquanto as radiações não ionizantes resultam em alterações temporárias que não afetam a configuração eletrônica da matéria. Portanto, dependendo da quantidade de energia, uma radiação pode ser definida como não ionizante ou ionizante. Na tabela 3, temos os subtipos de campos eletromagnéticos considerados não ionizantes e suas respectivas fontes, segundo o Instituto Nacional de Câncer (INCA).

**Tabela 3** – Radiações não ionizantes

| Subtipos                                | Fontes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Campos de frequência extremamente baixa | Eletrodomésticos, fontes naturais (raios e trovões).                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Ondas de rádio                          | Ondas de TV, circuitos eletrônicos, bandas de AM e FM.                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Luz visível                             | Ondas eletromagnéticas que são visíveis ao olho humano.                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Radiação infravermelha                  | Calor decorrente de movimentação atômica e molecular.                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Radiofrequência/<br>Micro- ondas        | Telefones celulares e sem fio, antenas de telefonia celular instaladas nos aparelhos móveis e nas torres, radares e transmissões de rádio e TV, luz elétrica, torres de transmissão e distribuição elétrica, aparelho de micro-ondas, fiação elétrica em construções, equipamentos que emitem radiação infravermelha, redes Wi-Fi. |

**Fonte:** Instituto Nacional de Câncer (2023).

Embora a radiação ultravioleta não esteja listada acima e possua um comprimento de onda que se situa na transição entre radiações ionizantes e não ionizantes, ela é classificada como não ionizante devido à sua capacidade limitada de penetração na matéria. Porém, mesmo sendo fontes de campos eletromagnéticos de frequência extremamente baixa, as evidências sugerem a adoção de medidas de controle e proteção para a exposição à radiação não ionizante de baixa frequência (INCA, 2023).

Portanto, no espectro eletromagnético, apenas os raios X e os raios gama são considerados ionizantes, pois possuem energia suficiente para ionizar a matéria, ou seja, tem energia maior que a energia de ligação dos elétrons nos átomos, permitindo sua remoção e resultando na formação de íons e elétrons livres, conforme descrito por Heneine (2006).

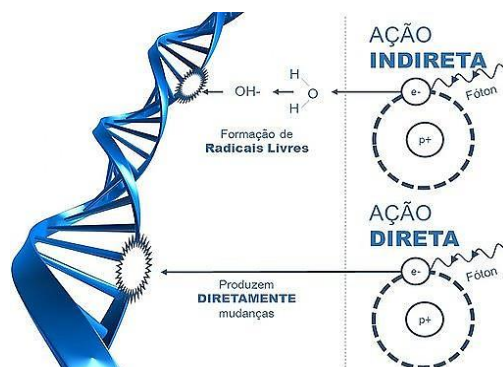
Dessa forma, de acordo com o INCA (2023), as radiações ionizantes podem ter origens naturais ou serem produzidas pelo homem. As fontes naturais incluem os raios cósmicos e os radionuclídeos presentes na crosta terrestre, encontrados no solo, nas rochas, nos materiais de construção, na água potável e até no próprio corpo humano. Já as fontes artificiais de radiação ionizante são utilizadas em diversas aplicações, como na medicina, em aparelhos de raios X, tomografia computadorizada e radioterapia, além da geração de energia em usinas nucleares.

### **3.7 Efeitos das radiações ionizantes**

Rodrigues Jr. (2008) explica que o efeito biológico pode ser compreendido como qualquer alteração que ocorre no organismo, podendo ou não resultar em problemas de saúde. Segundo o autor, os átomos presentes no corpo humano se ligam formando moléculas de diferentes tamanhos, desde as pequenas, como a molécula de água, até as maiores, como o DNA, sendo essas ligações mantidas por forças elétricas.

Quando uma partícula ionizante remove um elétron de um dos átomos de uma molécula no nosso corpo, isso pode levar à desestabilização dessa molécula, resultando em sua ruptura. A seguir, serão apresentados os efeitos das interações das radiações ionizantes com o organismo humano, discutidos por Okuno (2013).

Em relação aos mecanismos de ação, Okuno (2013) classifica em dois tipos: o mecanismo direto, refere-se à interação da radiação com moléculas essenciais, como as do DNA, o que pode resultar em mutações genéticas ou até mesmo na morte celular. E o mecanismo indireto, que ocorre quando a radiação desintegra as moléculas de água, resultando na formação de radicais livres que têm a capacidade de agredir outras moléculas essenciais. Esse processo é significativo, considerando que o corpo humano é constituído por mais de 70% de água.

**Figura 8** – Mecanismos de ação direta e indireta no DNA

**Fonte:** <https://www.drfulpeteles.com/o-que-%C3%A9-radioterapia>.

Okuno (2013) categoriza os efeitos biológicos da radiação, em dois tipos: teciduais e estocásticos. Os efeitos teciduais surgem após exposições a doses elevadas e se manifestam quando um determinado limiar é ultrapassado, variando conforme o tipo de radiação e o tecido afetado. A severidade desses efeitos aumenta com a dose de radiação recebida. Por outro lado, os efeitos estocásticos envolvem alterações em células normais, como o desenvolvimento de câncer e consequências hereditárias. Esses efeitos podem ocorrer independentemente do nível de exposição, não possuindo uma relação direta com a dose, embora a probabilidade de ocorrência aumente conforme a dose aumenta.

O INCA (2023), classifica os principais efeitos à saúde como: efeitos agudos ou crônicos. Alguns dos efeitos agudos são “náuseas, fraqueza, perda de cabelo, queimaduras na pele ou diminuição da função orgânica. Pacientes tratados com radiação frequentemente experimentam os efeitos agudos, devido à exposição em altas doses”. São considerados efeitos crônicos, as alterações no DNA e o câncer, pois já tendo sido observadas as associações de alguns tipos de câncer com a exposição à radiação conforme a figura 10.

**Tabela 4** – Efeitos crônicos das radiações ionizantes

| Tipo de radiação        | Câncer em humanos                                                                                                                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Raios X e<br>Raios Gama | Glândula salivar, esôfago, estômago, cólon, pulmão, ossos, mama, bexiga, rim, pele, cérebro e sistema nervoso central (SNC), tireoide e leucemia. |
| Partículas alfa         | Pulmão e leucemia.                                                                                                                                |
| Partículas beta         | Tireoide, leucemia, glândula salivar, osso e sarcoma.                                                                                             |

**Fonte:** Instituto Nacional de Câncer (2023).

Em suma, a interação dessas radiações com moléculas essenciais pode ocorrer por mecanismos diretos, afetando diretamente o DNA, ou por mecanismos indiretos, gerando radicais livres que desencadeiam danos secundários. Os efeitos das radiações ionizantes no organismo humano variam conforme a dose, tempo e forma de exposição, e também a condição biológica do organismo exposto, como aponta Dafre e Maris (2013):

***Dose vs tempo*** - a intensidade dos efeitos da radiação depende da dose e do tempo de exposição. Uma dose alta em uma única exposição pode causar danos significativos, enquanto a mesma dose, quando fracionada ao longo do tempo, pode ter efeitos mínimos.

***Forma de exposição*** - à radiação pode ter efeitos distintos dependendo de ser proveniente de partículas ou fótons. As partículas possuem baixa penetração e a proteção é simples, enquanto os fótons são mais difíceis de bloquear. Além disso, a resposta do corpo varia dependendo do uso de radiofármacos, como quando são injetados para criar imagens ou para serem absorvidos por células cancerígenas.

***Condição biológica*** - pode influenciar o dano causado pelas radiações. O desenvolvimento embrionário, por exemplo, é mais sensível à radiação. Em tecidos adultos, células de divisão rápida, como as do intestino delgado, são mais vulneráveis, enquanto células musculares são menos sensíveis. Além disso, indivíduos sob estresse ambiental, como desnutrição ou doença, têm maior vulnerabilidade à radiação do que pessoas saudáveis.

Diante do que foi exposto, a compreensão desses efeitos esclarece visões equivocadas suscitadas pela desinformação sobre os efeitos das ondas eletromagnéticas na saúde humana. Como também, enfatiza a importância da adoção de medidas de proteção radiológica, visando minimizar os riscos associados à exposição à radiação, seja em contextos médicos, industriais ou ambientais.

4 METODOLOGIA

Neste capítulo, detalhamos a natureza da pesquisa, o ambiente em que foi realizada e a caracterização dos sujeitos envolvidos, descrevemos também o percurso metodológico para obtenção do Tema gerador e apresentamos o processo de elaboração das atividades didático-pedagógicas. Estas atividades, foram organizadas em uma proposta de ensino para abordar o conteúdo das radiações eletromagnéticas na EJA. Assim, os procedimentos adotados tem como objetivo desenvolver e implementar uma sequência de ensino de ciências, utilizando como fundamento a Abordagem Temática Freireana.

4.1 Contexto e sujeitos da pesquisa

A instituição selecionada para a aplicação da proposta foi uma Escola Municipal de Ensino Fundamental e EJA. Durante o turno matutino, a escola atende os anos iniciais do ensino fundamental, e à noite, recebe as turmas da EJA, nas quais a pesquisadora atualmente leciona. A escolha se deu pelo fato de que a Abordagem Temática Freireana enfatiza o diálogo e a problematização de situações significativas vivenciadas pelos estudantes, sendo adequada especialmente as necessidades de aprendizagem dos jovens e adultos. Além disso, a motivação pessoal da pesquisadora e seu bom relacionamento com o público-alvo escolhido contribuíram para o processo de elaboração e implementação da proposta de ensino.

A sequência de ensino foi implementada durante o segundo semestre do ano letivo de 2024, em uma turma composta por estudantes dos Ciclos VII e VIII da EJA, que correspondem respectivamente, ao 8º e 9º ano do ensino fundamental regular.

Quanto aos sujeitos da pesquisa, a turma na qual a proposta foi aplicada é composta por 20 (vinte) estudantes. A fim de caracterizar a turma, foram propostas breves perguntas, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Perguntas respondidas pelos estudantes da EJA

|                                                       |                                                   |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Nome:                                                 |                                                   |
| Idade:                                                | Local onde reside: ( ) Zona rural ( ) Zona urbana |
| Profissão/Ocupação:                                   |                                                   |
| Por quanto tempo você interrompeu os estudos?         |                                                   |
| O que motivou o seu retorno à escola?                 |                                                   |
| Qual(ais) disciplina(s) você sente maior dificuldade? |                                                   |

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Em resposta às questões, foram obtidos os dados: O grupo de estudantes é composto por 20 pessoas, sendo 14 do sexo feminino, o que corresponde a 70% do total, e 6 do sexo masculino, representando 30%. Em relação ao local de residência, a maioria dos estudantes, ou seja, 15 deles (75%), vive na zona urbana, enquanto os outros 5 (25%) residem na zona rural. Quanto às profissões ou ocupações predominantes entre os estudantes, observa-se uma diversidade de atividades: 3 são estudantes, 5 atuam como agricultores(as), 8 são donas de casa, e há ainda um representante de cada uma das seguintes ocupações: pedreiro, pintor, eletricitista e metalúrgico.

As idades dos estudantes variam entre 15 e 48 anos, e o intervalo de tempo em que os estudos foram interrompidos vai de 1 a 30 anos. As principais motivações para o retorno incluem a busca por um emprego, a melhoria das condições de trabalho e de vida, além da realização pessoal. Dentre os componentes curriculares, os estudantes enfrentam maior dificuldade em língua portuguesa, matemática e língua inglesa.

## **4.2 Características da pesquisa**

A presente pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, pois de acordo com Bogdan e Biklen (1994), busca explorar a realidade levando em conta os valores, interesses e pontos de vista dos diversos indivíduos sociais envolvidos, assim como se preocupa com o processo pelo qual o fenômeno se desenvolve e não apenas com os resultados. Nesse sentido, as características da investigação qualitativa são:

[...] a fonte direta de dados é o ambiente natural e o investigador o instrumento principal; a investigação qualitativa é descritiva; os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que pelos resultados ou produtos (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 47).

Esse tipo de investigação permite que o pesquisador se aproxime da situação estudada, conferindo maior ênfase ao processo investigativo. Chizzotti (2011) destaca que a abordagem qualitativa parte do pressuposto de que há uma conexão e interdependência entre o mundo real e o indivíduo. Para esse autor, o conhecimento não se limita a um conjunto de dados isolados passíveis de serem organizados por uma teoria explicativa, pois o objeto de estudo não é neutro: ele contém significados e relações construídas pelos sujeitos por meio de suas ações.

No contexto desta pesquisa, quanto ao propósito, ela é de caráter exploratório. Quanto ao método, classifica-se como pesquisa participante, uma abordagem metodológica que busca a integração ativa entre pesquisador e participantes, visando não apenas à coleta de dados, mas também à transformação da realidade investigada. Nessa modalidade, os sujeitos envolvidos participam de forma colaborativa em todas as etapas do processo — do planejamento à análise dos resultados —, contribuindo para a construção coletiva do conhecimento.

De acordo com Brandão (2006), a pesquisa participante caracteriza-se pela interação dialógica entre pesquisador e comunidade, permitindo que os participantes atuem como agentes no processo de investigação e transformação social. Assim, a escolha dos temas que orientam a Abordagem Temática Freireana deve emergir de um processo vivido pela própria comunidade escolar. Portanto, o contexto no qual a escola está inserida foi considerado elemento essencial desta investigação.

Metodologicamente, a pesquisa apresenta natureza teórica e empírica. No aspecto teórico, investigou-se a perspectiva de ensino da Abordagem Temática Freireana e o estudo das radiações eletromagnéticas, apresentados nos capítulos 2 e 3, respectivamente.

No aspecto empírico, os procedimentos adotados visaram à obtenção do tema gerador. Inicialmente, aplicou-se um questionário com perguntas fechadas e de múltipla escolha acerca das radiações, com o objetivo de identificar qual faixa do espectro eletromagnético está mais presente no cotidiano dos estudantes. Conforme Lakatos e Marconi (2017, p. 235), o questionário é “um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador”.

Em um segundo momento, foi realizada uma entrevista não estruturada, também denominada despadronizada. Nesse tipo de entrevista, “o entrevistador tem liberdade para desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada. É uma forma de poder explorar mais amplamente uma questão. Em geral, as perguntas são abertas e podem ser respondidas dentro de uma conversa informal” (LAKATOS; MARCONI, 2017, p. 231). Com base nessa definição, a entrevista com os moradores foi conduzida em formato de diálogo, utilizando perguntas previamente elaboradas para confirmar os resultados obtidos na etapa anterior. As falas e os dados coletados em ambas as etapas são apresentados no capítulo de resultados e discussões.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 Estudo prévio: busca por situações significativas**

Nessa primeira parte, buscou-se fazer aproximações iniciais com a comunidade local e escolar, o qual foi iniciado com os estudantes e posteriormente com os moradores. Essa fase envolve a construção do tema a ser trabalhado em sala de aula, partindo das quatro primeiras etapas da investigação temática, o levantamento preliminar, codificação, decodificação e redução temática (Freire, 1987).

