

DANIELE PEREIRA DA SILVA

**ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO: UM MATERIAL DIDÁTICO PARA
O ENSINO DAS RADIAÇÕES IONIZANTES E NÃO IONIZANTES
PARA PRÁTICA INCLUSIVA DE ALUNOS COM DEFICIÊNCIA
VISUAL**

DANIELE PEREIRA DA SILVA

**ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO: UM MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO
DAS RADIAÇÕES IONIZANTES E NÃO IONIZANTES PARA PRÁTICA
INCLUSIVA DE ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências, Campus Nilópolis, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientador: Professor Titular Alexandre
Lopes de Oliveira

Nilópolis - RJ
2023

CIP - Catalogação na Publicação

S586e Silva, Daniele Pereira da
Espectro eletromagnético : um material didático para o ensino das radiações ionizantes e não ionizantes para prática inclusiva de alunos com deficiência visual / Daniele Pereira da Silva - Nilópolis, 2023.
90 f. : il. ; 30 cm.

Orientação: Alexandre Lopes de Oliveira.
Dissertação - (mestrado), Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Nilópolis, 2023.

1. Pessoas com deficiência visual. 2. Física - Estudo e ensino. 3. Educação inclusiva . 4. Eletromagnetismo. I. Oliveira, Alexandre Lopes de, **orient.** II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. III. Título

Elaborado pelo Módulo Ficha Catalográfica do Sistema Intranet do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - Campus Volta Redonda e Modificado pelo Campus Nilópolis/LAC, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Bibliotecária: Josiane B. Pacheco CRB-7/4615

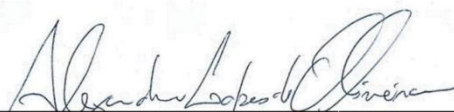
DANIELE PEREIRA DA SILVA

**ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO: UM MATERIAL DIDÁTICO PARA O ENSINO
DAS RADIAÇÕES IONIZANTES E NÃO IONIZANTES PARA PRÁTICA INCLUSIVA
DE ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL**

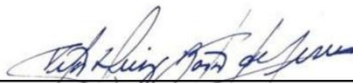
Dissertação apresentada ao Instituto Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Aprovada em: 29 / 09 / 2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alexandre Lopes de Oliveira (Orientador)
Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ)



Prof. Dr. Vitor Luiz Bastos de Jesus
Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ)

Documento assinado digitalmente
gov.br ANDRE LUIS TATO LUCIANO DOS SANTOS
Data: 30/09/2023 21:58:30-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

Prof. Dr. André Luis Tato
Colégio Pedro II (CP II)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meu profundo agradecimento a todos que contribuíram para a realização desta dissertação.

Ao meu esposo, Diego Guimarães por toda estrutura e incentivo para que eu pudesse me dedicar à realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Alexandre Lopes de Oliveira, pela atenção, orientações e direcionamento constante ao longo de todo o processo.

Aos meus colegas do grupo de pesquisa, Laboratório de Física (LF) /PROPEC que com suas sugestões e comentários críticos ajudaram a enriquecer o conteúdo desta dissertação e expandiram minha compreensão do assunto.

Ao amigo, Risiberg Teixeira, que gentilmente dedicou seu tempo para revisar e fornecer valiosas contribuições para a minha pesquisa.

SILVA, Daniele Pereira da. Espectro Eletromagnético: um material didático para o ensino das radiações ionizantes e não ionizantes para prática inclusiva de alunos com deficiência visual. Dissertação de Mestrado Profissional, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino de Ciências, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *Campus Nilópolis*. Nilópolis, RJ, 2023.

RESUMO

Diante dos desafios em ensinar física para alunos com deficiência visual no contexto escolar, esta pesquisa tem como objetivo a construção de uma sequência didática e seus artefatos para o ensino das radiações ionizantes e não ionizantes a partir do espectro eletromagnético. A fim de analisar o processo de aprendizagem do aluno com deficiência visual e do vidente, essa pesquisa está fundamentada com a teoria histórico-cultural de Vygotsky. A sequência didática, fruto dessa pesquisa, está estruturada em três etapas. A primeira etapa foi utilizada para análise dos conhecimentos prévios dos alunos, na segunda etapa, a apresentação dos artefatos e na terceira etapa a roda de conversa. A partir dos conhecimentos prévios, e das observações ocorridas em sala de aula foi possível traçar as questões acerca das radiações ionizantes e não ionizantes, que foram utilizadas para aplicação do teste conceitual. A sequência didática foi mediada pela metodologia ativa de Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) e a troca de conhecimentos e colaboração mútua entre todos os participantes envolvidos permitiu a avaliação e a mediação do estudo em relação à sua eficácia. O processo foi aplicado em uma turma do 9º ano do ensino fundamental de uma escola da rede estadual do Espírito Santo. Toda experiência embasou a investigação para responder a seguinte pergunta: Como o aluno com deficiência visual e o vidente compreendem as radiações ionizantes e não ionizantes a partir do espectro eletromagnético por meio de um material didático acessível? A participação dos alunos e a construção dos conceitos a partir das conclusões alcançadas, sugerem que uso de uma prática diferenciada com uso de maquetes em três dimensões, áudios e materiais acessível associado com a metodologia ativa, com uso do cartão codificado, traz benefícios para prática mais inclusiva. Os materiais didáticos acessíveis frutos dessa pesquisa foram elaborados na forma instrucional, com a apresentação da sequência didática destinada aos professores de física, incluindo a metodologia. Os resultados desta pesquisa, obtidos na evolução das atividades propostas, foram estudados pela análise textual discursiva indicou a possibilidade de estruturar a prática pedagógica, ao utilizar materiais acessíveis mediado pela metodologia ativa, podem potencializar a aprendizagem no contexto colaborativo.

Palavras-chaves: Ensino de Física, Deficiência Visual, Espectro Eletromagnético, Inclusão

SILVA, Daniele Pereira da. Electromagnetic Spectrum: A Didactic Resource for Teaching Ionizing and Non-ionizing Radiations to Facilitate Inclusive Practices for Students with Visual Impairment. Master's Dissertation, Professional Master's Program in Science Education, Federal Institute of Education, Science, and Technology of Rio de Janeiro (IFRJ), *Campus Nilópolis*, Nilópolis, RJ, 2023.

ABSTRACT

In the face of challenges in teaching physics to students with visual impairments in the school context, this research aims to develop a didactic sequence and artefacts for teaching ionizing and non-ionizing radiation based on the electromagnetic spectrum. This research is grounded in Vygotsky's socio-cultural theory to analyze the learning process of visually impaired and sighted students. The didactic sequence resulting from this research is structured in three stages. The first stage was used to analyze the students' prior knowledge. In the second stage, the artefacts were presented, and in the third stage, a group discussion was conducted. Based on prior knowledge and classroom observations, relevant ionizing and non-ionizing radiation questions were later formulated to apply a conceptual test. The active methodology of Peer Instruction facilitated the didactic sequence, promoting knowledge exchange and mutual collaboration among all participants, thus allowing the evaluation and mediation of the study's effectiveness. The process was applied to a 9th-grade public school in Espírito Santo, Brazil. The entire experience served as a basis for investigating the question: How do visually impaired and sighted students comprehend ionizing and non-ionizing radiation based on the electromagnetic spectrum through accessible didactic materials? The students' participation and the construction of concepts based on their conclusions suggest that using a differentiated practice with three-dimensional models, audio materials, and accessible resources associated with active methodology (such as coded cards) brings benefits to a more inclusive approach. The accessible didactic materials developed in this research were designed in an instructional format, presenting the didactic sequence for physics teachers, including the methodology used. The results of this research, obtained through the evolution of the proposed activities and analyzed through textual discursive analysis, indicate the potential to structure pedagogical practice using accessible materials mediated by active methodology, which can enhance learning in a collaborative context.

Keywords: Physics Teaching, Visual Impairment, Electromagnetic Spectrum, Inclusion.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

SEDU	Secretaria Estadual de Educação
CBC	Currículo Básico Comum
BNCC	Base Nacional Comum curricular
CNE	Conselho Estadual de Educação
CEB	Câmara da Educação Básica
AEE	Apoio Educacional Especializado
PDI	Plano de Desenvolvimento Institucional
QR CODE	<i>Quick Response Code</i>
IpC	Instrução pelos Colegas

SUMÁRIO

PRÓLOGO	9
1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 O ENSINO DE CIÊNCIAS E A DESCOBERTA DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS	13
2.2 RADIAÇÃO IONIZANTE E NÃO IONIZANTE	16
2.3 TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY	19
2.4 A PESSOA COM DEFICIÊNCIA VISUAL E O ENSINO DE FÍSICA	21
2.5 A METODOLOGIA ATIVA INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (IPC)	24
3. METODOLOGIA	28
3.1 A ESCOLA E OS PARTICIPANTES DA PESQUISA	31
3.2 ARTEFATOS.....	33
3.2.1 O Fichário Tátil Auditivo	34
3.2.2 Maquete da Onda Eletromagnética	38
3.2.3 O Espectro Eletromagnético	42
3.3 O PRODUTO EDUCACIONAL: A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	45
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	50
4.1 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS	51
4.1 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA DA APRESENTAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO	60
4.2 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA DO TESTE CONCEITUAL	63
4.3 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA DA RODA DE CONVERSA	72
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	79
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO PRÉVIO	83
APÊNDICE B – QUESTÕES PARA O TESTE CONCEITUAL	84
APÊNDICE C – QUESTÕES NORTEADORAS PARA RODA DE CONVERSA	85
APÊNDICE D – TEXTO BASE QUE FOI UTILIZADO PARA OS ÁUDIOS E CONFEÇÃO DOS ARTEFATOS	86

PRÓLOGO

Sou Daniele Pereira da Silva, nasci na cidade de Nova Iguaçu-RJ, tenho 43 anos. Sou licenciada em Física pela UFRRJ, atuo como professora da rede estadual do Espírito Santo desde 2011.

Ao ingressar na rede estadual de Educação do Espírito Santo, iniciei algumas participações em feiras de Ciências dentro e fora do estado. Durante essas participações me fizeram perceber que os alunos se empenharam de forma ativa nas atividades propostas. Sendo assim, comecei a desenvolver dentro das escolas pequenas feiras de Ciências na qual envolviam as disciplinas de Ciências Exatas. Em 2014, a escola na qual eu trabalhava recebeu um aluno cego. Ao me deparar com essa nova situação, senti necessidade de buscar capacitação para atender as pessoas com deficiência visual. De todas as dificuldades encontradas nas escolas públicas e de lecionar física, a questão da inclusão apresentou-se como mais uma adversidade. Diante disso, percebi a importância de me debruçar sobre o processo de inclusão na busca de melhorar o processo de ensino e aprendizagem, não somente do aluno vidente, mas do aluno com deficiência visual, numa perspectiva da educação realmente inclusiva.