#### **5.1.1 Levantamento preliminar**

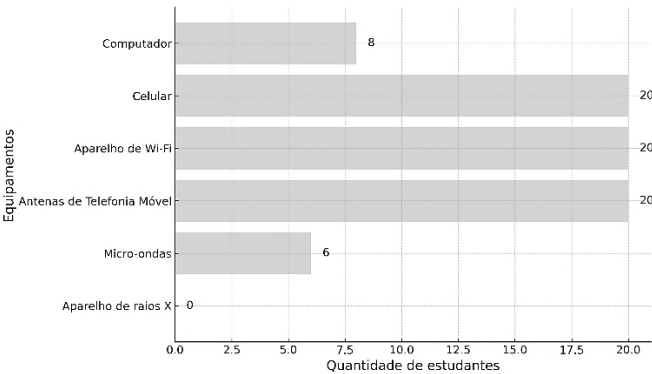
Inicialmente, foi feito um breve levantamento do perfil dos estudantes (tópico 4.1), o que permitiu à pesquisadora ter uma visão geral das características da turma. Partindo disso, formulou-se uma hipótese inicial de que as antenas de telefonia móvel seriam a situação-limite que abrange a maior parte dos estudantes, já que todos estão expostos a elas, ainda que de forma indireta.

Vale ressaltar que, só foi possível levantar essa hipótese devido ao fato de que estou inserida no mesmo contexto que os estudantes, pois resido no mesmo município. Assim, era necessário verificar a relevância do tema para os sujeitos da pesquisa, ou seja, obter a legitimação do tema.

Para o reconhecimento da realidade, foi aplicado um questionário (Apêndice A) à turma dos ciclos VII e VIII da EJA. O instrumento continha questões objetivas e de múltipla escolha, que apresentavam possíveis situações-problema relacionadas às radiações, nas quais a comunidade escolar poderia ou não estar envolvida. Obtivemos os seguintes dados por meio do questionário inicial:

**Pergunta 1 –** Quais desses tipos de equipamentos estão presentes onde você vive?

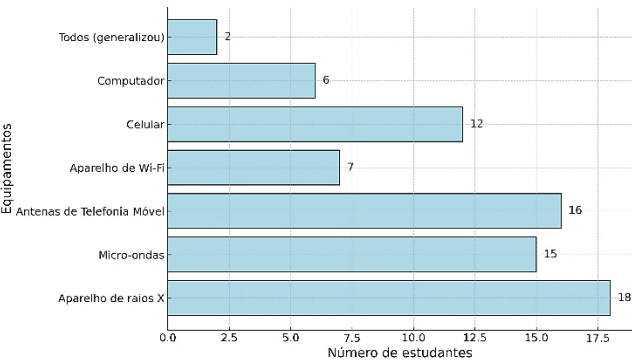
**Figura 9 –** Equipamentos presentes no cotidiano dos estudantes



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

**Pergunta 2 –** Qual deles você acha que emitem radiação?

**Figura 10 –** Percepção dos estudantes sobre equipamentos que emitem radiação



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

**Pergunta 3 –** Qual o seu posicionamento acerca da presença da radiação na vida das pessoas?

| Resposta                        | Quantidade | Porcentagem |
|---------------------------------|------------|-------------|
| São boas                        | 2          | 10%         |
| Trazem malefícios               | 14         | 70%         |
| As duas situações são possíveis | 4          | 20%         |

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

**Pergunta 4 –** Você possui aparelho de micro-ondas em casa?

| Resposta | Quantidade | Porcentagem |
|----------|------------|-------------|
| sim      | 6          | 30%         |
| não      | 14         | 70%         |

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

**Pergunta 5** – Esquentar os alimentos no micro-ondas pode fazer mal à saúde?

| Resposta | Quantidade | Porcentagem |
|----------|------------|-------------|
| sim      | 15         | 75%         |
| não      | 5          | 25%         |

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

**Pergunta 6** – O Sol emite algum tipo de radiação?

| Resposta | Quantidade | Porcentagem |
|----------|------------|-------------|
| sim      | 20         | 100%        |
| não      | 0          | 0%          |

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

**Pergunta 7** – A radiação pode ser usada para o diagnóstico e tratamento de doenças?

| Resposta | Quantidade | Porcentagem |
|----------|------------|-------------|
| sim      | 17         | 85%         |
| não      | 3          | 15%         |

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

**Pergunta 8** – Você já realizou exame de raios X?

| Resposta | Quantidade | Porcentagem |
|----------|------------|-------------|
| sim      | 7          | 35%         |
| não      | 13         | 65%         |

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

**Pergunta 9** – Sabe como esse exame é feito?

| Resposta | Quantidade | Porcentagem |
|----------|------------|-------------|
| sim      | 2          | 10%         |
| não      | 18         | 90%         |

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

**Pergunta 10** – Você conhece alguém que já passou por tratamento com radioterapia?

| Resposta | Quantidade | Porcentagem |
|----------|------------|-------------|
| sim      | 8          | 40%         |
| não      | 12         | 60%         |

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

**Pergunta 11 – Você sabe como funciona o tratamento com radioterapia?**

| <b>Resposta</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Porcentagem</b> |
|-----------------|-------------------|--------------------|
| sim             | 1                 | 5%                 |
| não             | 19                | 95%                |

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

Os dados obtidos revelam um cenário de contradições e lacunas conceituais. Embora os estudantes convivam com diversos equipamentos emissores de radiação, na pergunta 2, ao serem questionados sobre quais dispositivos emitem radiação, demonstraram uma compreensão limitada sobre o tema. Além disso, predomina uma percepção negativa acerca da presença da radiação na vida das pessoas, com 70% dos estudantes a considerando prejudicial.

As respostas às perguntas 4 e 5 indicam que, mesmo com apenas 30% dos estudantes possuindo um micro-ondas em casa, 75% acreditam que seu uso pode causar danos à saúde, o que reflete julgamentos influenciados por desinformação ou mitos divulgados na internet. Por outro lado, todos reconhecem que o Sol emite radiação, possivelmente por ser um conteúdo mais frequente nas escolas.

Na pergunta 7, a maioria reconhece que a radiação pode ser utilizada em diagnósticos e tratamentos médicos. No entanto, observa-se grande desconhecimento sobre exames e tratamentos como a radioterapia, mesmo entre os que já tiveram contato com essas experiências. Embora 35% já tenham feito um exame de raios X, apenas 10% afirmaram saber como ele funciona. Da mesma forma, 40% conhecem alguém que fez radioterapia, mas apenas 5% afirmaram saber como esse tratamento funciona.

No momento em que a turma respondia ao questionário, também proporcionou discussões significativas entre os estudantes. A pesquisadora gravou a aula e, logo após, transcreveu algumas das falas significativas dos estudantes, que estão descritas a seguir, representadas por A1, A2, A3... e assim sucessivamente.

**A1** – “Os raios X eu sei que emite radiação, porque fui com meu filho fazer e não me deixaram entrar na sala porque eu estava grávida.”

**A2** – “Não uso micro-ondas, faz muito mal, já ouvi falar que aquilo causa câncer.”

**A3** – “Tem logo duas dessas antenas aqui em Areial, eu acho errado porque faz muito mal, devia ser instalada afastado da cidade.”

**A4** – “Mas se essas antenas fizessem mal, acho que não podia tá no meio da cidade, então deve ter fiscalização.”

**A5** – “Já ouvi falar que ficar muito tempo com o celular pode causar câncer, não sei se é verdade.”

**A6** – “Quando fui fazer raios X tive que colocar aquela roupa pesada por cima, acho que porque a energia é muito forte.”

### 5.1.2 Codificação

A partir desses dados e das falas dos estudantes foi possível diagnosticar os saberes prévios dos estudantes acerca de quais radiações eletromagnéticas estão presentes onde vivem. Nesta etapa, os estudantes atuaram como integrantes da comunidade, uma vez que, segundo Freire (1987), a presença dos voluntários é ainda mais importante do que a coleta dos dados, pois eles são fontes diretas de informações.

A etapa da codificação consistiu na análise de algumas das falas significativas dos estudantes, a fim de identificar as contradições sociais/situações-limite enfrentadas pelos estudantes e possíveis temáticas a serem trabalhadas no decorrer das aulas. Esses elementos estão sintetizados na Tabela 6.

**Tabela 6** – Falas significativas obtidas e suas respectivas situações-limite e possíveis temas

| <b>Fala significativa</b>                                                                                                              | <b>Contradições sociais/<br/>Situação-limite</b>                                                                                                                   | <b>Possíveis temas a serem<br/>trabalhados</b>                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1 – “Os raios X eu sei que emite radiação, porque fui com meu filho fazer e não me deixaram entrar na sala porque eu estava grávida.” | A pessoa reconhece que os raios X emitem radiação e que há um risco associado à gravidez, mas pode não compreender exatamente os tipos de radiação e seus efeitos. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• O que é radiação?</li> <li>• Por que a radiação dos raios X pode ser prejudicial a gestantes?</li> <li>• Quais os diferentes tipos de radiação e suas aplicações no cotidiano?</li> </ul>                                               |
| A2 – “Não uso micro-ondas faz muito mal, já ouvi falar que aquilo causa câncer.”                                                       | Desinformação sobre os efeitos das ondas eletromagnéticas na saúde humana. Essa afirmação reflete o senso comum não fundamentado cientificamente.                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais são as fontes de radiação no cotidiano e quais realmente oferecem riscos?</li> <li>• Existe diferença entre a radiação do micro-ondas e os raios X?</li> <li>• Como ocorre o aquecimento dos alimentos no micro-ondas?</li> </ul> |

|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A3 – “Tem logo duas dessas antenas aqui em Areal, eu acho errado porque faz muito mal, devia ser instalada afastado da cidade.” | Percepção de que as antenas de telecomunicação fazem mal à saúde, sem um entendimento fundamentado sobre os efeitos reais da radiação eletromagnética. Essa visão reflete preocupações comuns na sociedade.          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Como funcionam as antenas de telecomunicação e quais tipos de radiação emitem?</li> <li>• Como é feita a regulamentação e a fiscalização dessas antenas?</li> <li>• Quais são os limites de exposição seguros estabelecidos por organizações de saúde?</li> </ul> |
| A5 – “Já ouvi falar que ficar muito tempo com o celular pode causar câncer, não sei se é verdade.”                              | Incerteza sobre os possíveis efeitos da radiação emitida pelos celulares na saúde humana. Essa dúvida reflete a influência de informações não verificadas e a necessidade de aprofundamento científico sobre o tema. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que tipo de radiação os celulares emitem?</li> <li>• Existem tipos diferentes de radiação?</li> <li>• O que dizem os estudos científicos sobre a relação entre uso de celular e câncer?</li> </ul>                                                                |

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

### 5.1.3 Descodificação

Salienta-se que essa fase da pesquisa foi realizada apenas pela pesquisadora. Assim como em outros trabalhos como Demartini e Silva (2021), Novais (2015) e Silva (2023) que também a realizaram, não necessariamente na coletividade, isso não descaracteriza os fundamentos que norteiam as ideias da Abordagem Temática Freireana.

Partindo da análise dos dados obtidos na etapa realizada com os estudantes, constatou-se que a maioria afirmou que as antenas de telefonia móvel (Figura 11) presentes no centro da cidade podem trazer malefícios à vida da população, surgindo a hipótese de que essa seria uma situação-limite relevante para os sujeitos da pesquisa. Com isso, buscou-se confirmar essa hipótese a partir de questionamentos feitos aos moradores.

**Figura 11** – Antenas de telefonia móvel localizadas em Areial/PB



Fonte: Fotografia da autora (2024).

As informações obtidas dos moradores foram colhidas por meio de entrevista realizada na rua principal do município, com pessoas que moram ou transitavam próximo às duas antenas. Na tabela 7 consta os questionamentos feitos nesse processo.

**Tabela 7** – Perguntas feitas pela pesquisadora aos moradores

|                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Você acha que essas antenas prejudicam de alguma forma a população?</p> <p>Essas antenas emitem radiação?</p> <p>Esse tipo de radiação pode causar danos à nossa saúde?</p> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Como resultado dos questionamentos acima, obtivemos falas significativas que foram gravadas e foram transcritas. As falas dos moradores serão representadas por M1, M2, M3... e assim sucessivamente.

**M1** – “Na época que vinheram instalar, isso assombrou muito a população, muitas pessoas ficaram com medo, porque falaram que transmitia o câncer principalmente nas pessoas idosas e as pessoas idosas não podiam morar perto delas e até hoje elas vivem assim mesmo, e nós não temos o que fazer.”

**M2** – “Visualmente não interfere, mas justamente por causa da radiação, ao longo do tempo ela pode ser prejudicial à saúde e não deveria estar localizada no centro da cidade.”

**M3** – “Sim, prejudica. A radiação creio que com o tempo de alguma forma vai sendo acumulada e vai ser prejudicial à saúde da população que está ao redor. Além de ter uma questão estética, deixa a cidade um pouco feia, a questão da saúde também prejudica bastante.”

**M4** – “Assim, pelos meus estudos que eu já tive né, o celular transmite sim um pouco de radiação, e as antenas podem transmitir um pouco de radiação, mas acho que não prejudica muito, dependendo do tamanho da radiação.”

**M5** – “Acho que sim, porque radiação nunca foi bom, acho que pode sim causar um risco a população.”

**M6** – “Eu acho que essa antena pode causar problema pra população, e a radiação pode danificar a população local ao longo do tempo, não pode ser uma radiação muito grande, mas ao longo do tempo, vai ter resultados enormes na população.”

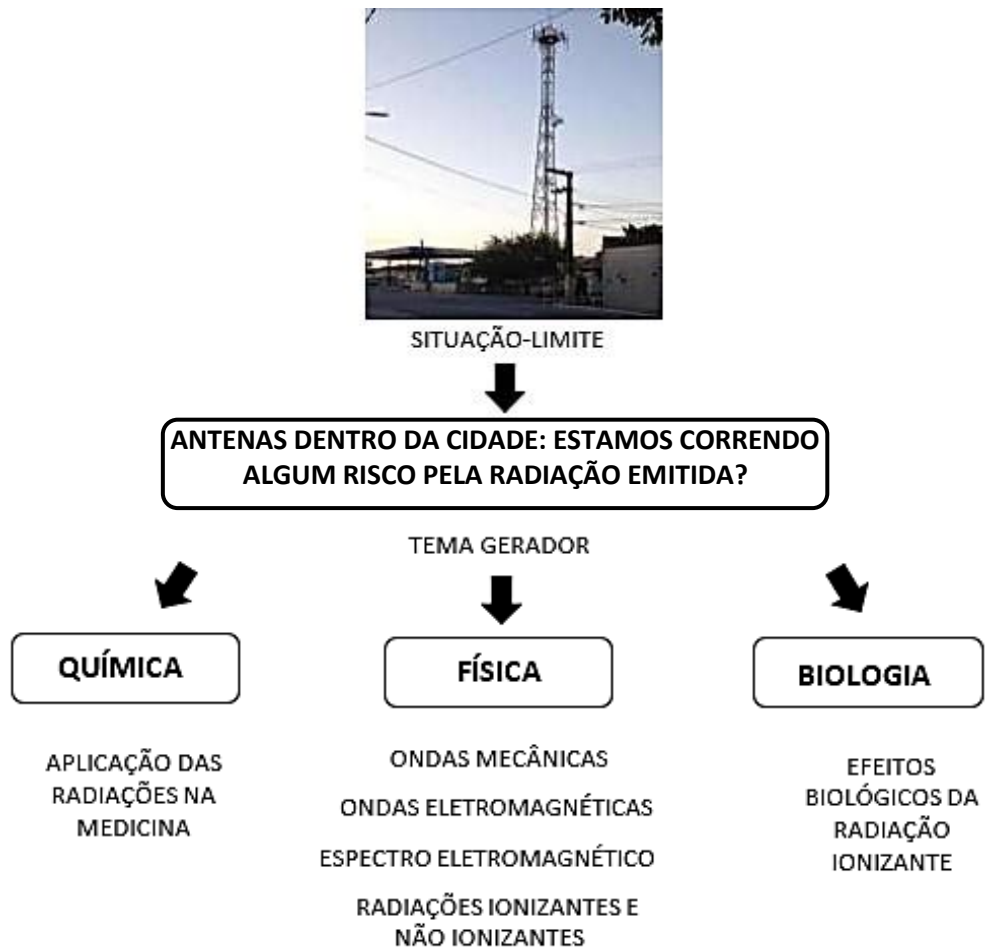
Essa etapa possibilitou a legitimação das hipóteses, em que apresentamos as situações significativas obtidas com os estudantes e, por meio de diálogos decodificadores com os moradores, averiguamos se realmente essas situações são relevantes para a comunidade local.

O tema mencionado por Freire (1987) surge da problematização da realidade dos indivíduos, que, apesar de estarem envolvidos com o problema, não possuem uma visão crítica sobre ele. Este tema não se limita apenas ao reconhecimento de sua existência, sendo fundamental a reflexão crítica do ser humano sobre o mundo.

Constatamos que, de fato, as antenas situadas em meio à população configuram uma contradição sociocultural, o que é percebido na discrepância das falas apresentadas que fundamentaram a escolha do tema. Com a validação dessas hipóteses, foi possível definir o tema gerador: **"Antenas dentro da cidade: estamos correndo algum risco pela radiação emitida?"**

#### 5.1.4 Redução temática

Após a definição do tema gerador, a pesquisadora realizou o processo de Redução temática sintetizado na Figura 12, o qual corresponde à escolha dos conceitos necessários para a compreensão do tema e à elaboração das atividades didático-pedagógicas relacionadas. Esses aspectos estão alinhados com a quarta etapa da Investigação temática (Freire, 1987).

**Figura 12** – Redução temática

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

Partindo disso, foi elaborado o produto educacional intitulado por “Radiações eletromagnéticas: Proposta de ensino para Educação de Jovens e Adultos”, disposto no Apêndice B. Esse material é direcionado aos professores de ciências/física da EJA, no intuito de apresentá-los estratégias para o ensino das radiações eletromagnéticas nas turmas dos ciclos VII e VIII. Assim, dividimos a proposta em seis intervenções com duas aulas de 35 min cada, como apresentado na tabela 8.

**Tabela 8** – Apresentação geral da proposta didática

| <b>Temática / Duração</b>                                                 | <b>Conteúdos</b>                                                                  | <b>Objetivos</b>                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1º Encontro<br>Radiação de cada dia<br><br>2 aulas (70 min)               | Ondas mecânicas;<br>Ondas eletromagnéticas.                                       | Explorar os conhecimentos prévios em torno da temática;<br>Identificar os tipos de ondas e diferenciá-los quanto à natureza e ao tipo de propagação (longitudinal ou transversal).                                   |
| 2º Encontro<br>Apresentando o Tema Gerador<br>2 aulas (70 min)            | Ondas de rádio.                                                                   | Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção das ondas de rádio;<br>Apresentar o tema gerador;<br>Identificar o sinal de telefonia móvel como ondas de rádio.                            |
| 3º Encontro<br>Construção do espectro<br><br>2 aulas (70 min)             | Espectro eletromagnético;<br>Radiações ionizantes e não ionizantes.               | Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações;<br>Reconhecer as radiações ionizantes e não ionizantes no espectro eletromagnético.                                             |
| 4º Encontro<br>Radiações: benefícios X malefícios<br><br>2 aulas (70 min) | Efeitos biológicos da radiação ionizante;<br>Aplicação das radiações na medicina. | Analisar quais são os efeitos biológicos provocados pela exposição as radiações ionizantes;<br>Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica e no tratamento de doenças. |
| 5º Encontro<br>Planejando e construindo a cena<br>2 aulas (70 min)        | Todos os conteúdos das aulas anteriores.                                          | Retomar os conceitos acerca das radiações eletromagnéticas;<br>Estimular o trabalho em grupo e a expressão criativa por meio de atividades práticas e dramatizações.                                                 |
| 6º Encontro<br>Entrando em cena!<br><br>2 aulas (70 min)                  | Todos os conteúdos das aulas anteriores.                                          | Retomar os conceitos acerca das radiações eletromagnéticas;<br>Executar uma encenação que evidenciem a resposta ao tema gerador.                                                                                     |

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

Embora a proposta tenha sido direcionada para a EJA, ela pode ser aplicada no ensino regular; já que se trata de uma possibilidade, o professor pode adequá-la à sua realidade. Em relação à avaliação, sugerimos que os estudantes sejam avaliados de forma contínua, levando em consideração o envolvimento de cada um durante as aulas.

## 5.2 Desenvolvimento em sala de aula

Neste tópico, apresenta-se o relato de experiência referente à aplicação da proposta de ensino, realizada entre os dias 11 e 28 de novembro de 2024, em uma escola pública da rede municipal da cidade de Areial – PB. As atividades didático-pedagógicas foram desenvolvidas com uma turma de 20 estudantes dos Ciclos VII e VIII da EJA do ensino fundamental, ao longo de seis encontros, totalizando doze aulas de 35 minutos cada. Esta fase corresponde ao desenvolvimento em sala de aula, que representa a última etapa da Investigação Temática Freireana, conforme sistematizado por Delizoicov (1991).

### 5.2.1 Relato do 1º encontro

**Tema:** Radiação de cada dia.

**Conteúdos abordados:**

- Ondas mecânicas;
- Ondas eletromagnéticas.

**Objetivos:**

- Explorar os conhecimentos prévios em torno da temática;
- Identificar e diferenciar os tipos de ondas quanto a sua natureza.

**Relato da Intervenção:**

A primeira aula ocorreu no dia 11 de novembro de 2024. Este encontro teve como objetivo a introdução do tema. Todas as aulas foram gravadas, logo após, as falas significativas dos estudantes transcritas e serão representadas por E1, E2, E3... já as falas da pesquisadora serão representadas por P. Nesse momento, foi escrita a palavra “Radiações” no quadro em letras grandes, sem dar nenhuma explicação imediata. Virando-se para os estudantes, perguntou:

**P** – “Quando vocês leem essa palavra, o que vem à mente?”

**E1** – “Olha, professora... eu só lembro de coisa ruim.

**E2** – “Eu ouço falar que radiação de celular dá câncer. Então deve ser ruim”

Essas falas iniciais revelaram que a maioria dos estudantes associada radiação à perigo, à algo prejudicial à saúde. Assim, a discussão foi um momento breve de conversa livre e escuta dos estudantes.

Durante o debate, uma estudante ainda afirmou que as cabines utilizadas por manicures poderiam causar câncer. Outro estudante discordou, argumentando que isso poderia depender de diversos fatores. A professora conduziu o debate e fez algumas perguntas verbalmente:

P – “Como funciona o *Wi-fi* e os sinais de telefonia celular?”

P – “Como funciona o controle remoto?”

P – “Como o controle do carro consegue destravar a porta à distância?”

P – “Como funciona o aparelho de micro-ondas?”

P – “Quais as semelhanças entre todos eles? Quais as diferenças entre eles?”

Os estudantes reagiram com interesse. Um deles respondeu:

E3 – “Se a internet cair lá em casa, é como se tivesse faltado energia. A gente não sabe mais viver sem.”

Foi explicado que, ao longo do estudo do tema, esse e outros questionamentos seriam esclarecidos. Nesse momento, foi incentivado que os estudantes compartilhassem experiências pessoais, buscando construir o conhecimento a partir das vivências deles, como propõe Freire (1987). Essa introdução criou um clima de curiosidade e abertura para os novos aprendizados.

Na sequência, foram distribuídas tirinhas impressas para que os estudantes colassem em seu caderno (Figura 13), na qual mostrava duas crianças se comunicando: uma com um telefone de barbante e copo, e a outra com um smartphone. E foi feita uma discussão por meio da exploração dessa no intuito de introduzir o conceito de ondas eletromagnéticas e diferenciar das ondas mecânicas.

**Figura 13** – Estudante colando a tirinha em seu caderno



Fonte: Fotografia da autora (2024).

Os estudantes foram questionados sobre quem conhecia o brinquedo em questão. Aqueles que tinham familiaridade com ele compartilharam suas experiências com os demais. As perguntas foram escritas no quadro e os estudantes responderam com base em suas ideias e conhecimentos prévios. A fim de compreender a situação problema ilustrada na tirinha, escreveu algumas questões a serem respondidos no caderno.

Na primeira pergunta, alguns estudantes demonstraram dificuldade em responder por não conhecerem o brinquedo, mas logo os colegas que tinham experiências com ele começaram a compartilhar suas vivências, enriquecendo a discussão.

A segunda pergunta gerou um debate interessante sobre o que realmente conduzia a voz de uma criança até a outra: seria o fio ou a voz se propagava pelo ar? Esse momento foi significativo, pois os estudantes puderam expressar suas opiniões, o que gerou um grande envolvimento e empolgação durante a aula.

Na terceira pergunta, a discussão se concentrou no avanço tecnológico trazido pela propagação de ondas "invisíveis", o que permitiu explorar como a tecnologia evoluiu ao longo do tempo.

Após ouvir as opiniões dos estudantes e ler as respostas registradas nos cadernos, foram apresentados os conceitos de ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, por meio da leitura compartilhada do Texto 1 do Produto educacional. A professora leu em voz alta, pausando em trechos estratégicos para comentar utilizando definições claras e exemplos do cotidiano para facilitar o entendimento. Nesse momento, foi possível perceber que os estudantes haviam compreendido o conceito de ondas eletromagnéticas, pois começaram a citar exemplos corretos. Como mencionou um estudante: "Então o controle remoto usa ondas eletromagnéticas." Outro complementou: "O Wi-Fi também."

Aproveitando esse momento de aprendizado, a questão levantada no início da aula foi retomada e questionou: "Será que essas ondas realmente fazem mal?" Isso estimulou mais reflexões e reforçou o engajamento dos estudantes.

Para encerrar a aula, a professora mostrou as imagens que os estudantes precisariam colar o cartaz na aula seguinte e sugeriu que fizessem um teste com o controle remoto, apontando-o para a câmera de um celular, para observar como as ondas eletromagnéticas funcionam.

### 5.2.2 Relato do 2º encontro

**Tema:** Apresentando o tema gerador.

**Conteúdos abordados:**

- Ondas de rádio.

**Objetivos:**

- Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção das ondas de rádio;
- Apresentar o tema gerador;
- Identificar o sinal de telefonia móvel como ondas de rádio.

**Relato da Intervenção:**

Dando continuidade ao encontro anterior, foi iniciada uma atividade em que os estudantes foram divididos em pequenos grupos. Cada grupo recebeu um envelope com recortes de imagens (Apêndice A): micro-ondas, rádio, televisão, chapinha de cabelo, aparelho de som, sol, entre outros. Com base nos conceitos abordados anteriormente, deveriam classificar as imagens em dois grupos, como "emite ondas eletromagnéticas" ou "não emite ondas eletromagnéticas" colando-as em um cartaz previamente produzido pela professora (Figura 14).

**Figura 14** – Estudante colando imagem



**Fonte:** Fotografia da autora (2024).

O momento em que os estudantes colaram as imagens (Figura 15), foi muito importante e proporcionou bastante interação entre os estudantes, os quais puderam opinar e se posicionar a respeito das radiações eletromagnéticas.

**Figura 15** – Cartaz sendo preenchido



**Fonte:** Fotografia da autora (2024).

Ao final dessa atividade prática, utilizou o cartaz elaborado que ainda estava afixado no quadro. E questionou conduziu a turma com perguntas norteadoras:

**P** – Quais desses fazem parte do seu cotidiano?

**P** – A qual desses elementos nós estamos expostos de maneira indireta?

As respostas obtidas a essas perguntas foram bem satisfatórias, em que a maioria dos estudantes citou o Sol como fonte de radiação eletromagnética em seu cotidiano, mas também citaram as antenas presentes no centro da cidade onde moram. Com isso, direcionamos a discussão para a apresentação do tema gerador (Figura 16).

**Figura 16** – Tema gerador



**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

Pensando em otimizar o tempo da aula, o tema gerador (Figura 16) foi projetado no quadro e anotaram suas respostas no caderno. Também foi respondido oralmente pelos estudantes. Após uma breve pausa para reflexão, a professora comentou:

**P** – “Essa pergunta vai nos acompanhar ao longo das aulas. É com ela que a gente vai caminhar e buscar respostas juntos.”

A expressão de curiosidade era visível, alguns estudantes comentaram entre si, e um deles, disse:

**E4** – “Sabe que eu já pensei nisso? se isso der problema depois?”

A professora validou a preocupação:

**P** – “Essa dúvida é muito comum. E é por isso que estamos estudando isso juntos. Vamos entender o que são essas radiações.”

A leitura do Texto 2 presente no Produto educacional, foi realizada em voz alta, intercalada com explicações acessíveis. A professora utilizou o quadro para ilustrar e esclarecer as propriedades das ondas. A onda emitida pela antena foi inicialmente identificada como uma onda de rádio, cujas características foram detalhadas no texto, destacando seu papel como um tipo de onda eletromagnética.

Chegou o momento mais esperado da aula, a atividade experimental. A professora pediu que dois estudantes voluntários participassem do experimento. No primeiro teste, colocaram o celular de um estudante dentro da caixa sem forro. Outro estudante ligou para ele e o celular tocou normalmente. No segundo teste, colocaram o celular dentro da caixa forrada com papel alumínio. O estudante tentou ligar novamente e nada aconteceu, comentaram:

**E5** – “Tá chamando aqui, mas lá dentro nem sinal.”

**E6** – “Então o papel alumínio bloqueia o sinal?”

**P** – “Exatamente! O papel alumínio age como uma barreira. As ondas de rádio não conseguem atravessar, e o sinal não chega até o celular.”

Foram elencados os outros tipos de radiações eletromagnéticas: (micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios x e raios gama). Antes de encerrar, a professora dividiu a turma em grupos e apresentou o desafio da próxima aula: Cada grupo ficou responsável por pesquisar sobre os demais tipos de ondas eletromagnéticas, abordando suas características, frequências e aplicações. Na aula seguinte, cada equipe realizará uma breve apresentação no início da aula.

### 5.2.3 Relato do 3º encontro

**Tema:** Construção do espectro.

**Conteúdos abordados:**

- Espectro eletromagnético;
- Radiações ionizantes e não ionizantes.

**Objetivos:**

- Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações;
- Reconhecer as radiações ionizantes e não ionizantes no espectro eletromagnético.

**Relato da Intervenção:**

O início desta intervenção foi dedicado à apresentação dos resultados das pesquisas realizadas. A turma, organizada em grupos, apresentou seus trabalhos de maneira aleatória, sem necessariamente seguir a ordem do espectro eletromagnético.