A inserção de pessoas com deficiência visual na rede básica de educação me permitiu o processo de romper com as barreiras da prática pedagógica na qual beneficiam somente um grupo de estudantes: o vidente.

Em suma, compreender a forma de aprendizagem da pessoa cega, principalmente na área de Física, em que a maioria do objeto do conhecimento faz relação com sentidos puramente visuais, foi o que me estimulou a querer contribuir para avançar na aprendizagem desse público.

1 INTRODUÇÃO

Essa pesquisa surgiu a partir da inquietação e dos questionamentos sobre o ensino de física para alunos com deficiência visual. Ensinar para alunos videntes, quanto para alunos com deficiência visual, precisa promover a igualdade de oportunidade e educação científica, na perspectiva de melhorar a aprendizagem.

Porém, os professores podem encontrar dificuldades em romper com práticas pedagógicas veiculadas aos fenômenos físicos à observação puramente visual.

Além disso, Carvalho e Martins (1998), afirmam que é amplamente reconhecida a dificuldade de ensinar física. Basta uma pesquisa na literatura para descobrirmos diversos elementos históricos que desempenharam um papel significativo na não incorporação do ensino dessa ciência à cultura no Brasil. Entre esses fatores, podemos citar a herança colonial, a relação entre o governo e a comunidade científica, a presença da corte no Brasil e a ênfase excessiva na ciência utilitária.

O Ensino de Física para pessoas com deficiência visual apresenta desafios específicos, mas também oportunidades para a promoção da inclusão e o desenvolvimento de estratégias pedagógicas mais acessíveis. Para o sucesso do ensino de física para pessoas com deficiência visual, é essencial a formação adequada dos professores, que devem estar preparados para modificar suas abordagens pedagógicas e fazer uso dos recursos disponíveis. Além disso, é essencial o uso de linguagem verbal clara e descritiva durante a explicação de forma a transmitir os conceitos de maneira compreensível.

Na perspectiva inclusiva, um dos desafios significativos no Ensino de Física é a sua aplicação para alunos com deficiência visual. Isso ocorre porque os livros didáticos e as abordagens em sala de aula frequentemente fazem referência à percepção visual dos fenômenos e objetos de conhecimento em estudo. Como resultado, os alunos com deficiência visual podem ficar privados de informações e práticas relacionadas ao tema em questão (MACHADO; STRIEDER, 2010).

Diante deste cenário, surgem alguns questionamentos que nos levam a refletir sobre a problemática da educação. O intenso questionamento, especialmente no que diz respeito ao ensino de física, impulsiona o avanço das pesquisas e contribui para uma produção enriquecedora que visa ampliar o trabalho dos professores.

Para garantir um ambiente favorável à aprendizagem, a escola e o poder público devem assegurar meios que possam contribuir para que o aluno seja o centro do processo educativo legitimando a participação de todos. Desse modo, o professor precisa organizar sua prática pedagógica, com foco no aluno, sem exclusão. Buscando soluções e alternativas para os problemas do cotidiano pedagógico.

Para contribuir com o processo educacional, Camargo e Nardi (2007) revelaram sobre as dificuldades enfrentadas pelos professores de física nas turmas regulares diante do desafio da inclusão, sendo apresentadas propostas para superar tais obstáculos.

Influenciado pelo panorama inclusivo, alguns trabalhos acadêmicos vêm sendo desenvolvidos sobre o ensino de física para alunos com deficiência visual (AZEVEDO, 2012; FIUZA, 2016, BUZZÁ et al., 2018) no entanto, de forma geral, os resultados apontam uma escassez de pesquisas nessa área

Em sua pesquisa, França e Siqueira (2019), também investigaram estudos voltados para a produção de propostas didático-pedagógicas, incluindo materiais e práticas, relacionadas aos conceitos de física contemplando alunos com deficiência visual. Os resultados reafirmam que, embora existam diversos materiais disponíveis, ainda há a necessidade de desenvolver recursos que abordam assuntos pouco explorados até o momento.

A produção de materiais para práticas educacionais no ensino do espectro eletromagnético colabora com a pesquisa e valoriza a aprendizagem de Física para educação inclusiva por meio de procedimento e vivência do método científico, além de contribuir como uma forma alternativa para prática inclusiva.

A partir do uso dos materiais didáticos acessíveis, os alunos são convidados ao estudo das radiações ionizantes e não ionizantes, sendo mediado pelo uso da metodologia *Peer Instruction* (Instrução pelos Colegas – IpC), na qual propõe uma atividade mais interativa e proporciona quebra na monotonia das aulas expositivas.

Nesse sentido é preciso concordar com Diesel; Baldez; Martins (2017), quando dizem que, ao contrário do método convencional, que enfatiza a transmissão de informações e destaca o papel do professor, o método ativo coloca o foco na participação do aluno e na aprendizagem colaborativa, porém não significa que devemos abandonar completamente a aula expositiva.

Diante de alguns questionamentos e na busca pelo rompimento com os paradigmas excludentes dentro da sala de aula, este trabalho tem como finalidade responder à pergunta:

Como o aluno com deficiência visual e o vidente compreende as radiações ionizantes e não ionizantes a partir do espectro eletromagnético através de um material didático acessível?

Nessa conjuntura, foi proposto como objetivo geral desta pesquisa, a saber: Investigar como a metodologia ativa associada ao material acessível, pode contribuir para aprendizagem do aluno do 9º ano do Ensino Fundamental (EF), com deficiência visual e do vidente, acerca das radiações ionizantes e não ionizantes a partir do espectro eletromagnético.

Para alcançar o objetivo geral, alguns objetivos específicos do estudo visam:

- 1) Relacionar o aprendizado do aluno com deficiência visual e do vidente na prática desenvolvida com a Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky.
- 2) Elaborar um material didático acessível tátil-auditivo, com imagens em textura/alto-relevo, para o aprendizado das radiações ionizantes e não ionizantes no ensino do Espectro Eletromagnético.
- 3) Aplicar a sequência didática, produto desta pesquisa, dentro da sala de aula do Ensino Fundamental, em uma escola regular de ensino da rede Estadual de Educação do Espírito Santo.
- 4) Analisar a aprendizagem no ensino das radiações ionizantes e não ionizantes, pelos alunos com deficiência visual e do vidente a partir da aplicação do material didático acessível.

A presente pesquisa, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) sob o número 64635022100005268, foi conduzida com estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental da EEEFM Professor Manoel Abreu pertencente a SEDU (Secretaria Estadual de Educação) do estado do Espírito Santo. Vale ressaltar que essa escola recebe alunos com deficiência visual, e tem como hipótese: O material didático acessível sobre radiações ionizantes e não ionizantes a partir do espectro eletromagnético, favorece a aprendizagem do aluno com deficiência visual e o do vidente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O ENSINO DE CIÊNCIAS E A DESCOBERTA DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Ao iniciar o ensino fundamental os alunos já possuem saberes, culturas e conhecimentos sobre o mundo natural assim como o tecnológico que os rodeiam. Entretanto, o corpo docente precisa considerar toda essa bagagem já construída por seus alunos. Na dinâmica da educação, o aluno deve ser o foco principal e é preciso construir atividades que possibilitem a eles subsídios no intuito de construir e conhecer conceitos de Ciências, propondo-lhe meios na qual possa contribuir para a compreensão dos fenômenos que os cercam.

Diante disso, não basta apenas apresentar aos alunos uma compreensão científica. É necessário oferecer meios que lhes permitam se envolver ativamente no processo de aprendizagem, permitindo o exercício e o aprimoramento da curiosidade, a capacidade de observação, o desenvolvimento de uma postura colaborativa e a sistematização de suas explicações sobre o mundo natural e tecnológico (BRASIL, 2018).

De acordo com o currículo da SEDU (CBC, 2020, p.66) a área de Ciências da Natureza,

busca assegurar aos alunos o acesso à diversidade de conhecimentos científicos produzidos ao longo da história, bem como os principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica. Desse modo, os alunos podem ter um novo olhar sobre o mundo que os cerca, podendo fazer escolhas e intervenções conscientes e pautadas nos princípios da sustentabilidade e do bem comum.

O ensino das Ciências da Natureza se concretiza no Ensino Fundamental através do componente curricular chamado simplesmente de “ciências”. Mas tal simplicidade no nome não encerra toda a complexidade histórica, que vem a se desdobrar no Ensino Médio nos componentes curriculares de Biologia, Física e Química.

No currículo da SEDU para o Ensino Fundamental e Médio, as aprendizagens a serem asseguradas na área de ciências da natureza foram organizadas em três unidades temáticas, das quais a unidade temática Matéria e Energia contempla um arranjo de objetos de conhecimento, dentre eles as radiações eletromagnéticas.

Ao longo da história da ciência, diversos cientistas desempenharam um papel fundamental nas descobertas das radiações eletromagnéticas. Embora essa pesquisa não se concentre especificamente nesse aspecto, a história oferece informações valiosas que podem enriquecer a prática dos professores, promovendo uma compreensão do que já foi descoberto e abrindo caminhos para novas investigações.

Charles François de Cisternay du Fay (1698-1739), renomado cientista francês, foi pioneiro na identificação das cargas elétricas, sendo o primeiro a descrever a existência da eletricidade positiva e negativa, assim como a atração entre as cargas elétricas.

Além disso, no século XVIII, o cientista francês Charles Augustin Coulomb (1736-1806), conseguiu quantificar a força entre as cargas. A partir das descobertas de Coulomb, diversos pesquisadores foram motivados a explorar esse fenômeno, buscando estabelecer conexões entre eletricidade e magnetismo.

Da mesma forma que outros cientistas curiosos de seu tempo, Gardelli (2004) afirma que o físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777–1851) por um experimento, conseguiu demonstrar a relação entre a eletricidade e o magnetismo. Em sua pesquisa intitulada “Pesquisa sobre a Identidade das Forças Elétricas e Químicas”, publicada em 1812, ele admitiu a hipótese de que os fenômenos magnéticos poderiam ser produzidos pela eletricidade. No entanto, somente em 1819, enquanto ministrava uma série de aulas sobre eletricidade, magnetismo e galvanismo, ele observou, diante da audiência, o efeito de uma corrente elétrica sobre uma agulha magnética.

A partir da descoberta de Oersted, os efeitos da corrente elétrica sobre uma agulha magnética, o físico e matemático André-Marie Ampère (1775–1836), buscou estabelecer uma relação subjacente ao fenômeno, conduziu inúmeros experimentos na tentativa de comprovar a ligação entre eletricidade e magnetismo. Ele também se interessou por interpretar as descobertas de outros cientistas da época, e foi ele quem deu nome ao que hoje conhecemos como eletromagnetismo.