**Figura 17 – Turma dividida em equipes**



**Fonte:** Fotografia da autora (2024).

O primeiro grupo apresentou um trabalho sobre o tema “Ultravioleta”. Eles começaram explicando que o objetivo do estudo era abordar os benefícios e os malefícios da radiação solar para o desenvolvimento humano e para a vida na Terra. Inicialmente, o grupo destacou a importância do Sol na origem e manutenção da vida no planeta, mencionando processos fundamentais como a fotossíntese e a síntese de vitamina D no organismo humano.

Alertaram sobre os riscos do excesso de exposição ao Sol, como o desenvolvimento de câncer de pele, ressaltando a importância do uso de protetores solares e a eficiência dos fatores de proteção disponíveis. Por fim, concluíram que a radiação solar é essencial para a vida na Terra e para as tecnologias desenvolvidas pelo homem, mas que seus efeitos prejudiciais podem ser evitados com cuidados adequados, como a moderação na exposição solar.

O segundo grupo apresentou o tema “Raios X”. Inicialmente, destacaram os riscos

associados à exposição excessiva a aparelhos de raios X. Por outro lado, ressaltaram a importância dessa radiação no diagnóstico e tratamento de tumores. A equipe exibiu algumas radiografias como exemplo e, ao final, apresentou os equipamentos de proteção utilizados por profissionais que trabalham frequentemente com essa radiação. Além disso, discutiram as normas estabelecidas pelo Ministério da Saúde para garantir o uso seguro das máquinas emissoras de raios X.

“Luz visível” foi o tema do terceiro grupo, que destacou o espectro visível ao ser humano, bem como as cores classificadas segundo seus comprimentos de onda. O grupo também trouxe exemplos da visão de alguns animais, os quais possuem um espectro diferente do ser humano.

O quarto grupo da turma teve como tema de pesquisa “Raios gama”. O trabalho teve como objetivo destacar os benefícios que a radiação pode proporcionar no tratamento do câncer. Durante a apresentação, o grupo mencionou a experiência de um parente que passou por sessões de radioterapia, eles explicaram como esse tipo de tratamento é direcionado especificamente às áreas afetadas pelas células cancerígenas.

A quinta equipe apresentou sobre a radiação “micro-ondas”, trazendo a região do espectro onde está localizada esse tipo de onda eletromagnética, frequência e sua principal aplicação em nosso cotidiano, o forno de micro-ondas. O grupo trouxe alguns mitos e verdades sobre como utilizar o forno de micro-ondas, nesse momento, teve bastante interações da turma a fim de esclarecer dúvidas.

O último grupo da turma apresentou sobre o “Infravermelho”, o grupo iniciou definindo o conceito de radiação infravermelha e relatando a história de sua descoberta. Abordaram aplicações dessa radiação na fisioterapia, destacando os benefícios que ela traz para a saúde humana. Além disso, explicaram os diferentes tipos de radiação infravermelha existentes, identificando qual é utilizado nos tratamentos fisioterapêuticos. Por fim, ressaltaram a importância de cuidados relacionados ao tempo de exposição a esse tipo de radiação.

Ao término das apresentações, foi o momento para esclarecer dúvidas e promover discussões sobre a precisão das informações apresentadas. Durante essa discussão, foram destacadas as diferenças entre os diversos tipos de ondas eletromagnéticas.

Após as apresentações, foi proposta uma atividade prática: a construção coletiva do espectro eletromagnético. No quadro, já havia uma faixa com uma linha horizontal representando o espectro, com indicações de frequência crescente e comprimento de onda decrescente. Cada grupo recebeu um envelope contendo imagens relacionadas ao tipo de radiação que haviam estudado — por exemplo, o grupo das micro-ondas tinha figuras de fornos,

e assim por diante.

Os estudantes se envolveram na organização das imagens (Figura 18), colando-as com fita dupla face no local apropriado. Ao final, a faixa exibia o espectro completo, com imagens desde as ondas de rádio até os raios gama.

**Figura 18** – Estudantes analisando as imagens



**Fonte:** Fotografia da autora (2024).

Foram distribuídos dois cartões grandes, com os dizeres: “Ionizante” e “Não ionizante, com a seguinte pergunta:

**P** – Pessoal, agora vamos classificar essas radiações. Qual grupo acha que a luz visível é ionizante?”

**E7** – “Acho que não, professora. A gente leva Sol todo dia.”

**P** – Mas e o raio X, aquele do exame?

**E8** – Esse aí é perigoso se fizer demais, né? Deve ser ionizante...”

Com base nessas falas, foi introduzido o Texto 3 do Produto educacional, explicando com linguagem acessível as diferenças entre as radiações ionizantes e não ionizantes. A leitura foi feita em voz alta, intercalada com explicações e exemplos trazidos pelos próprios estudantes. Ao final da aula, o cartaz com o espectro ficou exposto na sala, como uma construção coletiva e concreta do aprendizado.

#### 5.2.4 Relato do 4º encontro

**Tema:** Radiações: benefícios X malefícios

**Conteúdos:**

- Efeitos biológicos da radiação ionizante;
- Aplicação das radiações ionizantes na medicina.

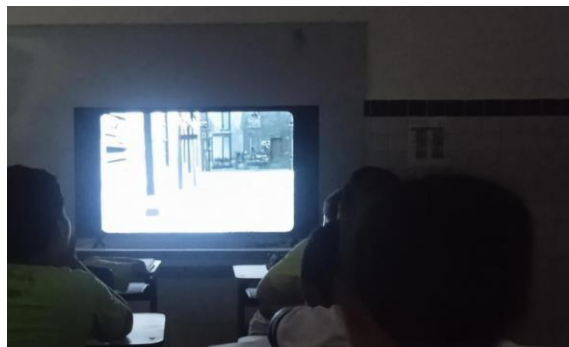
### Objetivos:

- Analisar quais são os efeitos biológicos provocados pela exposição as radiações ionizantes;
- Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica e no tratamento de doenças.

### Relato da Intervenção:

A aula teve início com a exibição de vídeos e matéria jornalística que abordavam diferentes pontos de vista sobre os riscos e benefícios da exposição às radiações eletromagnéticas. Por meio do Datashow, foram apresentadas matérias previamente selecionadas de sites e emissoras de TV que tratavam de forma controversa as diferentes faixas do espectro eletromagnético, como, por exemplo, aquelas que alertam sobre os possíveis riscos da radiação emitida por celulares.

**Figura 19** – Exibição de vídeos e matéria



**Fonte:** Fotografia da autora (2024).

Durante o primeiro vídeo, que abordava a possível ligação entre antenas de celular e casos de câncer, alguns estudantes reagiram de forma espontânea:

**E9** – “Mas será que é verdade mesmo? Essas coisas a gente só vê na TV...”

Foi explicada a importância de se verificar a fonte da informação e propôs que todos refletissem sobre o que era apresentado, sem concluir de forma precipitada. O objetivo desse momento foi possibilitar que os estudantes reconhecessem a importância do tema para a sociedade, além de promover uma discussão sobre a veracidade das informações apresentadas, com base nos conceitos de radiações ionizantes e não ionizantes discutidos.

Foram utilizadas questões norteadoras, que poderão ser apresentadas de forma verbal:

**P** – “Vocês já precisaram fazer exame de raios X?”

**P** – “Sabem como é realizado um exame de tomografia computadorizada ou de ressonância

nuclear magnética?”

**P** – “Acha fascinante a capacidade de enxergar o interior do corpo sem ter de abri-lo?”

**P** – “Vocês têm ideia dos riscos à saúde estão associados a esses exames?”

A conversa caminhou de forma fluida até a professora expor um slide explicando “*Efeitos biológicos da radiação ionizante*”, com o intuito de compreender os efeitos biológicos das radiações ionizantes em nosso corpo e suas aplicações na medicina.

Nesse momento, foi exposto que a ressonância não utiliza radiação ionizante, e sim campos magnéticos e ondas de rádio, enquanto exames como a tomografia e os raios X utilizam radiações que podem, em altas doses e exposição prolongada, causar alterações celulares.

O debate foi bastante enriquecedor. Ao final da explicação, a professora apresentou a atividade extraclasse, sugerindo que cada estudante buscasse, em casa ou com alguém próximo, uma radiografia e respondesse, em seu caderno, às perguntas propostas.

#### 5.2.5 Relato do 5º encontro

**Tema:** Planejando e construindo a cena

**Conteúdos:**

- Todos os conteúdos das aulas anteriores.

**Objetivos:**

- Retomar os conceitos acerca das radiações eletromagnéticas;
- Estimular o trabalho em grupo e a expressão criativa por meio de atividades práticas e dramatizações.

**Relato da Intervenção:**

O quinto encontro foi planejado como uma culminância da proposta, sintetizando os conteúdos científicos com a linguagem teatral, por meio da encenação intitulada “As Antenas de Boa Conexão”, produzida com o auxílio da professora e encenada pelos próprios estudantes. Esse encontro teve início com uma breve retomada dos principais conceitos científicos abordados ao longo das aulas anteriores, com ênfase na distinção entre radiações ionizantes e não ionizantes, seus efeitos biológicos e aplicações tecnológicas.

Com base nos conhecimentos adquiridos ao longo das aulas e utilizando o tema gerador “Antenas dentro da cidade: estamos correndo algum risco pela radiação emitida?” como ponto de partida, foi proposta uma atividade desafiadora: os estudantes deveriam ensaiar e realizar uma encenação com o objetivo de responder à questão levantada.

A encenação abordou de forma lúdica e crítica um conflito fictício em uma cidade

chamada "Boa Conexão", onde autoridades, especialistas e moradores debatem a instalação de novas antenas de telefonia celular. Por meio dos personagens, foram discutidas questões relacionadas à saúde, ao avanço tecnológico e à circulação de desinformação, com base nos conteúdos estudados e nas discussões mediadas ao longo da proposta didática.

Foram sugeridos os seguintes personagens:

1. *Prefeito* – O Político Carismático
2. *Carla* – A Engenheira-Chefe
3. *Dr. Marcos* – O Médico local
4. *João* – O Físico Especialista
5. *Dona Geralda* – Moradora idosa, cheia de superstições e teorias conspiratórias
6. *Pedro* – O Jovem Gamer, que só quer melhorar o sinal para assistir séries e jogar

Devido ao curto tempo disponível para as aulas, a narrativa inicial foi escolhida pela professora, que apresentou uma ideia introdutória e os personagens de uma cidade fictícia. Os estudantes complementaram a proposta com sugestões de falas para os personagens. A seguir, apresentamos a versão final da narrativa construída coletivamente:

### **Cena 1 – Abertura da reunião**

*(O Prefeito se levanta no centro da mesa, com um sorriso simpático.)*

**Prefeito:** Boa noite, minha gente! Estamos aqui hoje pra falar de uma novidade que pode mudar a nossa querida cidade de Boa Conexão: a instalação de antenas de celular! Chamamos especialistas e moradores pra explicar, perguntar e tirar dúvidas. Vamos começar com a engenheira do projeto.

*(Carla levanta-se.)*

**Engenheira:** Boa noite a todos! Essas antenas vão melhorar o sinal de celular e internet na cidade. O projeto segue todas as normas de segurança. A radiação é controlada e está bem abaixo dos limites que poderiam fazer mal. É uma chance de modernizar nossa cidade!

**Prefeito:** Obrigado, Carla. Agora, vamos ouvir o Dr. Marcos, nosso médico.

## Cena 2 – As primeiras preocupações

*(Dr. Marcos se levanta, ajeita os óculos com calma.)*

**Dr. Marcos:** Boa noite a todos. Como médico, entendo a preocupação de muitos aqui. Ainda existem estudos sendo feitos, mas até agora, tudo indica que as antenas, quando instaladas corretamente, não fazem mal à saúde.

*(Dona Geralda levanta a mão rapidamente e se levanta sem esperar.)*

**Dona Geralda:** Ah, mas doutor! Eu moro aqui há 75 anos! Essa história de antena... eu vi num vídeo do WhatsApp que isso dá câncer, atrai raio, A radiação dessas antenas é muito perigosa.

*(Pedro se levanta, meio impaciente.)*

**Pedro:** Dona Geralda, com todo respeito... Mas a gente precisa olhar pra frente! Eu só queria ver minhas séries sem travar! Jogar online sem o sinal cair! Se não melhorar, a galera vai embora da cidade... Essas antenas são seguras, caso contrário não teria em grandes cidades.

*(O Prefeito levanta uma mão pedindo calma.)*

**Prefeito:** Vamos manter o respeito, pessoal. João, pode explicar melhor como funciona essa tecnologia.

## Cena 3 – A voz da ciência

*(João se levanta tranquilo)*

**João (Físico):** Claro! As antenas de telefonia usam radiação “não ionizante”, que é de baixa energia e não são capazes de alterar diretamente as células do corpo humano. É a mesma que usamos em rádio, televisão e wi-fi. E tem regras! Os níveis de ondas eletromagnéticas emitidos pelas antenas são regulamentados pela Anatel e outras agências estabelecem limites considerados seguros.

*(Pedro aponta animado.)*

**Pedro:** Então dá pra jogar sem travar? **João (sorrindo):** Dá sim, Pedro! *(Dona Geralda levanta a mão.)*

**Dona Geralda:** Ondas o que? Já vi isso na televisão.

**João:** Ondas eletromagnéticas, muitas pesquisas têm sido feitas para entender os possíveis efeitos da exposição à essas ondas. A maioria mostra que, dentro dos limites permitidos, não há provas claras de que elas fazem mal à saúde. Tem muita conversa por aí, mas os estudos sérios mostram que, com os limites certos, não tem problema.

## Cena 4 – Fechamento

*(O Prefeito se levanta)*

**Prefeito:** Minha gente... olha só como esse debate foi importante! Vamos chegar a um consenso. Que tal confiarmos na ciência? Vocês viram como a ciência está presente nas nossas decisões do dia a dia? Como faz diferença na nossa saúde, no nosso bem-estar, no futuro da nossa cidade? Viva a ciência!

*(Todos se levantam e cumprimentam a plateia.)*

Encerramos esse encontro reservando um tempo para que os estudantes ensaiassem a encenação (Figura 20). Esse momento foi marcado por descontração e revelou que os estudantes assimilaram o tema gerador, demonstrando habilidade tanto para justificá-lo quanto para propor soluções.

**Figura 20** – Estudantes ensaiando a encenação



Fonte: Fotografia da autora (2024).

### 5.2.6 Relato do 6º encontro

**Tema:** Entrando em Cena!

**Conteúdos:**

- Todos os conteúdos das aulas anteriores.

**Objetivos:**

- Retomar os conceitos acerca das radiações eletromagnéticas;
- Executar uma encenação que evidenciem a resposta ao tema gerador.

**Relato da Intervenção:**

A partir desse contexto, os estudantes foram orientados a se organizar em grupos, conforme o roteiro e personagens previamente combinados. A encenação foi realizada na própria sala de aula (Figura 21). Os figurinos e adereços foram improvisados com criatividade, com itens trazidos de casa ou adaptados com materiais simples.

**Figura 21** – Preparação da sala para encenação



**Fonte:** Fotografia da autora (2024).

A participação dos estudantes superou as expectativas. Mesmo aqueles que inicialmente demonstraram resistência à ideia da encenação envolveram-se ativamente, seja como personagens, seja na produção dos figurinos, cenário e apoio à apresentação. Observou-se um forte senso de colaboração, respeito e valorização das diferentes habilidades dos colegas.