Posteriormente, o físico e químico inglês, Michael Faraday (1791–1867) dedicou-se demonstrar o processo inverso do experimento de Oersted, a conversão de força magnética em força elétrica. Faraday acabou descobrindo as circunstâncias em que um ímã permanente poderia induzir uma corrente elétrica, após realizar

experimentos com espiras de corrente, assim demonstrando o efeito inverso da descoberta de Oersted, Gardelli (2004).

Diante desse contexto que o escocês James Clerk Maxwell (1831–1879) unificou os trabalhos científicos de seus predecessores, como Ampère, Coulomb, Faraday e outros, estabelecendo os princípios que conectam a eletricidade e o magnetismo. A certeza dessa relação levou Maxwell a chegar a uma conclusão, a saber: um campo magnético variável com o tempo produz um campo elétrico variável, um campo elétrico variável com o tempo produz um campo magnético variável, e assim por diante. Um poderá sustentar a existência do outro.

Maxwell, conclui que essas sucessivas correlações entre os campos magnéticos e elétricos, propagam-se pelo espaço com velocidade v , como ondas eletromagnéticas, ou radiações eletromagnéticas, caracterizando-se em transportar energia, sem transportar matéria.

Durante a época de Maxwell, o valor de c , a velocidade da luz, era conhecida por meio de observações astronômicas dos satélites de Júpiter. Enquanto lecionava na Universidade de Londres, ele conseguiu verificar o valor numérico que conduziu a

$$v = 2,99792 \times 10^8 \text{ m/s} = c.$$

Em 1862, ele escreveu: “a luz consiste em ondulações transversais do mesmo meio que é a causa dos fenômenos elétricos e magnéticos”. Em outras palavras, a luz é uma onda eletromagnética (NUSSENZVEIG, 2015).

Para comprovar a existência das ondas eletromagnéticas, em 1888 o físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894), construiu um experimento, que foi capaz de detectar a onda eletromagnética.

Além de gerar as ondas eletromagnéticas de forma artificial, e demonstrar sua propagação com velocidade c , Hertz também provou que essas ondas se refletem em superfícies metálicas da mesma maneira que a luz reflete em um espelho. Ele também observou que elas são refratadas ao passar por um bloco de parafina, seguindo as mesmas leis de refração da luz. Como resultado dessas experiências, Hertz concluiu que: as experiências mencionadas parecem ser altamente eficazes para dissipar quaisquer incertezas em relação à identidade entre a luz, a radiação térmica e as ondas eletromagnéticas (NUSSENZVEIG, 2015).

As ondas eletromagnéticas são um tema de extrema importância a ser discutido, especialmente nas escolas, devido à sua grande relevância para a

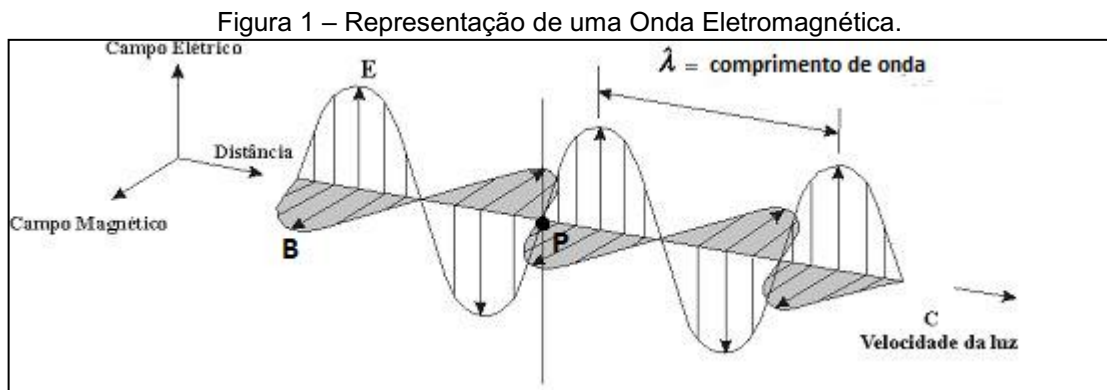
sociedade. Elas estão presentes no ambiente que nos cerca e possuem um valor significativo tanto no campo científico quanto no tecnológico.

Quando uma carga elétrica vibra, produz oscilação em forma de campo elétrico e campo magnético, variando no tempo e no espaço. A essa oscilação chamamos de onda eletromagnética.

Chamamos de campo elétrico (\vec{E}) uma alteração nas propriedades do espaço em torno da carga elétrica.

Chamamos de campo magnético (\vec{B}) uma região em torno do ímã ou em torno de uma carga elétrica em movimento.

A figura 1 mostra a representação de uma onda eletromagnética. Uma carga elétrica quando oscila num ponto P, e gera campos \vec{E} e \vec{B} , formando uma onda, que irá se propagar pelo espaço.



Mas tarde Maxwell estabeleceu algumas características para as ondas eletromagnéticas como frequência (f), velocidade (c) e comprimento da onda (λ). O valor da velocidade da onda eletromagnética no vácuo equivale a $3 \cdot 10^8$ m/s e a equação matemática que relaciona essas grandezas é dada por

$$c = \lambda \cdot f .$$

As radiações eletromagnéticas apresentam uma ampla e contínua variedade de comprimentos de onda e frequências.

2.2 RADIAÇÃO IONIZANTE E NÃO IONIZANTE

De acordo com Garcia (2002, p.323), a radiação é a transmissão de energia de um sistema para outro, por meios de ondas eletromagnéticas (calor, luz visível, raios

ultravioletas, raios X, etc.) ou então, de partículas dotadas de massa (p. ex. radiações alfa e beta). De acordo com o efeito que a radiação produz na matéria com a qual interage, ela pode ser classificada como: Ionizante e Não ionizante.

A radiação ionizante possui energia suficiente para remover elétrons dos átomos e moléculas, criando íons. Essa capacidade de ionização pode causar danos ao material biológico, como o DNA das células, e é usada em aplicações como radioterapia e radiografia médica.

Já a radiação não ionizante possui energia insuficiente para ionizar átomos, mas ainda pode afetar a matéria de outras maneiras. Ela é usada em comunicações sem fio, como ondas de rádio, micro-ondas e luz visível, bem como em tecnologias como fornos de micro-ondas e lâmpadas UV.

Concordamos com Bortoli (2017), ao afirmar que assunto da radiação assume grande relevância, uma vez que sua presença é amplamente observada na sociedade, abrangendo áreas que vão desde aplicações médicas em hospitais até a geração de energia em usinas nucleares, e se estende até discussões relacionadas ao uso de armas nucleares em contextos bélicos.

A figura 2 mostra um resumo das radiações, chamado de espectro eletromagnético.

Figura 2 - Espectro Eletromagnético.



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>

Atualmente, podemos afirmar que a radiação eletromagnética está presente em nosso cotidiano, principalmente devido ao avanço da tecnologia, que utiliza

diversos tipos de radiação. Portanto, não é difícil nos depararmos com informações sobre radiações em diferentes mídias. No entanto, nem sempre essas informações estão relacionadas aos benefícios para a saúde humana. Infelizmente, isso pode levar a informações imprecisas sobre os efeitos positivos e negativos dessas radiações na saúde da população em geral. Além disso, Plotz e Fitzgerald (2021) ainda citam que a falta de materiais didáticos adequados e precisos que abordam os conceitos de radiação é uma das principais razões por trás dessas confusões, dificultando os professores no cumprimento dos objetivos de aprendizagem relacionados a esse tema.

Como mediador do processo educativo, cabe ao professor proporcionar meios didáticos e pedagógicos para concretizar a aprendizagem de todos os alunos, levando em consideração suas especificidades individuais. Nessa perspectiva, é essencial trabalhar temas abstratos de forma contextualizada e dinâmica, de modo a contemplar todos os alunos e promover uma distribuição democrática de informações, possibilitando a inclusão. Essa abordagem torna-se fundamental para o desenvolvimento sociocultural dos estudantes.

Para ensinar sobre radiações ionizantes e não ionizantes de maneira inclusiva, abrangendo tanto alunos com Deficiência Visual (DV) quanto videntes, além de utilizar os recursos tradicionais disponíveis na sala de aula, o professor pode utilizar maquetes táteis e materiais táteis-auditivos. O recurso possibilitará que as informações do conteúdo em questão sejam acessíveis, permitindo, dessa forma, a pessoa com Deficiência Visual a interagir, fazer perguntas e se expressar de forma autônoma, aumentando sua participação durante a apresentação do conteúdo.

De acordo com Delizoicov, Angotti, Pernambuco (2009, p. 33),

o conhecimento disponível, oriundo de pesquisas em educação e em ensino de Ciências, acena para a necessidade de mudanças, às vezes bruscas, na atuação do professor dessa área, nos diversos níveis de ensino. Distinguindo-se de um ensino voltado predominantemente para formar cientistas, que não só direcionou o ensino de Ciências, mas ainda é fortemente presente nele, hoje é imperativo ter como pressuposto a meta de uma ciência para todos.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) propõe a superação da fragmentação disciplinar do conhecimento, buscando integrá-lo de forma mais abrangente. Além disso, enfatiza a importância de aplicar esse conhecimento na realidade, reconhecendo o valor do contexto para atribuir significado ao aprendido. A BNCC também valoriza o protagonismo do aluno em sua própria

aprendizagem e na construção de seu projeto de vida, buscando desenvolver suas habilidades e potenciais (BRASIL, 2018).

Ainda no século XIX, iniciou-se os desafios para a educação inclusiva, os quais prevalecem até os dias atuais. Existia uma preocupação com a segregação dos alunos com deficiência e modelos de educação isoladas. No século XX Vygotsky, ressaltou que a escola é um espaço democrático e fundamental no processo humano, que o conhecimento ali oportunizado não pode ser selecionado fragmentado e diferenciado mediante as condições de cada sujeito. Defendendo a interação com outras pessoas e visando a aquisição de conhecimento compartilhado (VICTOR; CAMIZÃO, 2017).

A mediação do professor também será essencial nesse processo, garantindo que todos os alunos compreendam os conceitos abordados e tenham a oportunidade de se expressar e participar ativamente das atividades.

2.3 TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY

A escola pode ser compreendida como um local de disseminação de trocas de saberes, onde o professor é o mediador entre o conhecimento e o aluno. Sendo assim, o professor precisa reconhecer o aluno como o foco da aprendizagem, pensar quem é esse aluno no sentido que, a escola possa contemplar sua especificidade.

A Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky¹ (REGO, 1995) pode trazer importantes contribuições para questões relacionadas às práticas pedagógicas, pois oferece reflexões sobre as características da mente humana.

A partir da interação dentro da escola o ser humano aprende a ler, escrever, trocar informações com seus semelhantes, amplia seus conhecimentos e assim permitirá que ele tenha acesso a novos saberes, e dando possibilidade para construir novos conhecimentos e transformar o seu meio social. Ao adotar uma abordagem baseada na teoria histórico cultural, os alunos com deficiência visual tenham uma experiência de aprendizagem enriquecedora e os alunos videntes desenvolvam melhor compreensão sobre a importância da inclusão.

¹ Lev Semenovich Vygotsky (1896-1934), pensador Bielorrusso é considerado o maior representante da Teoria Histórico-cultural, também conhecida no Brasil por "Escola de Vygotsky" ou "Teoria Vygotkyana"

Conforme a perspectiva da teoria histórico-cultural, a formação do indivíduo ocorre não apenas por meio dos processos de desenvolvimento orgânico, mas principalmente através das interações sociais e das trocas estabelecidas com seus pares. As funções psíquicas humanas estão intimamente relacionadas à aprendizagem e à aquisição do patrimônio cultural de seu grupo por meio da linguagem (REGO, 1995).

O método de ensino baseado na transmissão verbal do conhecimento pelo professor, conhecido como ensino verbalista, assim como as práticas espontaneístas, que não assumem o desafio de intervir no processo de apropriação de conhecimento por parte das crianças e adolescentes, são vistas na perspectiva vygotskyana, não são só ineficazes, mas também extremamente inadequados. Os princípios de Vygotsky destacam a importância de proporcionar melhores condições dentro da sala de aula, de modo que todos os alunos tenham acesso às informações e possam, de fato, aprender (REGO, 1995).

Portanto, é de extrema importância que sejam repassados aos seres humanos os valores, as culturas e os saberes construídos ao longo da história, a fim de promover o desenvolvimento de um indivíduo independente e crítico.

É fundamental promover abordagens que demonstrem que os alunos com deficiência visual, mesmo inseridos na rede regular de ensino, possuem a mesma capacidade de aprendizagem que os alunos sem deficiência visual. Essa aprendizagem deve caminhar em direção à superação das limitações impostas pela deficiência, visando ao pleno desenvolvimento e eliminando quaisquer concepções equivocadas sobre esse público.

Para Leite (2017, p.39) compreender e aceitar que sujeitos apresentem condições anatômicas, fisiológicas, psicológicas, sociais e culturais diversas e, independente disso, tenham seus direitos fundamentais garantidos torna-se imperioso numa sociedade plural.

Levando em consideração esse princípio, é essencial reconhecer que a aprendizagem desse público pode ser ampliada ao propor atividades que estimulem a comunicação, interação e superação. A escola deve proporcionar oportunidades para o aluno com deficiência visual, mostrando que seus limites não se restringem apenas ao aspecto biológico, como afirma Vygotsky (2022) é preciso compreender a deficiência visual como uma questão mais social do que meramente biológica.

Sendo assim, é preciso estimular o aluno com deficiência visual para que ele possa internalizar conceitos, valores que foram construídos ao longo da história, para que possa expandir seus conhecimentos, desenvolver novas formas de pensamentos e de se inserir de maneira significativa em seu meio social. Através das relações entre as pessoas que o conhecimento é partilhado. Portanto, no cotidiano escolar, é importante que o professor dê sentido às suas ações, levando o aluno a compreender sobre a relevância do que está aprendendo, a importância para a sua vida e seu contexto social. Para Rossato, Leonardo, Leal (2017, p.53), a educação se revela como:

processo pelo qual o sujeito adquire suas especificidades ao longo do desenvolvimento histórico-social. Se mostra essencial na formação dos sujeitos, no desenvolvimento de suas funções psicológicas superiores, de suas capacidades, habilidades, dos sentidos, na aquisição de significados, de costumes, de conhecimentos. Enfim, das propriedades que lhe aferem a condição de ser universal.

A aprendizagem escolar direciona e estimula os processos internos de desenvolvimento. Os estudos de Vygotsky (1998), apontam que a aprendizagem é essencialmente necessária e funciona como uma fonte que desencadeia numerosos processos nas interações com os outros. Para ele, o único ensino verdadeiramente eficaz é aquele que impulsiona o desenvolvimento.

Nesse contexto, observamos que as fundamentações trazidas pela teoria histórico-cultural contribuem para compreensão no modo como o professor realiza suas atividades principalmente na educação inclusiva.

2.4 A PESSOA COM DEFICIÊNCIA VISUAL E O ENSINO DE FÍSICA

Na Resolução CNE/CEB Nº2 de 11/02/01 (CBC, SEDU, 2020 p.30) que institui Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica em todas as etapas e modalidades do ensino, aponta para a necessidade de flexibilização e adaptação do currículo, por meio de metodologias, recursos didáticos e processos de avaliação adequados às características, habilidades e necessidades de aprendizagem, que são únicas em cada educando da Educação Especial.

É preciso ressaltar que, para o aluno com deficiência visual, o professor precisa estimular outros canais para obtenção de aprendizagem, para suprir lacunas e minimizar carências. Camargo e Nardi (2007, p.4),

abordam uma discussão e procedimentos frente à problemática do ensino de física nas salas de aula do ensino regular, quando esta inclui alunos com deficiência visual. No estudo os autores limitam-se à formação docente e à deficiência visual, trazendo uma abordagem sobre a necessidade de capacitação dos professores da rede regular de ensino, na qual cita como um desafio para a implantação de uma escola mais inclusiva.

Os autores reconhecem que o tema inclusão escolar de alunos com deficiência em aulas de Física, estabelecem relações de proporcionalidade direta com amplitude, importância e complexidade, e merece urgentemente ser investigado.

Para Camargo (2016, p.26) a inclusão de alunos com deficiência visual nas escolas de ensino regular é uma realidade. Portanto, a apresentação de materiais multissensoriais e a adoção de metodologias de ensino inclusivas contribuem para atender à demanda dos professores da Educação Básica.

O objetivo é criar um ambiente educacional acolhedor, que valorize a diversidade e proporcione a todos os alunos uma educação de qualidade, promovendo a igualdade de oportunidades e o respeito mútuo. O processo educacional inclusivo vai muito mais além do que estar integrado. Concordamos com Romagnolli (2008, p.9), que afirma:

para que a igualdade seja real, ela tem que ser relativa. Isto significa que as pessoas são diferentes, têm necessidades diversas e o cumprimento da lei exige que a elas sejam garantidas as condições apropriadas de atendimento às peculiaridades individuais, de forma que todos possam usufruir as oportunidades existentes.

O sucesso da mediação do professor na escola regular depende de transformação em sua prática pedagógica, da ação de novas metodologias, de recursos, estratégias, de materiais adaptados dentre outras. Contudo, é importante saber planejar e conduzir ações para garantir a inclusão dentro do contexto escolar, na busca pelo rompimento com os paradigmas excludentes presentes na escola.

Dentro dessa perspectiva, Camargo (2016) afirma que a física engloba conceitos que são caracterizados pela diversidade sensorial. Portanto, considerar o processo de ensino e aprendizagem da Física com base em múltiplas percepções não é apenas uma condição para incluir alunos com deficiência visual, mas também é fundamental para a construção de significados físicos por todos os alunos. Ao abraçar essa abordagem inclusiva, proporcionamos a oportunidade de uma compreensão mais profunda e ampla dos conceitos físicos, permitindo que todos os estudantes se envolvam e construam significados de maneira significativa.

Para uma prática pedagógica mais inclusiva nas escolas, Azevedo (2012) preocupado com a ausência de livros de Física transcritos para o Braille, da falta de material didático acessível e das dificuldades na transcrição de materiais em Braille, juntamente com a escassez de recursos para novos investimentos, houve uma reflexão sobre o ensino de Física. Isso levou à necessidade de desenvolver novas estratégias e buscar caminhos alternativos para o professor, com o objetivo de estabelecer um ensino eficaz que atenda às necessidades do aluno com deficiência visual.

Ainda sobre inclusão escolar, Filho (2015) apresenta um estudo com foco na produção de materiais didáticos para o ensino do Eletromagnetismo, que tem como objetivo a produção de materiais didáticos voltados para o ensino do Eletromagnetismo, visando facilitar o entendimento de conceitos físicos e melhorar o desempenho dos alunos com deficiência visual em avaliações de Física.

Corroborando com a pesquisa para o ensino de física, Costa (2017) aborda o ensino e a aprendizagem de alunos com deficiência visual na aula sobre óptica geométrica. O autor enfatiza que a inclusão deve ser um trabalho direcionado a todos os alunos, não se restringindo apenas àqueles com deficiência. Embasado na teoria de Vygotsky, o autor elaborou uma proposta de sequência didática de Física para o Ensino Médio, focada no conteúdo de Lentes Delgadas, com o objetivo de contribuir para uma inclusão efetiva no ensino de Física.

Apoiando as pesquisas, Buzzá *et al.* (2018) em seu artigo, os autores apresentam uma proposta para a construção de painéis táteis-visuais no ensino de Física, abrangendo diversos conteúdos e sendo acessíveis tanto para pessoas com deficiência visual quanto para pessoas videntes. O objetivo principal foi desenvolver materiais que facilitem o ensino e a aprendizagem de óptica por meio de uma exposição interativa, demonstrando aos educadores que é possível ensinar os conceitos de luz utilizando materiais simples e incluindo pessoas com deficiência visual. Esses painéis táteis-visuais proporcionam uma experiência sensorial enriquecedora, permitindo que os alunos explorem os conceitos de forma tátil e visual.

Os autores destacam a importância de considerar as diferentes necessidades dos alunos no processo de ensino e aprendizagem. Ao compartilhar essa proposta, os autores buscam promover a conscientização sobre a inclusão de pessoas com deficiência visual no ensino de Física.

Analisando os métodos utilizados pelos autores supracitados, os procedimentos e os dados das pesquisas que são provenientes do ambiente escolar na temática deficiência visual envolvendo o ensino de física, mostram que os resultados fortalecem o ensino no contexto da inclusão considerando a acessibilidade e/ou construção de materiais.