Durante a encenação, os estudantes demonstraram domínio do conteúdo em suas falas, bem como o pensamento crítico construído em sala. Destacam-se falas espontâneas como:

**E10** – “Agora eu sei o que é radiação não ionizante. A gente usa isso todo dia e nem percebe!”

**E11** – “Nunca pensei que ia me divertir aprendendo ciências”

A apresentação transcorreu de forma leve. Logo nas primeiras falas, os estudantes já estavam soltos, incorporando seus personagens. O humor leve de algumas falas misturado à seriedade do tema envolveu quem assistia – professores e alguns funcionários pararam para ver. Devido ao tempo limitado de aula e à quantidade de atividades realizadas, não houve oportunidade para registrar fotografias durante a encenação.

Ao final, o público aplaudiu com entusiasmo. A professora se emocionou ao ver o envolvimento e a desenvoltura de todos. Ao final, propôs que cada grupo comentasse um pouco sobre a experiência:

**E12** – “No começo, achei estranho esse negócio de teatro..., mas foi tão bom! A gente aprende de um jeito diferente.”

**E13** – “Eu nunca pensei que ia decorar fala! Agora já sei até explicar o que é não ionizante!”

**E14** – “Foi bom demais, professora. Eu me senti importante.”

Tais manifestações evidenciam o resultado positivo da proposta ao vincular os conhecimentos científicos à realidade vivida pelos educandos, valorizando suas experiências e modos próprios de expressão. O uso da linguagem teatral como estratégia de avaliação formativa revelou-se adequado à modalidade da EJA, pois os estimulou a refletir criticamente sobre sua realidade e a atuar nela.

Como atividade final, foi promovido um momento de feedback coletivo, conduzido por meio de uma conversa orientada, a fim de estimular a reflexão crítica dos estudantes sobre o que aprenderam, como aprenderam e qual a relevância do conteúdo para suas vidas cotidianas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, buscamos articular aportes teóricos com vista a subsidiar a elaboração de práticas pedagógicas condizentes com a realidade da EJA. Partimos do reconhecimento dos desafios históricos e atuais enfrentados por essa modalidade de ensino, destacando a importância de valorizar os saberes e as experiências que os estudantes trazem consigo.

Com base nas contribuições de Paulo Freire, discutimos a importância de uma educação problematizadora, que parte da realidade dos estudantes para promover uma formação crítica e transformadora. A Abordagem Temática Freireana, apresentam-se como caminhos potentes para ressignificar o ensino de Ciências na EJA. Compreendemos que a atuação docente nesta modalidade, demanda mais do que adaptações curriculares.

O principal objetivo da pesquisa foi desenvolver uma proposta de ensino multidisciplinar para abordar os conceitos de radiações eletromagnéticas no contexto da EJA, fundamentando-se na Abordagem Temática Freireana. A escolha dessa abordagem se deve à sua relevância na promoção de uma educação libertadora, capaz de dialogar com as vivências dos estudantes, valorizando seus saberes e experiências acumuladas ao longo da vida.

A partir das etapas da investigação temática, conforme proposto por Paulo Freire (1987), identificamos as antenas de telefonia móvel como um tema gerador significativo para os estudantes e comunidade local. Essa escolha permitiu explorar questões cotidianas, ao mesmo tempo em que revelou lacunas conceituais sobre o tema. Apesar da presença constante de equipamentos emissores de radiação no cotidiano, os estudantes demonstraram desconhecimento sobre as ondas eletromagnéticas e suas aplicações.

O processo de codificação e decodificação das falas evidenciou contradições sociais, muitas vezes baseadas em desinformação ou senso comum. Essa constatação reforça a necessidade de um ensino que dialogue com a realidade dos estudantes e promova uma compreensão crítica do mundo. A redução temática possibilitou organizar os conteúdos de forma a conectar teoria e prática, com o objetivo de relacionar os saberes trazidos com o conhecimento científico.

A proposta didática, elaborada a partir da temática das radiações eletromagnéticas, incentivou os estudantes a refletirem sobre questões cotidianas relacionadas à saúde, à tecnologia e ao meio ambiente. A Abordagem Freireana contribuiu significativamente para o desenvolvimento do pensamento científico, ao mesmo tempo em que fortaleceu a cidadania dos estudantes, ao perceberem-se como sujeitos capazes de compreender, questionar e intervir na realidade em que vivem.

A escolha das radiações como tema gerador revelou-se pertinente e significativa, tanto pela sua presença constante no cotidiano quanto pela escassez de conhecimento prévio sobre o assunto entre os estudantes. Ao articular os conteúdos científicos com situações concretas, a proposta possibilitou a construção de uma alfabetização científica contextualizada, promovendo a compreensão das tecnologias que permeiam o dia a dia e estimulando o desenvolvimento da autonomia intelectual dos estudantes.

A implementação da proposta foi avaliada de forma muito positiva. A participação ativa, os comentários pertinentes e o interesse crescente demonstraram que a abordagem estava surtindo efeito. O uso de recursos visuais e práticos, aliado ao diálogo constante, facilitou a apropriação dos conceitos. A culminância com a encenação reforçou o vínculo dos estudantes com o conhecimento científico.

Apesar das limitações de tempo e dos desafios enfrentados, a experiência pedagógica mostrou-se enriquecedora, contribuindo para responder à questão central: de que maneira a Abordagem Temática Freireana pode favorecer o ensino de radiações eletromagnéticas no contexto da EJA? Os resultados indicam que essa abordagem constitui um caminho promissor para tornar o ensino mais atrativo e alinhado à realidade desses estudantes. Mais do que transmitir conteúdos, busca-se formar sujeitos críticos e conscientes de seu papel na sociedade.

Espera-se que este trabalho possa contribuir com outros educadores interessados em práticas pedagógicas mais sensíveis às especificidades da EJA, fortalecendo a luta por uma educação de qualidade e verdadeiramente emancipadora.

Como possibilidade de aprimoramento, recomenda-se a ampliação do tempo destinado às etapas finais da sequência didática, de modo a permitir uma preparação mais cuidadosa e aprofundada das atividades de encerramento. Ainda assim, a proposta atingiu seus objetivos ao promover uma abordagem multidisciplinar e contextualizada, fundamentada nos princípios de Paulo Freire, e ao conectar os conteúdos científicos ao universo vivencial dos estudantes da EJA.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (Brasil). **Legislação**. Brasília: ANATEL, 2009. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/leis/426lei11934>. Acesso em: 14 fev. 2025.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRANDÃO, C. R. **Pesquisa participante**. 9. ed. São Paulo: Brasiliense, 2006.
- BRASIL, C. A. N.; GEHLEN, S. T. Investigação temática na formação de professores: indicativos da pesquisa em educação em ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Ilhéus, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Proposta curricular para a Educação de Jovens e Adultos: Ciências Naturais**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/eja/propostacurricular/segundosegmento/vol3\\_ciencias.pdf](http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/eja/propostacurricular/segundosegmento/vol3_ciencias.pdf). Acesso em: 16 jun. 2024.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: MEC, 2005. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2024.
- CARVALHO, R. P. **Micro-ondas**. In: TEMAS ATUAIS DE FÍSICA. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.
- CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais**. 4. ed. São Paulo: Vozes, 2011.
- CORREIA, A. F. G. **Projeto escolar “E eu com isso?”: uma possível educação CTS/CTSA**. Vitória: Instituto Federal do Espírito Santo, 2017.
- DAFRE, A. L.; MARIS, A. F. **Efeitos biológicos das radiações**. 1. ed., 2. reimpr. Florianópolis: Biologia/EAD/UFSC, 2013.
- DELIZOICOV, D. **Concepção problematizadora para o ensino de ciências na educação formal: relato e análise de uma prática educacional na Guiné-Bissau**. 1982. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.
- DELIZOICOV, D. **Conhecimento, tensões e transições**. 1991. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. C. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.
- DEMARTINI, G. R.; SILVA, A. F. G. Abordagem temática freireana no ensino de ciências e biologia: reflexões a partir da práxis autêntica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 21, e33743, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/33743/28250>. Acesso em: 24 fev.

2024.

FERNANDES, R. M.; GOMES, V. R. **Formação dos professores da EJA: desafios e possibilidades**. Santa Catarina: IFSC, 2015.

FREIRE, A. M. A. **Paulo Freire: uma história de vida**. Indaiatuba: Villa das Letras, 2006.

FREIRE, P. **À sombra desta mangueira**. 11. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2012.

FREIRE, P. **Educação na cidade**. São Paulo: Cortez, 1995.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GEATEC – Grupo de Estudos sobre Abordagem Temática no Ensino de Ciências. **Produções do grupo**. Bahia: GEATEC, 2024. Disponível em: <https://geatecuesc8.wixsite.com/geatec/producoes-do-grupo>. Acesso em: 15 ago. 2024.

GIANCOLI, D. C. **Physics for scientists and engineers with modern physics**. 4. ed. Boston: Pearson Education, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 3-4.

HENEINE, I. F. **Biofísica básica**. Colaboradores: José Pereira Daniel; Maria Conceição Santos Nascimento; Luiz Guilherme Dias Heneine. São Paulo: Atheneu, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Radiações**. Rio de Janeiro: INCA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/radiacoes>. Acesso em: 17 fev. 2025.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MAGOGA, T. F.; MUENCHEN, C. A abordagem temática caracterizada por pesquisadores da área de ensino de ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, p. 315–343, 2020.

NOVAIS, E. S. P. **Contribuições da abordagem temática freiriana para o ensino de ciências de uma escola do campo de Iguai/BA**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2015.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, 2013.

OKUNO, E. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios**. São Paulo: Harbra, 2007.

OKUNO, E.; VILELA, M. A. C. **Radiação ultravioleta: características e efeitos**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

RODRIGUES JR., E. **Efeitos biológicos das radiações não ionizantes: uma temática para o ensino médio.** 2008. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SALES, M. A. C. **Ensino de física por abordagem temática: uma proposta para o ensino de ótica.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2019. Disponível em: <https://www1.fisica.org.br/mnpef/ensino-de-f%C3%ADsica-por-abordagem-tem%C3%A1tica-uma-proposta-para-o-ensino-de-%C3%B3tica>. Acesso em: 24 fev. 2024.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. **Princípios de física.** v. 3-4. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

SILVA, M. E. S. **Ensino de ciências na Educação de Jovens e Adultos: aproximações com a perspectiva freireana.** 2023. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2023.

SILVA, M. I. D. **Aprendizagem significativa no estudo do eletromagnetismo a partir de uma UEPS desenvolvida na modalidade EJA.** 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, 2021.

SILVA, R. M. A. **A abordagem temática freireana na formação de professores de ciências sob a ótica da teoria da atividade.** 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Jequié, 2015.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. O papel da problematização freireana em aulas de ciências/física: articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação. **Ciências Educ.**, Bauru, v. 21, n. 4, 2015.

SONVEZ, V. **Uma proposta de sequência didática para o ensino de ondas eletromagnéticas.** 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física moderna.** 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

VIEIRA, R. J. P. **Ensino de ondas eletromagnéticas no 9º ano do ensino fundamental por meio de uma situação problema.** 2016. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INICIAL

|                                                                                                      |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>ESCOLA MUNICIPAL DE ENSINO FUNDAMENTAL E EJA MODELO</b><br><b>COMPONENTE CURRICULAR: CIÊNCIAS</b> |               |
| <b>Aluno (a):</b>                                                                                    | <b>Ciclo:</b> |

1. Quais desses tipos de equipamentos estão presentes onde você vive? (Marque com um X)



(   ) Aparelho de raios X



(   ) Micro-ondas



(   ) Antenas de telefonia móvel



(   ) Aparelho de Wi-Fi



(   ) Celular



(   ) Computador

2. Quais deles você acha que emitem radiação?
3. Qual seu posicionamento acerca da presença da radiação na vida das pessoas?  
 (   ) São boas      (   ) Trazem malefícios      (   ) As duas situações são possíveis
4. Você possui aparelho de micro-ondas em casa? (   ) sim    (   ) não
5. Esquentar os alimentos no micro-ondas pode fazer mal à saúde? (   ) sim    (   ) não
6. O Sol emite algum tipo de radiação? (   ) sim    (   ) não
7. A radiação pode ser usada para o diagnóstico e tratamento de doenças? (   ) sim    (   ) não
8. Você já realizou exame de raios X? (   ) sim    (   ) não
9. Sabe como esse exame é feito? (   ) sim    (   ) não
10. Você conhece alguém que já passou por tratamento com radioterapia? (   ) sim    (   ) não
11. Você sabe como funciona o tratamento com radioterapia? (   ) sim    (   ) não

**APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL**



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I**

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
POLO 48**

**MARIA SÍLVIA SANTOS DE LIMA**

**RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS: PROPOSTA DE ENSINO PARA  
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**2025**  
**MARIA SÍLVIA SANTOS DE LIMA**

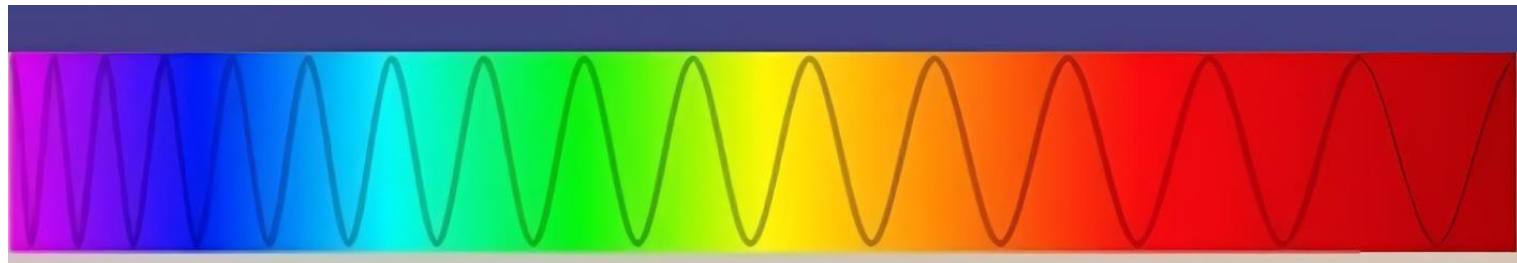
**RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS: PROPOSTA DE ENSINO PARA  
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS**

Produto educacional da dissertação: Radiações eletromagnéticas: uma proposta para EJA baseada na Abordagem Temática Freireana apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Física e Sociedade.