2.5 A METODOLOGIA ATIVA INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS (IpC)

A metodologia Ativa, *Peer Instruction* que na tradução livre significa, “Instrução por Pares” ou “Instrução pelos Colegas” (IpC), é uma metodologia que foi desenvolvida em 1990 pelo professor de Física, Eric Mazur da Universidade de Harvard, nos Estados Unidos. Desde 1984, ele lecionava introdução à física nos cursos de graduação em ciência e engenharia, de forma tradicional. Ao usar a metodologia os alunos obtiveram resultados favoráveis nas avaliações, mesmo quando confrontados com questões desafiadoras, como aquelas que envolviam equações. Isso foi observado por meio de uma sondagem rápida, Mazur (2015) constatou que os alunos não apresentavam dificuldades em termos de habilidades numéricas, porém, tinha-se a clara constatação de que não conseguiam compreender verdadeiramente os conceitos. Eles estavam mais focados em memorizar fórmulas e métodos para resolver exercícios, sem se preocuparem em adquirir um entendimento real da matéria.

Para Mazur (2015), os objetivos básicos da *Instrução por Colegas* são: explorar a interação entre os alunos durante as aulas expositivas e focar a atenção dos alunos nos conceitos que servem de fundamento, e afirma que:

O resultado das instruções por pares é um método eficaz que ensina os fundamentos conceituais da física introdutória e leva a um melhor desempenho do discente em problemas convencionais. Curiosamente, descobre que essa nova abordagem também torna o ensino mais fácil e gratificante (MAZUR, 2015, p.11).

A leitura prévia é essencial na metodologia, uma vez que é por meio das aulas que o conteúdo é introduzido, demandando, portanto, uma reflexão prévia sobre o material.

Durante as aulas, são realizadas breves apresentações dos pontos principais, seguidas pela aplicação de um teste conceitual, que consiste em pequenas questões relacionadas ao tema em discussão. Inicialmente, é concedido um período

para que os estudantes elaborem suas respostas e debatam com seus colegas. De acordo com Mazur (2015), esse processo estimula os alunos a pensarem com base nos argumentos em desenvolvimento, oferecendo-lhes uma maneira de avaliar sua compreensão do conceito, que também envolve a participação do professor. Cada teste conceitual tem o formato genérico indicado no quadro 1.

Quadro 1. Formato genérico de planejamento de um teste conceitual.

Proposição da questão	1 minuto
Tempo para os alunos pensarem	1 minuto
Os alunos anotam suas respostas individuais (Opcional)	
Os alunos convencem seus colegas (IpC)	1-2 minutos
Os alunos anotam as respostas corrigidas (Opcional)	
Feedback para o professor: registro das respostas	
Explicação das respostas corretas	2 min ou mais

Fonte: MAZUR (2015).

Uma das principais propostas da IpC é incentivar a interação dos alunos durante a aula, estimulando o debate sobre o tema abordado e encorajando os colegas em relação à resposta correta por meio de questões conceituais propostas pelo professor. Mazur (2015) nomeia essas questões como teste conceitual, *ConceptTests*.

No método, o professor realiza apresentações breves do conteúdo, sem aprofundar-se nos detalhes fornecidos nos livros didáticos, evitando equações matemáticas e destacando os tópicos principais por meio de pequenas apresentações orais. Em seguida, uma questão norteadora é proposta e os alunos devem responder individualmente, para posteriormente discuti-la com seus colegas. Basicamente, o professor precisa fazer uma exposição oral de aproximadamente 10 minutos, e em seguida é apresentado uma questão conceitual de múltipla escolha, que tem como objetivo analisar o nível de compreensão do conceito apresentado.

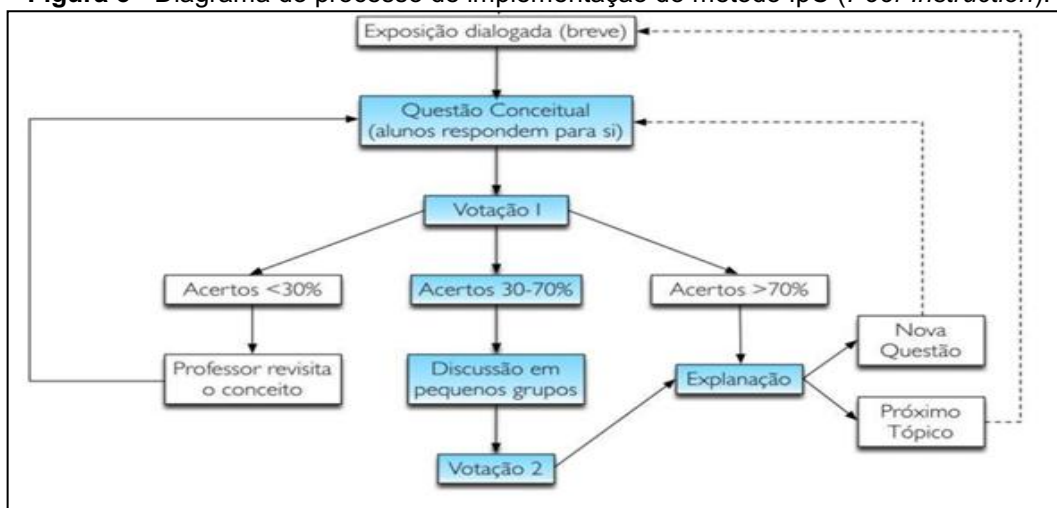
A fim de analisar as respostas dos alunos, o professor solicita que eles indiquem uma alternativa para sua resposta e justifiquem sua escolha, dentro de um prazo de aproximadamente 2 minutos, utilizando um dos instrumentos propostos. Em seguida, o professor mapeia os feedbacks fornecidos pelos alunos.

Após essa etapa, se o número de acertos for menor do que 30%, o professor deve retomar o conteúdo, realizando nova pergunta norteadora. Caso a resposta seja entre 30% e 70%, o professor deve formar grupos para que os alunos debatam

entre si, e cheguem a uma conclusão sobre a resposta correta. Se as respostas corretas estiverem acima de 70%, o professor segue para a próxima questão.

A figura 3 representa um resumo da metodologia proposta por Mazur (2015) e em destaque, a etapa conhecida como *ConcepTest* (teste conceituais).

Figura 3 - Diagrama do processo de implementação do método IpC (*Peer Instruction*).



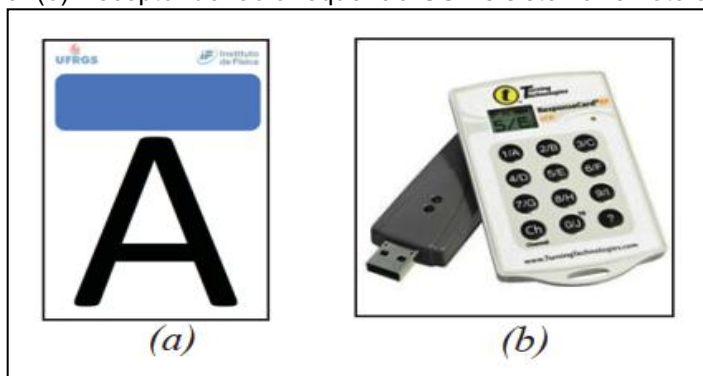
Fonte: ARAÚJO E MAZUR (2013).

Para o *feedback* sobre o nível de compreensão dos alunos, dependendo da situação e da proposta, podem ser obtidas de acordo com as opções abaixo:

1. Levantar a mão: O professor pode solicitar ao aluno levantar a mão e responder uma pergunta. A desvantagem é que o aluno pode evitar responder ou seguir a resposta de um colega.
2. Flashcard. Cada aluno recebe um conjunto de cartões contendo as alternativas (A à F), que serão utilizados para indicar a resposta. Nesse método, é necessário ter alguém para auxiliar no registro das respostas. No entanto, uma desvantagem é que o mapeamento das respostas pode ser demorado.
3. Formulários. Os formulários são lidos após a aula. Os alunos marcam as suas respostas, antes e após a discussão. Esse método gera uma grande quantidade de dados. A desvantagem é que a leitura dos dados deve ser feita no final de cada aula expositiva e ocorre um atraso no feedback pois os resultados só serão disponibilizados após a leitura dos formulários.
4. Dispositivos Portáteis, Clicker: uma opção é o uso de um dispositivo de controle remoto que se comunica via radiofrequência com o computador do professor. Esse método simplifica a coleta das respostas e mantém a

confidencialidade. Nos últimos anos, o uso de dispositivos eletrônicos, como smartphones, para capturar as respostas por meio da internet tem se mostrado bastante eficiente. Contudo, a desvantagem é que isso requer um investimento financeiro.

Figura 4 - (a) Exemplo de um cartão de resposta (flashcard) com a letra “A” representando a alternativa escolhida. (b) Receptor de radiofrequência USB e sistema remoto de resposta (clicker).



Fonte: ARAÚJO; MAZUR (2013).

5. Aplicativo: Plickers². Existe um aplicativo gratuito disponível tanto na versão web quanto em dispositivos móveis, que o professor pode utilizar para realizar testes rápidos. Esse aplicativo permite que o professor utilize o escâner integrado do celular para captar as respostas dos alunos. Com isso, é possível obter em tempo real informações sobre o nível de compreensão dos conceitos abordados durante a aula. Para começar, o professor deve criar uma conta no site do aplicativo e fazer o download do aplicativo em seu celular. Em seguida, é necessário criar uma sala no aplicativo, cadastrar os alunos e adicionar as questões à biblioteca do aplicativo. Depois disso, o professor precisará imprimir os cartões numerados e codificados para cada aluno da turma, que serão gerados pelo próprio aplicativo. Cada cartão tem um número e um código diferente do outro, porém cada código tem quatro opções de respostas de acordo com a posição escolhida pelo aluno. No início da aula, o professor distribui um cartão para cada aluno da turma e projeta o teste conceitual no quadro utilizando um *datashow*. Em seguida, o professor realiza uma breve explanação sobre o conteúdo. Em seguida, o professor solicita aos alunos que escolham uma alternativa e levantem seu cartão codificado na posição correspondente à sua escolha. Com o cartão levantado,

² <https://get.plickers.com/>

o professor escaneia as respostas dos alunos, com o uso do aplicativo Plickers®. O aplicativo em si gera automaticamente a porcentagem de acertos em relação à turma. Com base nessa informação, o professor decide se deve revisitar o conteúdo ou prosseguir com o teste, dependendo do índice de acertos obtido. Para a presente pesquisa, esse será o método utilizado para capturar as respostas da turma.

Atualmente, é essencial que o ensino se concentre no protagonismo do aluno, incentivando a aprendizagem de forma interativa e promovendo uma educação mais inclusiva. Nesse sentido, a metodologia se alinha com uma abordagem que busca fomentar maior interação social entre os participantes da ação educativa, contribuindo para a formação de um cidadão reflexivo e crítico.

Além disso, Sahagoff (2019) destaca que considerando os desafios decorrentes dos aspectos comportamentais e de interação da geração Z, como a dificuldade de manter a concentração por longos períodos, sugere-se que as atividades em sala de aula sejam dinâmicas. Isso é necessário para garantir o envolvimento dos alunos e proporcionar um ambiente de aprendizado mais atrativo e interativo.

Embora esse método não seja novidade na área educacional, a abordagem coloca o aluno como protagonista, estimulando sua participação ativa e engajamento na construção do conhecimento, proporcionando maior interação social que vai ao encontro com a proposta dessa pesquisa.

3. METODOLOGIA

Nesta fase será descrito os caminhos que foram percorridos na pesquisa para alcançar os objetivos propostos. O presente estudo tem uma abordagem essencialmente qualitativa. Essa abordagem permitiu compreender e interpretar fenômenos complexos, explorando a perspectiva dos sujeitos envolvidos, valorizando a compreensão profunda e contextualizada dos fenômenos sociais, priorizando a qualidade e a interpretação dos dados, em vez da quantificação numérica. Obtendo revelações profundas sobre os significados, valores, crenças e práticas dos indivíduos estudados.

Como descrito por Bogdan e Biklen (1994) a pesquisa qualitativa é caracterizada pela obtenção de dados descritivos por meio do contato direto do

pesquisador com a situação estudada. Nesse tipo de abordagem, o foco está no processo da pesquisa, em vez do produto final, e há uma preocupação em retratar a perspectiva dos participantes envolvidos.

No contexto dessa pesquisa, a natureza corresponde à aplicada, pois ocorreu um trabalho em estreita colaboração com o grupo pesquisado, para identificar desafios específicos e desenvolver estratégias para enfrentá-los. Os resultados gerados e as conclusões, fornecem respostas que são relevantes para um problema do mundo real, buscando gerar conhecimento que possa ser aplicado na prática. Nessa lógica é preciso concordar com Prodanov e Freitas (2013), ao afirmar que na pesquisa aplicada é essencial a participação ativa para vivenciar e observar um problema específico dentro de uma realidade.

Como parte do processo de construção para alcançar os objetivos dessa pesquisa, priorizou-se por um estudo exploratório, pois a pesquisa buscou analisar o processo de aprendizagem de certo fenômeno num contexto social. Desta forma é indispensável à aproximação e a convivência com o objeto de estudo, a fim de compreender os aspectos relativos à aprendizagem do público-alvo.

Além disso, Gil (2002) afirma que as pesquisas exploratórias têm como principal objetivo o aprimoramento de ideias. Essa abordagem é altamente flexível, permitindo a consideração de uma ampla gama de aspectos relacionados ao fenômeno estudado.

Envolver-se no movimento de busca para expandir os conhecimentos dando ênfase na compreensão profunda dos fenômenos sociais, levando em consideração o contexto e as perspectivas dos participantes, optou-se pela técnica participante a fim de imergir no contexto educacional inclusivo. Para Prodanov e Freitas (2013), essa técnica oportuniza a interação entre o pesquisador e os participantes, envolvendo-os ativamente no processo de pesquisa e permitindo uma troca de conhecimentos. Dessa forma, ao final da pesquisa, espera-se que os resultados contribuam de forma significativa para o grupo investigado.

Para obter resultados e respostas acerca da problematização apresentada, priorizou-se pela metodologia ativa, IpC, para aplicação da sequência didática e na última etapa uma roda de conversa.

Na busca pelo conhecimento a metodologia ativa promove no aluno sua participação. Deixando de ser apenas telespectador do conteúdo apresentado pelo professor. É uma proposta que desafia o educador a aprender a ouvir, a se

comunicar de forma horizontal, deixando de lado as hierarquias tradicionais. Além disso, enfatiza a importância de respeitar a individualidade dos estudantes, e no final espera-se que eles reconheçam a importância das atividades para efetivar o processo de aprendizagem.

Essa metodologia é fundamentada na interação e no compartilhamento de conhecimentos entre professores e estudantes, buscando uma construção conjunta. Para que isso aconteça, é essencial conhecer o conhecimento prévio que o aluno possui, de modo que, ao ser estimulado, ele possa assimilar novos conhecimentos e reestruturar o seu próprio conhecimento.

Além disso Araújo e Mazur (2013) afirmam que a metodologia ativa IpC, apresenta um grande potencial, sob a perspectiva de Vygotsky, ao promover interações sociais qualificadas entre o professor, como detentor dos significados socialmente aceitos pela comunidade científica, e os alunos, bem como entre os próprios alunos.

O ensino das radiações ionizantes e não ionizantes mediados pela metodologia ativa é uma abordagem pedagógica que busca promover a aprendizagem de forma engajadora dos estudantes sobre o tema. Por meio de atividades práticas, discussões em grupo, das pesquisas realizadas e dos materiais utilizados, os alunos são incentivados a explorar e compreender os conceitos relacionados às radiações de forma contextualizada. Essa metodologia favorece a construção do conhecimento e a participação ativa dos alunos, proporcionando uma experiência de aprendizagem mais dinâmica e enriquecedora, promovendo a construção de um professor mais dialógico.

Assim como a metodologia ativa, a roda de conversa abre a oportunidade para o diálogo entre os pares. É uma estratégia de diálogo e interação em grupo, na qual os participantes se reúnem em um círculo para compartilhar ideias, pensamentos, experiências e opiniões sobre um determinado tema. É uma forma de promover a troca de saberes de maneira horizontal e de cooperação. Durante a roda de conversa, todos têm a oportunidade de expressar suas opiniões e ouvir ativamente os demais, criando um ambiente de respeito e valorizando a diversidade diante do ponto de vista. Essa prática estimula a reflexão, o pensamento crítico e a construção colaborativa do conhecimento, tornando-se uma potente ferramenta de aprendizagem e conexão de vínculos entre os participantes.

A conversa é um espaço de formação, no qual ocorrem trocas de experiências, desabafos e momentos de compartilhamento. Conforme Moura e Lima (2014), essa prática enriquece a pesquisa, proporcionando mais reflexões e possibilitando reviver o prazer da troca de ideias. Além disso, a conversa é uma forma de produzir dados significativos e ricos em conteúdo para a pesquisa na área da educação. É um momento de escuta ativa e expressão verbal.

O foco central dessa pesquisa é a busca da análise e interpretação dos resultados concedidos pelos participantes, a fim de compreensão do contexto social estudado. Portanto, priorizou-se trabalhar com análise textual discursiva. Essa metodologia parte do pressuposto de que os textos são construções sociais e linguísticas que refletem e produzem significados. Para isso, são utilizadas técnicas de leitura minuciosa, que levam em consideração tanto o contexto imediato do texto quanto o contexto mais amplo em que ele está inserido.

Concordamos com Moraes e Galiazzi (2006) ao afirmar que a análise textual discursiva se baseia no exercício da escrita como uma ferramenta mediadora na produção de significados. Por meio de processos recursivos, a análise vai além do empírico e se desloca em direção à abstração teórica. Esse movimento só pode ser alcançado por meio de uma intensa interpretação e produção de argumentos por parte do pesquisador. Assim, a escrita desempenha um papel fundamental na análise textual discursiva, permitindo a construção de significados mais profundos e a formulação de argumentações embasadas.

Cada abordagem e cada metodologia contribuíram para coletar e analisar dados, permitindo à pesquisadora responder a sua pergunta de pesquisa, buscando compreender os discursos presentes nos textos, identificando estruturas, temas e relações significativas. Por meio da leitura minuciosa e da codificação dos elementos textuais, com uma análise profunda dos significados e das representações presentes nos discursos, contribuindo para a compreensão dos fenômenos sociais e culturais.

3.1 A ESCOLA E OS PARTICIPANTES DA PESQUISA

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Professor Manoel Abreu, figura 5, criada em 1978, pertence à esfera administrativa estadual e está localizada no distrito de Bebedouro, Linhares-ES. A escola atende alunos dos municípios vizinhos e locais, nos turnos matutino, vespertino e noturno, oferecendo os níveis:

Fundamental – anos finais (regular), Fundamental – anos iniciais e finais (EJA - Educação de Jovens e Adultos) e Ensino Médio (Regular e EJA).

Com média de 1000 matrículas, nos três turnos a escola possui uma pequena biblioteca, sala de vídeo, sala de recurso, secretaria e 11 salas de aula. A maioria das salas de aula possuem *Datashow* e caixa de som com microfone.

Figura 5 – Entrada da EEEFM Professor Manoel Abreu.



Fonte: Acervo Pessoal.

O corpo docente é composto por professores da Educação Básica, na qual compõe, professores das disciplinas específicas, os especializados em atendimento educacional e os pedagogos. A escola dispõe de sala de recursos, uma sala com mobília, materiais didáticos para Atendimento Educacional Especializado - AEE, que visa atender os alunos com necessidades especiais principalmente no contraturno, auxiliando o professor com materiais e na aplicação das avaliações. Os professores estão disponíveis para auxiliar na educação dos alunos, trabalhando em conjunto com os professores das disciplinas específicas. Porém, em sala de aula nem todos os alunos ficam acompanhados do professor auxiliar, isso vai depender muito da necessidade de cada aluno.

De acordo com Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) da escola, a instituição definiu como sendo função social dela – transmitir conhecimentos, oferecer um ensino socializador e trabalhar a socialização dos alunos, promovendo o pleno desenvolvimento do educando, preparando-o para a cidadania e para os

desafios da vida, gerando sujeitos históricos, críticos, participativos, transformadores de sua realidade, dentro de uma visão de presente com perspectivas de futuro.

Ainda no PDI, em seu Art. 292 que trata da educação especial, afirma que o centro de atendimento educacional especializado, junto com a escola irá promover os apoios necessários que favoreçam a participação e aprendizagem do aluno nas classes comuns, em igualdade de oportunidade com os demais alunos.

Sendo assim, a presente pesquisa vai ao encontro com a função social proposta pela escola, visto que busca transformação social a partir da interação do indivíduo com o meio através do uso da metodologia ativa IpC e do material acessível.

A prática será desenvolvida com a turma do 9º ano do ensino fundamental, durante cinco aulas intercaladas, cada aula com 50 minutos.

A turma é composta por 28 alunos, sendo 27 alunos videntes e 1 aluno com deficiência visual. A maioria deles residentes do bairro onde está localizada a escola. Em geral, os alunos são participativos e mostraram-se empolgados em participar das atividades propostas e com interesse sobre o tema de pesquisa.

3.2 ARTEFATOS

A influência desta pesquisa se originou a partir do livro "Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física" (Camargo, 2012), que analisou alguns saberes docentes para o ensino de física e explorou as questões relacionadas às dificuldades e possibilidades de inclusão de alunos com deficiência visual.