**Orientadora:** Profa. Dra. Laércia Maria Bertulino de Medeiros

**CAMPINA GRANDE – PB**  
**2025**

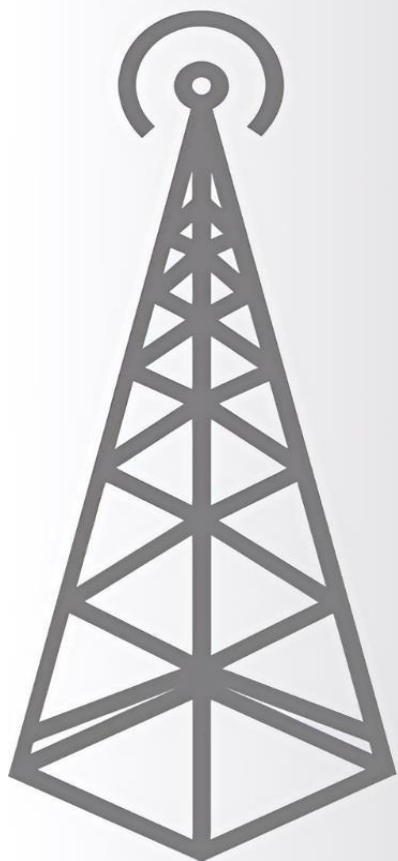


# Radiações eletromagnéticas

Maria Sílvia Santos de Lima

**Proposta de ensino para Educação de  
Jovens e Adultos**

Orientadora: Laércia Maria Bertulino de Medeiros



Campina Grande - PB  
2025

## INTRODUÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: Radiações eletromagnéticas: uma proposta para EJA baseada na Abordagem Temática Freireana, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 48 – UEPB / Campina Grande-PB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

É direcionado aos professores de ciências/física na Educação de Jovens e Adultos, uma modalidade de ensino voltada para àqueles que não tiveram acesso e/ou continuidade aos estudos correspondentes à educação básica na idade apropriada, sendo o sistema de ensino responsável por assegurar oportunidades educacionais adequadas a eles, considerando suas condições de vida e de trabalho (BRASIL, 2005). Embora a proposta tenha sido direcionada para a EJA, ela pode ser aplicada no ensino regular; já que se trata de uma possibilidade, podendo ser adequada à sua realidade.

Esta proposta fundamenta-se na Abordagem Temática Freireana. Esta abordagem foi adotada como fundamentação teórica deste trabalho por alinhar-se às necessidades específicas da EJA, nessa perspectiva, o ponto de partida para a construção do conhecimento deve emergir de temas geradores, oriundos de situações significativas vivenciadas pelos estudantes.

Desse modo, a partir das etapas da Investigação Temática (Freire, 1987), foi possível chegar ao seguinte tema gerador: “*Antenas dentro da cidade: estamos correndo algum risco com essa radiação?*” A escolha desse tema surgiu a partir da realidade vivida pelos estudantes, especificamente a presença de antenas de telefonia móvel instaladas em meio à cidade. Essa situação foi reconhecida como uma situação-limite, capaz de mobilizar reflexões e promover o pensamento crítico.

Nesse sentido, esta proposta tem como objetivo apresentar estratégias para o ensino das radiações eletromagnéticas nas turmas dos ciclos VII e VIII, abordando seus conceitos físicos, características e aplicações. Além disso, busca-se discutir e avaliar, a partir do tema gerador, os possíveis impactos dessas radiações na saúde humana.

As metodologias e os recursos empregados como o uso da encenação teatral como estratégia didática, foram pensados para aproximar o conhecimento científico dos saberes prévios dos estudantes, valorizando suas vivências e experiências cotidianas. Espera-se, com isso, contribuir para o processo de ensino e aprendizagem e auxiliar os professores que atuam na EJA, bem como em outras modalidades de ensino.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

## JUSTIFICATIVA

Embora existam materiais didáticos que possam auxiliar os professores na EJA, nem todas as escolas dispõem desses recursos. Diante dessa realidade, nos motivamos para desenvolver este produto educacional, cujo objetivo é abordar as radiações eletromagnéticas, suas características e aplicações, bem como discutir e avaliar os possíveis danos que podem causar à nossa saúde, a partir de um tema gerador obtido com base no contexto vivenciado pelos estudantes.

No que se refere à temática das radiações eletromagnéticas foi influenciada pelas experiências em turmas da EJA, nas quais observou-se que o ensino de ciências frequentemente enfoca mais os conteúdos de Biologia, do que os de física e/ou química. Essa tendência pode estar relacionada à aversão que os estudantes têm às aulas de Física matematizadas, o que contribui para a escassa abordagem dos conteúdos relacionados às ondas eletromagnéticas na EJA.

Apesar disso, tais conteúdos estão contemplados nas habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), e oferecem grande potencial para discussões sendo uma temática bastante interessante e possibilita uma discussão muito rica, podendo ser explorada a partir de temas relevantes e de fácil conexão com a realidade dos estudantes.

## PERCUSO METODOLÓGICO

Como mencionamos, o planejamento de cada encontro foi desenvolvido tendo em vista o tema gerador em questão. Para Freire (1987), os temas geradores constituem o ponto de partida para o processo de construção do conhecimento, e devem emergir das contradições sociais vivenciadas pelos indivíduos, que apesar de estarem imersos no contexto, muitas vezes não possuem uma visão crítica.

Portanto, trazer esses temas para as discussões em sala de aula facilita a compreensão das situações relevantes no mundo real dos estudantes. Contudo, o tema escolhido deve necessariamente emergir da realidade, sendo selecionado por meio de um processo chamado Investigação Temática (Freire, 1987).

A Investigação Temática é o método utilizado para identificar os temas geradores. Este método, a princípio, foi desenvolvido por Freire, para ele a investigação é essencial para identificar temas relevantes relacionados as contradições sociais vivenciadas pelos estudantes e envolve o pensamento dos próprios participantes sobre situações significativas. Portanto, deve acontecer através da interação entre os indivíduos, com uma perspectiva crítica da realidade e uma abordagem baseada no diálogo (Freire, 1987).

Esse processo investigativo foi desenvolvido por Paulo Freire para a educação não formal e, posteriormente, estruturado para a educação formal por Delizoicov (1991), que fez uma reformulação e propôs cinco etapas específicas, sendo elas:

1ª etapa - Levantamento Preliminar: consiste no estudo da realidade dos estudantes utilizando várias fontes de informação, que podem ser obtidas diretamente pela interação com os moradores, incluindo visitas, entrevistas, rodas de conversa e questionários, além de fontes oficiais como documentos comunitários, jornais, entre outros. Essa coleta de dados ajuda os profissionais a entender o ambiente em que os estudantes estão inseridos e a conhecer as possíveis situações-limite vividas pela comunidade (Novais, 2015).

2ª etapa – Codificação: com base nas informações obtidas durante a primeira etapa, a equipe analisa e seleciona as contradições vividas pelos estudantes que precisam ser compreendidas durante as aulas. O professor ou uma equipe de pesquisadores analisa os códigos e os prepara para próxima etapa. Para Freire (1987), esses códigos podem ser falas, imagens ou fotografias que retratam as situações significativas da comunidade.

3ª etapa – Descodificação: consiste na validação das falas significativas como temas geradores. Essa etapa possibilita apresentar as situações significativas obtidas na segunda etapa. Essas hipóteses de situações-limites serão averiguadas se realmente são relevantes para a comunidade. Se tais hipóteses forem validadas, surge então o Tema Gerador (Novais, 2015). Freire (1987) denomina esse processo de codificação-problematização-descodificação.

4ª etapa - Redução Temática: Após a escolha do Tema Gerador, consiste na seleção de conceitos científicos e conteúdos que são necessários para entender o tema, e em seguida é feito o planejamento das aulas. Essa etapa de preferência deve ser realizada de forma multidisciplinar.

5ª etapa - Desenvolvimento em sala de aula: Realização da intervenção em sala de aula. Nesta etapa, os temas geradores são desenvolvidos durante as aulas, utilizando diversas metodologias que permitem a problematização e o diálogo. Nesse momento, através da apropriação dos conteúdos apresentados, proporciona-se aos estudantes uma compreensão e uma visão crítica das situações-limites identificadas durante a investigação temática.

A partir destes procedimentos configura-se um trabalho fundamentado na Abordagem Temática de Freire, cujo objetivo é criar, em um ambiente propício ao diálogo, as condições para que os estudantes possam compreender criticamente seu meio/realidade. Com base nessa compreensão, eles podem posicionar-se de maneira a superar o estado de marginalização ao qual estão submetidos, alcançando o máximo de consciência possível, por meio do conhecimento científico (Freire, 1987). Com base nesse contexto, elaborou-se a proposta de ensino apresentada a seguir.

## PROPOSTA DE ENSINO

### RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS: PROPOSTA DE ENSINO PARA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

Número de aulas: 6 encontros com 2 aulas de 35 minutos cada.

Público-alvo: Estudantes da EJA – Ensino Fundamental.

Objetivo geral:

Discutir os diferentes tipos de radiações e suas implicações no cotidiano, promovendo o pensamento crítico e a valorização dos saberes dos estudantes.

Habilidades da BNCC - Ensino Fundamental

(EF09CI05) Investigar os mecanismos de transmissão e recepção de imagem e som que revolucionaram a comunicação humana.

(EF09CI06) Classificar as radiações eletromagnéticas por frequência, fonte e aplicação, discutindo implicações de seu uso em tecnologias como controle remoto, celular, raio X e micro-ondas.

(EF09CI07) Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina (raio X, ultrassom, ressonância magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia a laser, etc.).

Habilidades da BNCC - Ensino Médio

(EM13CNT103) Discutir, com base nos conhecimentos sobre ondas e radiações, os avanços tecnológicos associados à comunicação e à medicina, e seus impactos na vida cotidiana.

(EM13CNT104) Analisar e comparar as diferentes formas de propagação das ondas (mecânicas e eletromagnéticas) e os fenômenos associados, utilizando modelos e analogias.

(EM13CNT106) Avaliar riscos e benefícios relacionados à exposição a diferentes tipos de radiações presentes no cotidiano, com base em evidências científicas.

Embora a proposta tenha sido direcionada para a EJA, ela pode ser aplicada no ensino regular; já que se trata de uma possibilidade, o professor pode adequá-la à sua realidade. Assim, a presente proposta de ensino será composta por seis intervenções de duas aulas de 35 min cada, como apresentado na tabela 1.

**Tabela 1** – Apresentação geral da proposta didática

| <b>Temática / Duração</b>                                                 | <b>Conteúdos</b>                                                                  | <b>Objetivos</b>                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1º Encontro<br>Radiação de cada dia<br>2 aulas (70 min)                   | Ondas mecânicas;<br>Ondas eletromagnéticas.                                       | Explorar os conhecimentos prévios em torno da temática;<br>Identificar os tipos de ondas e diferenciá-los quanto à natureza e ao tipo de propagação (longitudinal ou transversal).                                   |
| 2º Encontro<br>Apresentando o Tema Gerador<br><br>2 aulas (70 min)        | Ondas de rádio.                                                                   | Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção das ondas de rádio;<br>Apresentar o tema gerador;<br>Identificar o sinal de telefonia móvel como ondas de rádio.                            |
| 3º Encontro<br>Construção do espectro<br><br>2 aulas (70 min)             | Espectro eletromagnético;<br>Radiações ionizantes e não ionizantes.               | Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações;<br>Reconhecer as radiações ionizantes e não ionizantes no espectro eletromagnético.                                             |
| 4º Encontro<br>Radiações: benefícios X malefícios<br><br>2 aulas (70 min) | Efeitos biológicos da radiação ionizante;<br>Aplicação das radiações na medicina. | Analisar quais são os efeitos biológicos provocados pela exposição as radiações ionizantes;<br>Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica e no tratamento de doenças. |
| 5º Encontro<br>Planejando e construindo a cena<br><br>2 aulas (70 min)    | Todos os conteúdos das aulas anteriores.                                          | Retomar os conceitos acerca das radiações eletromagnéticas;<br>Estimular o trabalho em grupo e a expressão criativa por meio de atividades práticas e dramatizações.                                                 |
| 6º Encontro<br>Entrando em cena!<br>2 aulas (70 min)                      | Todos os conteúdos das aulas anteriores.                                          | Retomar os conceitos acerca das radiações eletromagnéticas;<br>Executar uma encenação que evidenciem a resposta ao tema gerador.                                                                                     |

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

# 1º ENCONTRO

## TEMA: RADIAÇÃO DE CADA DIA

### Objetivos:

- Explorar os conhecimentos prévios dos estudantes em torno da temática;
- Identificar e diferenciar os tipos de ondas quanto a sua natureza.

### Conteúdos:

- Ondas mecânicas;
- Ondas eletromagnéticas.

### Recursos:

- Quadro, canetas e tirinha impressa;
- Texto teórico adaptado;
- Recortes de imagens (Apêndice A);
- Cartolina e fita dupla face para montagem do cartaz.

### Desenvolvimento da aula:

A intervenção tem início com a problematização, nesse momento, o(a) professor(a) começará escrevendo a palavra “Radiações” no quadro e suscitando uma discussão sobre a visão dos estudantes acerca do termo, questionando se eles o consideram algo positivo ou negativo. A professora conduzirá a discussão. Em seguida, utilizará questões norteadoras, que podem ser apresentadas por escrito no quadro ou em roda de conversa, a fim de sondar os conhecimentos prévios dos estudantes com as seguintes perguntas:

### Questões norteadoras:

- 1) Como funciona o *Wi-fi* e os sinais de telefonia celular?
- 2) Como funciona o controle remoto?
- 3) Como o controle do carro consegue destravar a porta à distância?
- 4) O seu celular possui Bluetooth? Como funciona o Bluetooth de um celular?
- 5) Como funciona o aparelho de micro-ondas?

6) Quais as semelhanças entre todos eles? Quais as diferenças entre eles?

Posteriormente a esse momento, faremos uma discussão por meio da exploração da tirinha (Figura 1) num intuito de introduzir o conceito de ondas eletromagnéticas e diferenciar das ondas mecânicas.

**Figura 1** – Tirinha relacionando ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas



Fonte: vidadesuporte.com.br

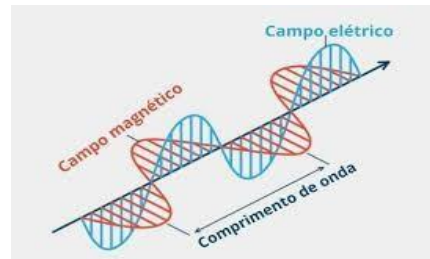
Os estudantes receberão uma cópia da tirinha para colar em seus cadernos. Em seguida, realizarão a leitura e interpretação da imagem, que ilustra a diferença entre ondas mecânicas e eletromagnéticas: duas crianças se comunicam, uma utilizando um brinquedo caseiro (telefone com fio) e a outra, um dispositivo moderno (smartphone). A proposta é que os estudantes reflitam sobre os diferentes tipos de ondas envolvidos em cada situação. Para isso, deverão responder, em seus cadernos, às seguintes questões relacionadas à cena representada na tirinha:

1. A tirinha apresenta duas crianças se comunicando através de um telefone com fio usados por muitas crianças na infância. Explique como ocorre o funcionamento deste brinquedo?
2. Como a voz de uma pessoa é conduzida até a outra?
3. O telefone com fio e o smartphone (celular) tem o mesmo princípio de funcionamento?

Para dar continuidade à discussão iniciada na problematização, será apresentada a definição de onda mecânica, estabelecendo uma relação com o conceito de ondas eletromagnéticas. Essa etapa será realizada por meio de uma leitura compartilhada do Texto 1, seguida de uma exposição sobre as aplicações dessas ondas no cotidiano e os avanços tecnológicos associados ao seu uso. Caso prefira o(a) professor(a) pode imprimir os textos da proposta e entregá-los em recortes de papel ou adaptá-los para expor em slides.

---

## Texto 1: Ondas mecânicas X Ondas eletromagnéticas



**Ondas mecânicas** são aquelas que precisam de um meio material (como ar, água ou corda) para se propagar. Isso significa que elas não conseguem se mover no vácuo, pois dependem da vibração das partículas do meio onde estão. Um exemplo simples é o som: ele só chega até nossos ouvidos porque se propaga pelas partículas do ar. Outros exemplos são as ondas em uma corda quando a movimentamos ou as ondas na água depois que uma pedra é lançada em um lago.