Recomendo contextos educacionais interativo/dialógico de forma intercalada ao interativo/de autoridade, sendo o primeiro reservado a momentos de discussão, exposição de ideias, de dúvidas; e o segundo, momento em que o professor posiciona o conhecimento científico. A interatividade aproxima o aluno com deficiência visual de seus colegas videntes e professor, e tal aproximação faz com que esses participantes busquem formas adequadas de comunicação (CAMARGO, 2012, p. 263).

Partindo deste princípio, a presente pesquisa desenvolveu um produto e três artefatos educacionais visando promover a aprendizagem sobre radiação ionizante e não ionizante a partir da interação entre os colegas, sendo um fichário tátil auditivo,

uma maquete da onda eletromagnética e uma maquete do espectro eletromagnético.

3.2.1 O Fichário Tátil Auditivo

Para construção do fichário tátil auditivo, foi selecionado o conteúdo que iria compor os áudios e as impressões. Inicialmente foi realizada a gravação de áudios dos conteúdos previamente selecionados (Apêndice D) em um pequeno estúdio cedido da escola Municipal de Ensino Fundamental Samuel Batista Cruz, localizada no município de Linhares-ES. Para a gravação foi utilizado o programa Audacity®, baseado no manual de produção de livro falado de Fonseca, 2020. Os áudios foram gravados em partes, cada áudio com média entre 2 e 5 minutos. No total, sete áudios foram gerados. Os áudios foram armazenados no drive do Google, em seguida gerado um link de cada áudio e com o uso do site <https://qr.ioi.tw/PT/> foram gerados os QR Code, para cada áudio. Em seguida os QR Codes, foram impressos em papel adesivo para posterior inclusão no fichário.

A fim de imprimir o conteúdo em Braille, empregou-se o software Braille Fácil® juntamente com a impressora Braille Basic-D V4, localizada em outra instituição da rede estadual. A produção do material contou com a assistência de uma professora com experiência na impressora.

Os títulos principais e os tópicos foram impressos para manter o Braille presente na leitura do aluno com deficiência visual. As imagens foram construídas com cola, barbante ou EVA. A capa foi utilizada o título em Braille e em tinta.

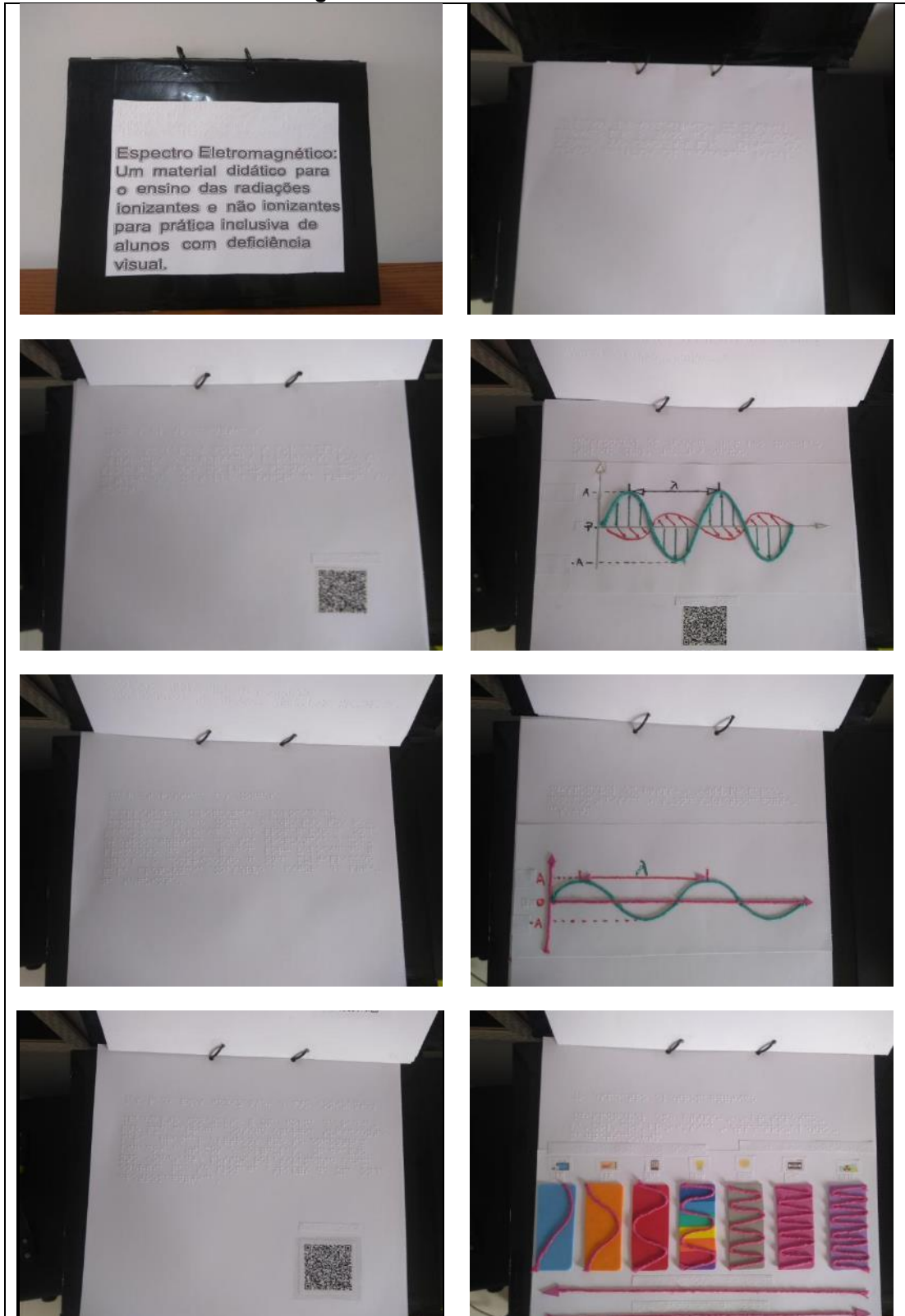
Além da construção do fichário tátil auditivo (figura 6) foi elaborada uma apostila seguindo a mesma estrutura para os alunos videntes, no entanto ao invés do texto em braile e imagens em relevo, o texto estava em tinta e as figuras impressas (figura 7).

Abaixo seguem os materiais utilizados na construção do fichário tátil auditivo.

- Um fichário capa dura
- Argolas para prender as folhas
- Papel *Contact*
- QR Code dos áudios
- EVA coloridos

- Barbante
- Cola branca e colorida
- Texto impresso em Braille

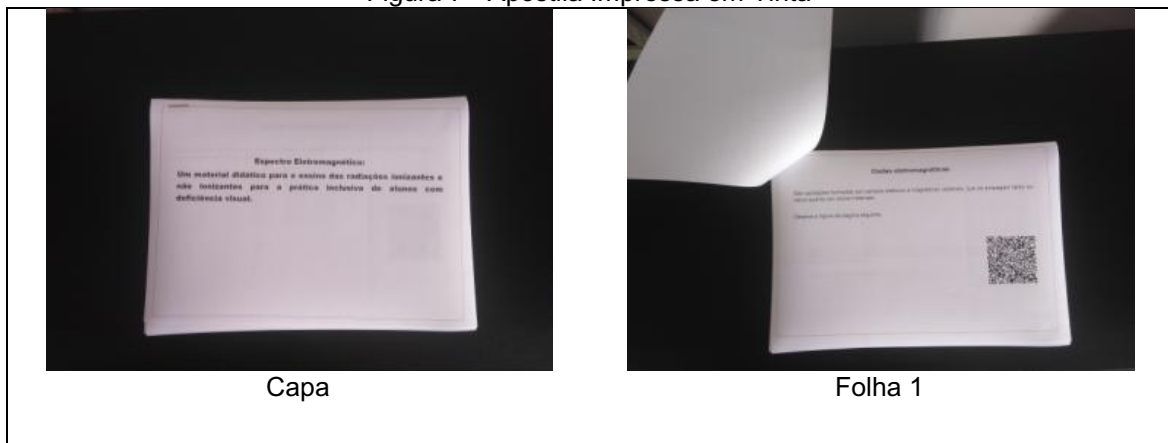
Figura 6 - Fichário Tátil-Auditivo.