**Ondas eletromagnéticas**, por outro lado, não precisam de um meio material para se propagar – elas podem viajar até mesmo no vácuo, como acontece com a luz do Sol que chega até a Terra. Essas ondas surgem a partir da interação entre campos elétricos e magnéticos, e se propagam a uma velocidade muito alta: aproximadamente 300 mil quilômetros por segundo ( $3 \times 10^8$  m/s).

---

**Fonte:** Adaptado de Sonvez (2019).

Posteriormente, os estudantes participarão de uma atividade prática e interativa, na qual receberão recortes de imagens (Apêndice A) que representam diferentes situações e objetos do cotidiano — como eletrodomésticos, aparelhos eletrônicos e fenômenos naturais. Com base nos conceitos discutidos em sala, cada grupo deverá analisar as imagens e classificá-las em duas categorias: Emite ondas eletromagnéticas ou não emite ondas eletromagnéticas.

Após a classificação, os grupos colarão as imagens em um cartaz (Figura 2), previamente preparado pela professora em uma cartolina, organizando-as de acordo com a categoria correspondente. Ao final, será promovida uma discussão coletiva para comparar as classificações e esclarecer eventuais dúvidas, reforçando o entendimento dos conceitos trabalhados.

**Figura 2** – Cartaz a ser preenchido

| <b>EMITEM ONDAS<br/>ELETROMAGNÉTICAS</b> | <b>NÃO EMITEM ONDAS<br/>ELETROMAGNÉTICAS</b> |
|------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                          |                                              |

**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

## 2º ENCONTRO

### TEMA: APRESENTANDO O TEMA GERADOR

#### Objetivos:

- Investigar os principais mecanismos envolvidos na transmissão e recepção das ondas de rádio;
- Apresentar o tema gerador;
- Identificar o sinal de telefonia móvel como ondas de rádio.

#### Conteúdos:

- Ondas de rádio.

#### Recursos:

- Texto teórico adaptado (Texto 2);
- Celulares dos estudantes;
- Caixas de papelão (pode ser caixa de sapato);
- Papel alumínio.

#### Desenvolvimento da aula:

Dando continuidade à intervenção anterior, retomaremos os conceitos utilizando o cartaz preenchido pelos estudantes na aula anterior, com o objetivo de estimular discussões. Espera-se que a antena de telefonia tenha sido classificada como emissora de ondas eletromagnéticas. Para direcionar a discussão para a apresentação do tema gerador, serão feitas as seguintes perguntas:

- 1) Quais desses equipamentos ou cenários fazem parte do seu cotidiano?
- 2) Qual desses elementos faz parte do nosso cotidiano e todos nós estamos expostos de maneira indireta?

Depois desta exposição, os estudantes serão questionados se na cidade onde moram, estão presentes os exemplos que foram citados. Feito isso, chega o momento de apresentar o tema gerador:

Mesmo que não sejam visualmente percebidas, as radiações eletromagnéticas estão presentes em nossas vidas. Temos contato direto com essas ondas por meio de celulares, micro-ondas, ou até mesmo por antenas de telefonia. Embora façam parte do nosso cotidiano, pouco se sabe sobre elas e por se tratar de radiações, acredita-se que possam ser prejudiciais à nossa saúde. O que nos leva a pensar:

**Figura 3 – Tema gerador**



**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

Após ser apresentado o tema gerador, o(a) professor(a) indicará que esse questionamento será respondido ao longo das aulas. Inicialmente, a onda emitida pela antena será classificada como uma onda de rádio. As características desse tipo de onda eletromagnética serão apresentadas por meio do Texto 2.

#### Texto 2: Ondas de rádio



A oscilação de elétrons nos fios de circuitos elétricos gera as ondas de rádio com comprimento de onda maior que 1m e frequências menores que as radiações do micro-ondas e do infravermelho, são utilizados na transmissão de informações através da telefonia móvel, radares, satélites, etc. Com a transmissão de uma onda senoidal no espaço, que são sinais repetitivos, através de uma antena, temos então uma estação de rádio, porém sem informações, para transmitir a informação é necessário modular a onda, variando a sua amplitude, frequência, comprimento de onda e/ou fase.

**Fonte:** Adaptado de Sonvez (2019).

### Experimento: O celular na caixa

A sugestão é que para esse experimento participe um ou dois estudantes com o seu celular. Faça um teste com os celulares que serão utilizados no experimento e veja se os dois estão com sinal de telefonia celular e em condições de completar uma ligação. Na Figura 4, apresenta-se a representação gerada por inteligência artificial com base em comando textual no ChatGPT (OPENAI, 2025).

**Figura 4** – Representação do experimento



**Fonte:** Elaborada pela autora (2025).

Em seguida, coloque um celular dentro da caixa que não está forrada, faça uma ligação para o número do celular dentro da caixa, observe o que acontece. Coloque o mesmo celular dentro da caixa que está forrada com papel alumínio. Faça novamente a ligação para o número do celular que dentro da caixa forrada e observe o que acontece.

Após a realização do experimento, a professora explicará o seu funcionamento relacionando-o às ondas emitidas pela antena. Em seguida, a turma será dividida em equipes e será proposta uma atividade extraclasse. Cada equipe deverá pesquisar sobre os outros tipos de ondas eletromagnéticas (micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios x e raios gama) suas características, frequência e aplicações. No próximo encontro, cada equipe fará uma breve apresentação no início da aula.

## 3º ENCONTRO

### TEMA: CONSTRUINDO O ESPECTRO

#### Objetivos:

- Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações;
- Reconhecer as radiações ionizantes e não ionizantes no espectro eletromagnético.

#### Conteúdos:

- Espectro eletromagnético;
- Radiações ionizantes e não ionizantes.

#### Recursos:

- Cartaz ou faixa grande representando a base do espectro eletromagnético (com escala de frequência ou comprimento de onda);
- Kit de recortes de papel com imagens representando diferentes tipos de radiações eletromagnéticas (Apêndice B);
- Fita adesiva dupla face ou outro material para fixação dos recortes no cartaz/faixa;
- Texto de apoio;
- Equipamentos adicionais (opcional), caso algum grupo deseje realizar apresentações com uso de slides, vídeos ou experimentos simples (com aviso prévio ao professor);
- Quadro e marcador ou lousa digital.

#### Desenvolvimento da aula:

Esse encontro, será aberto a apresentação dos resultados das pesquisas. Caso o grupo necessite utilizar algum equipamento especial para esta apresentação, ou for realizar algum experimento, o professor deverá ser previamente informado.

O tempo de apresentação para cada grupo deve ser definido pelo professor. É interessante que o professor reserve ao final de cada apresentação um momento para o esclarecimento de dúvidas e discussão acerca da veracidade das informações apresentadas. Identificando as diferenças existentes entre os tipos de ondas eletromagnéticas.

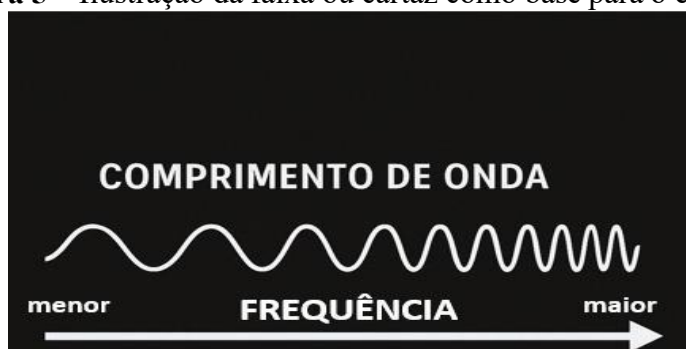
#### Construção do espectro

Continuaremos com as equipes da atividade anterior e proporemos uma atividade prática, em que os estudantes irão montar, em conjunto, um cartaz ou faixa representando o espectro eletromagnético.

A atividade será desenvolvida da seguinte forma:

Antes do início da aula, o(a) professor(a) prepara a faixa ou cartaz com o fundo do espectro (Figura 5), já com a linha de frequência crescente ou comprimento de onda decrescente, por exemplo), para otimizar o tempo;

**Figura 5** – Ilustração da faixa ou cartaz como base para o espectro



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Cada equipe receberá um kit de recortes de papel (Anexo B), contendo imagens e ilustrações que representam um dos tipos de ondas eletromagnéticas: micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios x e raios gama.

O(a) professor(a) iniciará a montagem colando, com os estudantes, imagens relacionadas às ondas de rádio, como forma de introduzir e exemplificar o processo;

Em seguida, cada equipe será chamada a colar suas imagens na faixa, respeitando a ordem crescente da frequência (ou decrescente do comprimento de onda), de acordo com a radiação que ficou sob sua responsabilidade e por fim, receberão recortes com as palavras ionizante e não ionizante e deverão classificar.

Ao final, o cartaz representará visualmente o espectro eletromagnético completo, possibilitando discussões sobre suas aplicações no cotidiano, seus efeitos sobre a saúde e a importância de cada faixa de radiação.

**Figura 6** – Representação da atividade de construção do espectro



**Fonte:** Elaborada pela autora com uso de IA (2025).

Essa proposta, além de valorizar a construção coletiva do conhecimento, permite que os estudantes relacionem as ondas eletromagnéticas ao seu dia a dia, ampliando a compreensão sobre saúde, tecnologia e ciência.

Tendo terminado a atividade prática, será apresentado pelo professor o conceito de radiações ionizantes e não ionizantes utilizando o texto 3. Instigando os estudantes a classificar os exemplos que foram trazidos no primeiro momento.

---

**Texto 3: Radiações ionizantes e não ionizantes**



**Radiações ionizantes:** é aquela que tem energia suficiente para remover elétrons dos átomos, criando então os íons. Dependendo da intensidade e da duração da exposição, a radiação pode trazer benefícios ou riscos à saúde da população exposta. São aquelas que se localizam à direita do espectro visível.

**Radiações não ionizantes:** é uma modalidade de radiação de baixa frequência e baixa energia, que se propaga através de uma onda eletromagnética, podendo ser provenientes de fontes naturais e não naturais. São aquelas que se localizam a esquerda do espectro.

---

**Fonte:** Adaptado de Instituto Nacional de Câncer (2023).

## 4º ENCONTRO

### TEMA: RADIAÇÕES: BENEFÍCIOS X MALEFÍCIOS

#### Objetivos:

- Analisar quais são os efeitos biológicos provocados pela exposição as radiações ionizantes;
- Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica e no tratamento de doenças.

#### Conteúdos:

1. Efeitos biológicos da radiação ionizante;
2. Aplicação das radiações ionizantes na medicina.

#### Recursos:

- Datashow ou TV;
- Vídeos selecionados;
- Matéria jornalística online;
- Slides.

#### Desenvolvimento da aula:

No início da aula, serão exibidas, por meio de Datashow ou TV, matérias e reportagens previamente selecionadas de sites que abordem, de forma controversa, o tema das radiações eletromagnéticas — como, por exemplo, aquelas que alertam sobre os supostos riscos da radiação emitida por celulares. A seguir, algumas sugestões:

- **Vídeo 1: “Poluição Eletromagnética e Saúde | Reportagem Fantástico”** publicado em maio de 2022, duração: 7:27. Reportagem do programa *Fantástico* que discute os possíveis impactos da poluição eletromagnética na saúde humana. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Jnvo8pSfG90>. Acesso em: 25 set. 2024.

**Figura 8 – Reportagem do Fantástico**

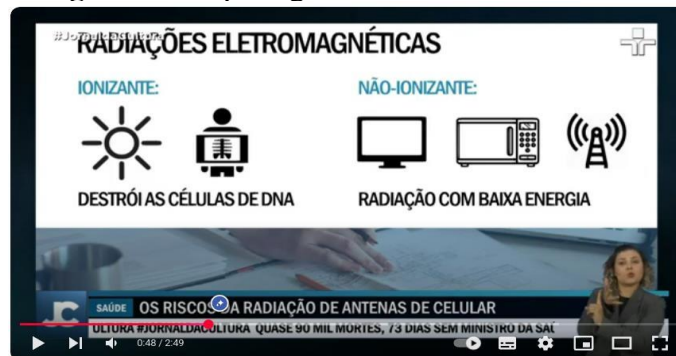


Poluição Eletromagnética e Saúde | Reportagem Fantástico

**Fonte:** <https://www.youtube.com/watch?v=Jnvo8pSfG90>.

- **Vídeo 2: “Estudo revela relação entre mortes por câncer e localização de antenas de celular”** publicado em jul. de 2020, duração: 2:49. Reportagem do *Jornal da TV Cultura*. Cientistas estudam como as antenas de celular e a poluição eletromagnética poderiam representar um risco para a saúde. Um estudo da Universidade Federal de Minas Gerais mostrou uma relação entre mortes por câncer e as antenas de celular. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4ABX61HY4V8>. Acesso em: 25 set. 2024.

**Figura 9 – Reportagem do Jornal da TV Cultura**



Estudo revela relação entre mortes por câncer e localização de antenas de celular

**Fonte:** <https://www.youtube.com/watch?v=4ABX61HY4V8>.

- **Matéria “Celular aumenta risco de câncer cerebral? Estudo da OMS responde”** publicada em set. 2025. Matéria do *CNN Brasil*. Pesquisa fez uma ampla revisão de estudos sobre o tema realizados 1994 e 2022 para entender se ondas de rádio emitidas pelo aparelho podem causar tumores no cérebro. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/celular-aumenta-risco-de-cancer-cerebral-estudo->

da-oms-responde/. Acesso em: 10 out. 2024.

**Figura 10 – Matéria do CNN Brasil**  
**Celular aumenta risco de câncer cerebral?**  
**Estudo da OMS responde**

Pesquisa fez uma ampla revisão de estudos sobre o tema realizados 1994 e 2022 para entender se ondas de rádio emitidas pelo aparelho podem causar tumores no cérebro

Gabriela Maracini, da CNN

04/09/2024 às 15:57 | Atualizado 04/09/2024 às 15:59



Fonte: <https://www.cnnbrasil.com.br/>.

Esses materiais podem servir como ponto de partida para discussões em sala de aula, estimulando a análise crítica das informações divulgadas na mídia e aprofundando a compreensão dos conceitos de radiações ionizantes e não ionizantes.

A atividade tem como objetivo levar os estudantes a perceberem a relevância do tema em seu cotidiano e na sociedade, incentivando o pensamento reflexivo e fundamentado com base nos conteúdos trabalhados na aula anterior.

Na sequência, o professor conduzirá a discussão por meio de questões norteadoras, que poderão ser apresentadas por escrito no quadro ou de forma oral.

Questões norteadoras:

- 1) Você já precisou fazer exame de raios X?
- 2) Sabe como é realizado um exame de tomografia computadorizada ou de ressonância nuclear magnética?
- 3) Acha fascinante a capacidade de enxergar o interior do corpo sem ter de abri-lo?
- 4) Você tem ideia de quais riscos à saúde estão associados a esses exames?

Posteriormente a esse momento, faremos uma discussão por meio da exposição e explicação do slide (Apêndice C), num intuito de compreender os efeitos biológicos das radiações ionizantes em nosso corpo e suas aplicações na medicina.

**Figura 11** – Slide inicial utilizado na aula



**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

Após a leitura e discussão com a turma, será proposta a seguinte atividade a seguinte atividade extraclasse:

1. Pegue uma radiografia e examine-a com atenção. De que parte do corpo foi tirada essa radiografia? O que você consegue ver, de fato, nela? O que significam as regiões claras? E as escuras?
2. Explique por que a visão de raios X do Super-Homem, herói das histórias em quadrinhos, é cientificamente incorreta. **Dica:** Pense em como são produzidas as radiografias.
3. Como é a sala em que são tiradas as radiografias? Quem opera o aparelho de raios X permanece ao lado do paciente ao tirar a radiografia? Ele usa algum tipo de roupa especial?

## 5º ENCONTRO

### TEMA: PLANEJANDO E CONSTRUINDO A CENA

#### Objetivos:

- Retomar os conceitos acerca das radiações eletromagnéticas;
- Estimular o trabalho em grupo e a expressão criativa por meio de atividades práticas e dramatizações.

#### Conteúdos:

- Todos os conteúdos das aulas anteriores.

#### Recursos:

- Roteiro orientador com sugestões de personagens e estrutura da narrativa (opcional).

#### Desenvolvimento da aula:

Nesse encontro, será retomado o que foi trabalhado nas aulas anteriores por meio de indagações feitas no início da aula. Logo após, será exposto novamente o tema gerador proposto na segunda intervenção. A partir dos conhecimentos adquiridos no decorrer das aulas, e partindo do tema gerador, será proposta uma atividade em que os estudantes devem planejar e executar uma encenação, com o objetivo de responder à questão anterior.

A escolha da narrativa inicial pode ser feita pelo professor ou, se ele julgar conveniente, deixar que os estudantes alterem a narrativa. Nesse momento, o professor será mediador na construção da dramatização. Podendo utilizar o Datashow para expor exemplos de vídeos, que podem servir como ponto de partida para produção, incentivando. Caso o(a) professor(a) opte por propor que os estudantes construam a narrativa, é importante orientá-los para que essa construção esteja diretamente relacionada ao tema gerador. Por exemplo: equipes formadas por diferentes personagens (biólogos, médicos, engenheiros, pesquisadores e moradores) discutindo a instalação de antenas em uma cidade fictícia.

Ou, se preferir, a seguir apresentamos uma sugestão de narrativa construída em conjunto com a turma durante a aplicação desta proposta de ensino.

## Encenação: As antenas de Boa Conexão

**Figura 12** – Representação dos personagens



Fonte: Elaborada pela autora com uso de IA (2025).

**Nome da cidade fictícia:** *Boa conexão*

**Sugestão de personagens e figurino:**

**Prefeito** – O Político Carismático

Roupa: Paletó simples ou camisa social clara, calça social.

Acessórios: Gravata (opcional), crachá escrito "Prefeito".

**Carla** – A Engenheira-Chefe

Roupa: Camisa polo ou social, calça jeans, bota ou tênis.

Acessórios: Capacete de obra (brinquedo ou papelão pintado), prancheta ou tablet, crachá com "Engenheira".

**Dr. Marcos** – O Médico local

Roupa: Jaleco branco, camisa por baixo (pode ser social ou polo).

Acessórios: Estetoscópio (opcional), óculos, crachá com "Dr. Marcos – Médico".

**João** – O Físico Especialista

Roupa: Camiseta ou camisa social informal, jeans ou calça de sarja.

Acessórios: Óculos (opcional), livro de ciências.

**Dona Geralda** – Moradora idosa, cheia de superstições e teorias conspiratórias

Roupa: Vestido floral, casaquinho de tricô ou xale, chinelos ou sandálias.

Acessórios: Lenço na cabeça, óculos de leitura na ponta do nariz, celular.

**Pedro** – O Jovem Gamer, que só quer melhorar o sinal para assistir séries e jogar online

Roupa: Camiseta de banda, série ou game, bermuda ou jeans, tênis.

Acessórios: Fones de ouvido no pescoço, celular na mão.

---

*(Os participantes estão sentados à mesa. A plateia está cheia de moradores curiosos e inquietos.)*

### **Cena 1 – Abertura da reunião**

*(O Prefeito se levanta no centro da mesa, com um sorriso simpático.)*

**Prefeito:** Boa noite, minha gente! Estamos aqui hoje pra falar de uma novidade que pode mudar a nossa querida cidade de Boa Conexão: a instalação de antenas de celular! Chamamos especialistas e moradores pra explicar, perguntar e tirar dúvidas. Vamos começar com a engenheira do projeto.

*(Carla levanta-se.)*

**Engenheira:** Boa noite a todos! Essas antenas vão melhorar o sinal de celular e internet na cidade. O projeto segue todas as normas de segurança. A radiação é controlada e está bem abaixo dos limites que poderiam fazer mal. É uma chance de modernizar nossa cidade!

**Prefeito:** Obrigado, Carla. Agora, vamos ouvir o Dr. Marcos, nosso médico.

---

### **Cena 2 – As primeiras preocupações**

*(Dr. Marcos se levanta, ajeita os óculos com calma.)*

**Dr. Marcos:** Boa noite a todos. Como médico, entendo a preocupação de muitos aqui. Ainda existem estudos sendo feitos, mas até agora, tudo indica que as antenas, quando instaladas corretamente, não fazem mal à saúde.

*(Dona Geralda levanta a mão rapidamente e se levanta sem esperar.)*

**Dona Geralda:** Ah, mas doutor! Eu moro aqui há 75 anos! Essa história de antena... eu vi num vídeo do WhatsApp que isso dá câncer, atrai raio, A radiação dessas antenas é muito perigosa.

*(Pedro se levanta, meio impaciente.)*

**Pedro:** Dona Geralda, com todo respeito... Mas a gente precisa olhar pra frente! Eu só queria ver minhas séries sem travar! Jogar online sem o sinal cair! Se não melhorar, a galera vai embora da cidade... Essas antenas são seguras, caso contrário não teria em grandes cidades.

*(O Prefeito levanta uma mão pedindo calma.)*

**Prefeito:** Vamos manter o respeito, pessoal. João, pode explicar melhor como funciona essa tecnologia?

### **Cena 3 – A voz da ciência**

*(João se levanta tranquilo)*

**João (Físico):** Claro! As antenas de telefonia usam radiação “não ionizante”, que é de baixa energia e não são capazes de alterar diretamente as células do corpo humano. É a mesma que usamos em rádio, televisão e wi-fi. E tem regras! Os níveis de ondas eletromagnéticas emitidos pelas antenas são regulamentados pela Anatel e outras agências estabelecem limites considerados seguros.

*(Pedro aponta animado.)*

**Pedro:** Então dá pra jogar sem travar?

**João (sorrindo):** Dá sim, Pedro!

*(Dona Geralda levanta a mão.)*

**Dona Geralda:** Ondas o que? Já vi isso na televisão.

**João:** Ondas eletromagnéticas, muitas pesquisas têm sido feitas para entender os possíveis efeitos da exposição à essas ondas. A maioria mostra que, dentro dos limites permitidos, não há provas claras de que elas fazem mal à saúde. Tem muita conversa por aí, mas os estudos sérios mostram que, com os limites certos, não tem problema.

---

**Cena 4 – Fechamento**

*(O Prefeito se levanta)*

**Prefeito:** Minha gente... olha só como esse debate foi importante! Vamos chegar a um consenso. Que tal confiarmos na ciência? Vocês viram como a ciência está presente nas nossas decisões do dia a dia? Como faz diferença na nossa saúde, no nosso bem-estar, no futuro da nossa cidade? Viva a ciência!

*(Todos se levantam e cumprimentam a plateia.)*

## 6º ENCONTRO

### TEMA: ENTRANDO EM CENA!

#### Objetivos:

- Retomar os conceitos acerca das radiações eletromagnéticas;
- Executar uma encenação que evidenciem a resposta ao tema gerador.

#### Conteúdos:

- Todos os conteúdos das aulas anteriores.

#### Recursos:

- Espaço amplo (sala multiuso, pátio ou auditório) para a encenação;
- Figurinos improvisados e adereços simples, de acordo com a caracterização dos personagens.

#### Desenvolvimento da aula:

Considerando que os estudantes tiveram, no mínimo, uma semana de intervalo para ensaiar a narrativa, no início da aula os grupos devem ser orientados sobre como ocorrerá essa última atividade, que marca a culminância da proposta de ensino. O figurino pode ser improvisado, desde que ajude a caracterizar cada personagem.

Pode ser combinado previamente com a direção escolar, pedindo autorização de todos os envolvidos. Para que esta aula seja aberta para toda a comunidade escolar, podendo as equipes apresentar em outras turmas ou no pátio da escola, para dar visibilidade ao trabalho realizado, valorizando ainda mais o envolvimento dos estudantes.

Como sugestão, recomenda-se que essa atividade seja planejada com antecedência, permitindo maior preparação e organização. Além disso, é essencial orientar as equipes a ensaiarem suas falas previamente, o que contribuirá para a melhoria da qualidade e do impacto na culminância dessa sequência de aulas. Como desdobramento da atividade, sugere-se a reapresentação da dramatização para outras turmas da escola, bem como o registro audiovisual do trabalho, valorizando a produção dos estudantes.

## AVALIAÇÃO

Quanto à avaliação, propõe-se que esta ocorra de forma contínua e processual, contemplando diferentes momentos e estratégias que considerem o envolvimento dos estudantes ao longo das aulas. No início da sequência didática, será realizada uma avaliação diagnóstica, a partir da problematização inicial com a pergunta norteadora: *"O que sei sobre radiação?"*. Esse momento tem como objetivo identificar os saberes prévios dos estudantes, valorizando suas experiências e possibilitando a construção coletiva do ponto de partida da proposta.

Durante o desenvolvimento das atividades, a avaliação formativa ocorrerá de maneira integrada ao processo de aprendizagem, com ênfase na participação ativa dos estudantes, na produção de cartazes informativos e nas demais tarefas propostas.

Ao final da proposta, será feita uma avaliação final, estruturada em momentos: inicialmente, os grupos realizarão uma encenação teatral, com o intuito de sintetizar os conhecimentos construídos ao longo do percurso formativo. Também poderá ser promovido um momento de feedback coletivo, conduzido por meio de uma conversa orientada, a fim de estimular a reflexão crítica dos estudantes sobre o que aprenderam, como aprenderam e qual a relevância do conteúdo para suas vidas cotidianas.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 20 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Lei de diretrizes e bases da educação nacional**. Brasília: MEC, 2005. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2024.

CELULAR aumenta risco de câncer cerebral? Estudo da OMS responde. **CNN Brasil**, set. 2023. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/celular-aumenta-risco-de-cancer-cerebral-estudo-da-oms-responde/>. Acesso em: 10 out. 2024.

DELIZOICOV, D. **Conhecimento, tensões e transições**. 1991. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

ESTUDO revela relação entre mortes por câncer e localização de antenas de celular. **Jornal da TV Cultura**, jul. 2020. 1 vídeo (2 min 49 s), son., color. Publicado pelo canal TV Cultura. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4ABX61HY4V8>. Acesso em: 25 set. 2024.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Radiações**. Rio de Janeiro: INCA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/radiacoes>. Acesso em: 17 fev. 2025.

NOVAIS, E. S. P. **Contribuições da abordagem temática freiriana para o ensino de ciências de uma escola do campo de Iguai/BA**. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2015.

OPENAI. Imagem gerada por IA com base em comando textual no ChatGPT. **DALL·E**, 2025. Disponível em: <https://chat.openai.com/>. Acesso em: 16 fev. 2025.

POLUIÇÃO eletromagnética e saúde | Reportagem Fantástico. **Fantástico**, maio 2022. 1 vídeo (7 min 27 s), son., color. Publicado pelo canal Rede Globo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Jnvo8pSfG90>. Acesso em: 25 set. 2024.

SONVEZ, V. **Uma proposta de sequência didática para o ensino de ondas eletromagnéticas**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.

# APÊNDICES

## Apêndice A – Recortes de imagens para o cartaz do 1º encontro



Fonte: Google imagens.

### Apêndice B – Imagens para construção do espectro eletromagnético



Fonte: Elaborada pela autora com uso de IA (2025).

|               |           |               |
|---------------|-----------|---------------|
| NÃO IONIZANTE | IONIZANTE | NÃO IONIZANTE |
| NÃO IONIZANTE | IONIZANTE | NÃO IONIZANTE |
| NÃO IONIZANTE | IONIZANTE | NÃO IONIZANTE |
| IONIZANTE     | IONIZANTE | NÃO IONIZANTE |
|               | IONIZANTE | IONIZANTE     |

## Apêndice C – Slides utilizados na intervenção

## Efeitos biológicos da radiação ionizante



É mais que sabido que mulheres gestantes devem evitar exames de radiografia, sob risco de prejudicar o desenvolvimento do feto. Além disso, profissionais que lidam com as máquinas de raios X devem usar equipamento de proteção radiológica adequado, para evitar sequelas decorrentes de altas doses de radiação por exposição contínua e sucessiva.



Esses equipamentos devem ser operados por profissionais devidamente capacitados, pois cada tipo de radiografia exige certa intensidade do feixe de raios X. Além disso, esses equipamentos devem passar por manutenções periódicas para garantir a qualidade das imagens e a segurança dos usuários.

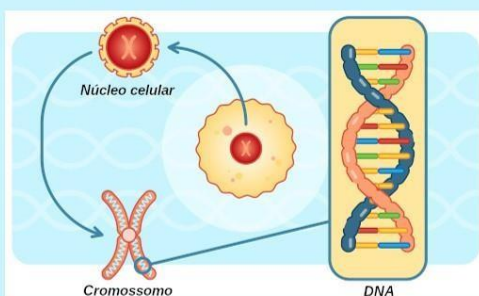


A mesma propriedade de interação com a matéria, que permite produzir imagens impressionantes dos órgãos internos do corpo com raios X, apresenta também um considerável risco à saúde, mais especificamente à vida celular. É por isso que os médicos, ao solicitar exames radiológicos, devem levar em consideração os riscos e os benefícios implícitos em cada caso, para não expor o paciente a doses excessivas de radiação sem necessidade.

Nós não somos capazes de perceber a quanta radiação ficamos expostos, ninguém sente absolutamente nada ao tirar uma radiografia. A ação da radiação é microscópica e sua capacidade de afetar as células aumenta de acordo com a dose de radiação recebida. Quanto maior for a dose, maior será o risco.



Nosso corpo tem cerca de 75 trilhões de células. O componente mais importante da célula é o núcleo, onde se situam os cromossomos, formados basicamente por moléculas de ácido desoxirribonucleico (ADN ou, em inglês, DNA). A molécula de DNA contém os genes responsáveis pelas informações genéticas ou hereditárias, controlando a reprodução e as funções diárias das células.



Uma exposição à radiação ionizante pode matar células e tecidos, levando à morte do organismo ou à indução de mutações em seu material genético. Algumas dessas mutações podem ocorrer nas células reprodutoras situadas nas gônadas (testículos ou ovários), e resultar em uma transmissão dessas mutações às gerações futuras.



### Efeitos crônicos das radiações ionizantes

| Tipo de radiação    | Câncer em humanos                                                                                                                                 |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Raio X e Raios Gama | Glândula salivar, esôfago, estômago, cólon, pulmão, ossos, mama, bexiga, rim, pele, cérebro e sistema nervoso central (SNC), tireoide e leucemia. |

Fonte: Instituto Nacional de Câncer (2023).