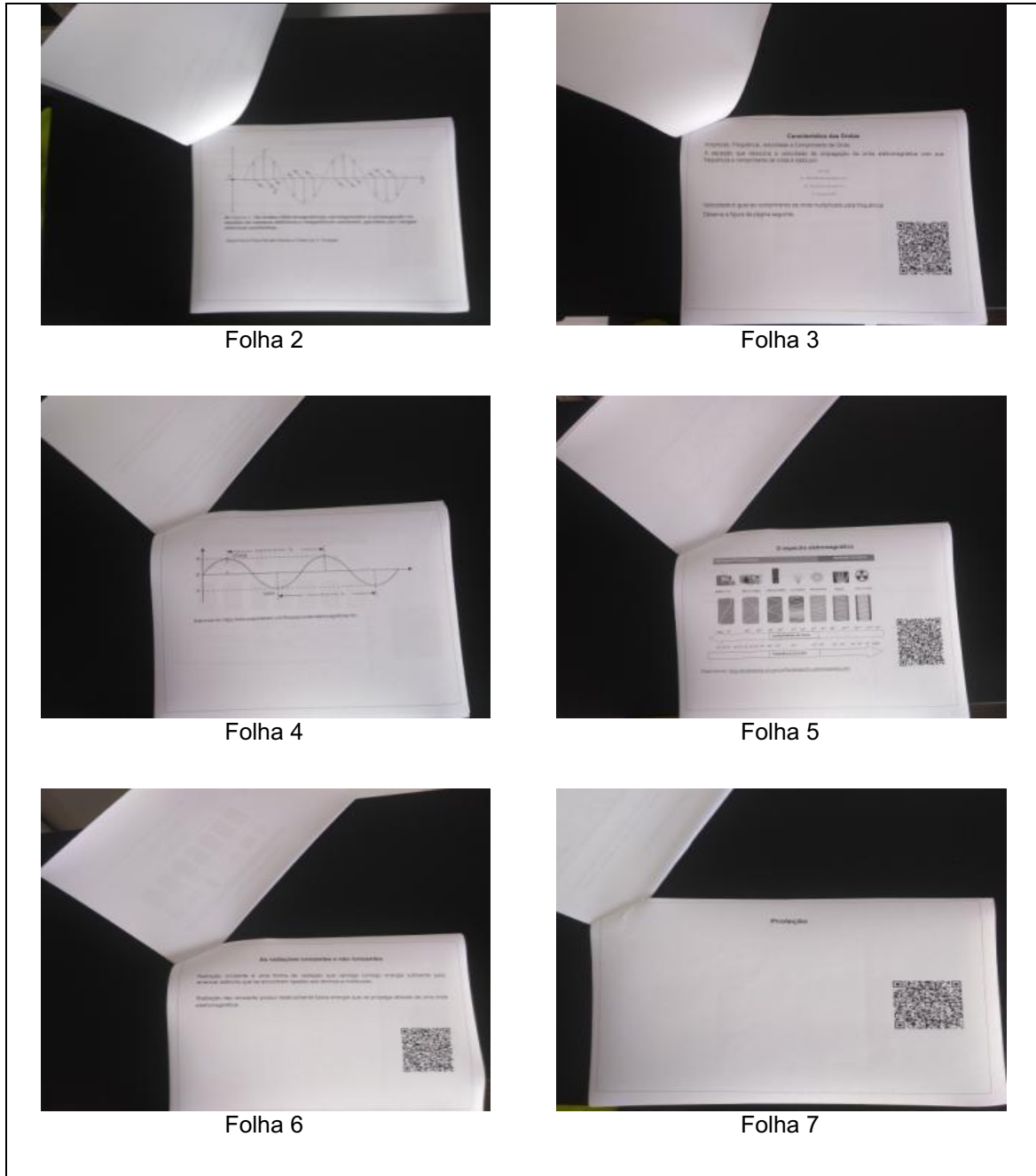
Fonte: Acervo Pessoal

Figura 7 - Apostila Impressa em Tinta



Capa

Folha 1



Fonte: Acervo Pessoal

O fichário tátil auditivo tem por objetivo proporcionar ao aluno com deficiência visual um material com conteúdo de física impresso em Braille, imagens em alto relevo da onda eletromagnética e um resumo do conteúdo em áudio. O conteúdo da apostila impressa e do fichário tátil auditivo, são os mesmos e tem por objetivo compreender, sobre a aprendizagem dos alunos videntes e do aluno com deficiência visual ao ter acesso ao conteúdo de física, de forma interativa.

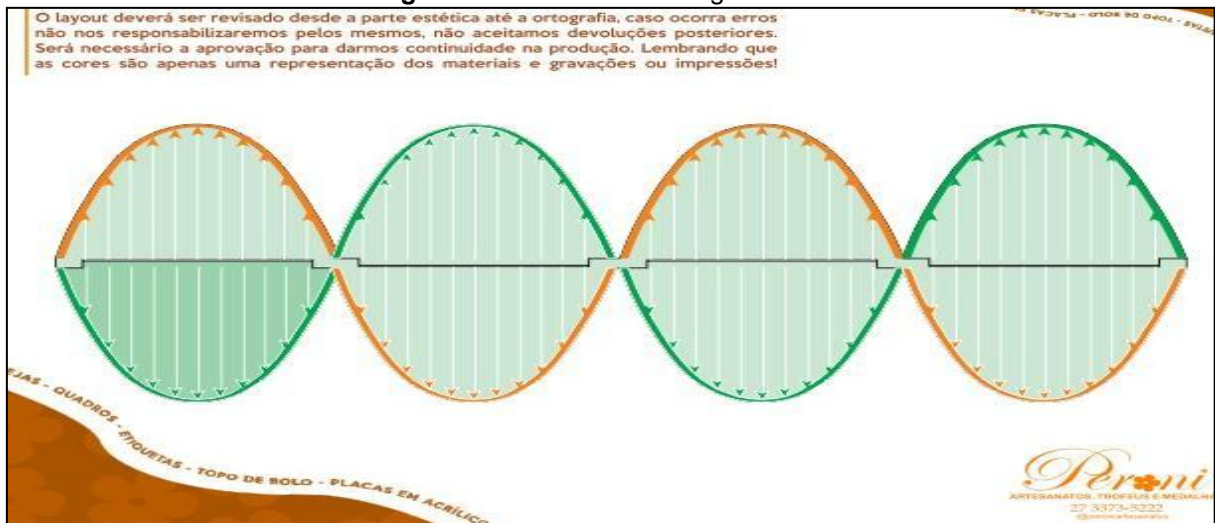
3.2.2 Maquete da Onda Eletromagnética

A construção da maquete da onda eletromagnética foi baseada no modelo proposto por Junior *et al*, (2016). A confecção foi realizada em acrílico por uma empresa de artesanato da cidade de Linhares-ES, chamada Peroni Artesanato[®], com as seguintes dimensões:

- 5 mm de espessura.
- 20 cm de comprimento.
- 20 cm de altura.
- EVA: verde e coral.

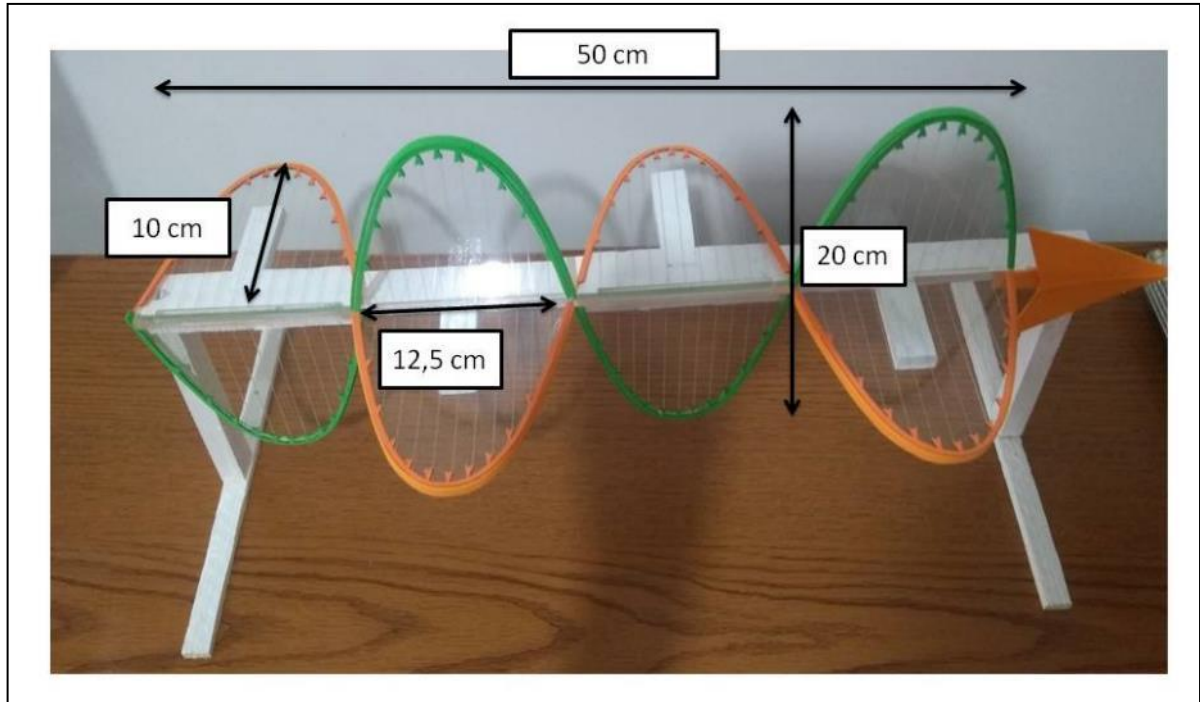
O modelo utilizado foi inicialmente criado digitalmente, conforme figura 8 e em seguida a placa de acrílico foi cortada por laser, seguindo o molde digital e as dimensões da figura 9.

Figura 8 - Modelo Criado Digitalmente.



Fonte: Acervo pessoal.

Figura 9 - Dimensões da Onda em Acrílico.

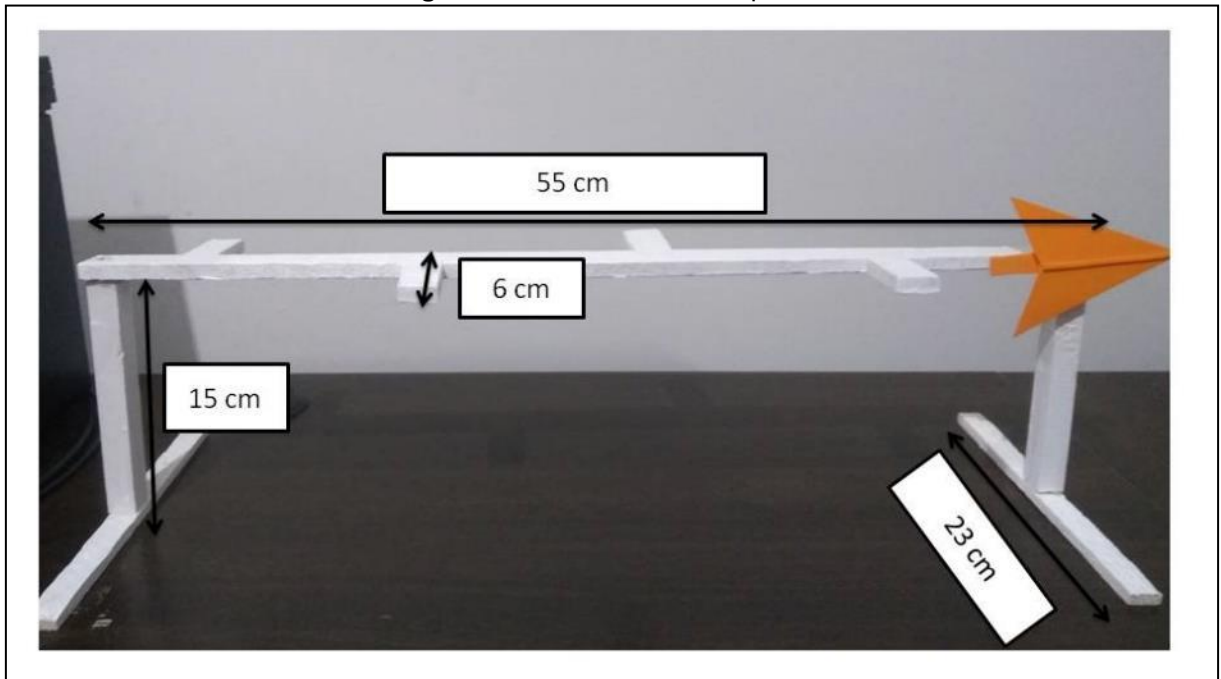


Fonte: Acervo Pessoal.

O suporte para apoio da maquete em acrílico da onda eletromagnética foi construído de forma artesanal com pedaços de madeira e as seguintes dimensões (Figura 10):

- 55 cm de comprimento;
- 10 mm espessura;
- 15 cm de altura;
- 23 cm de comprimento (apoio da base).

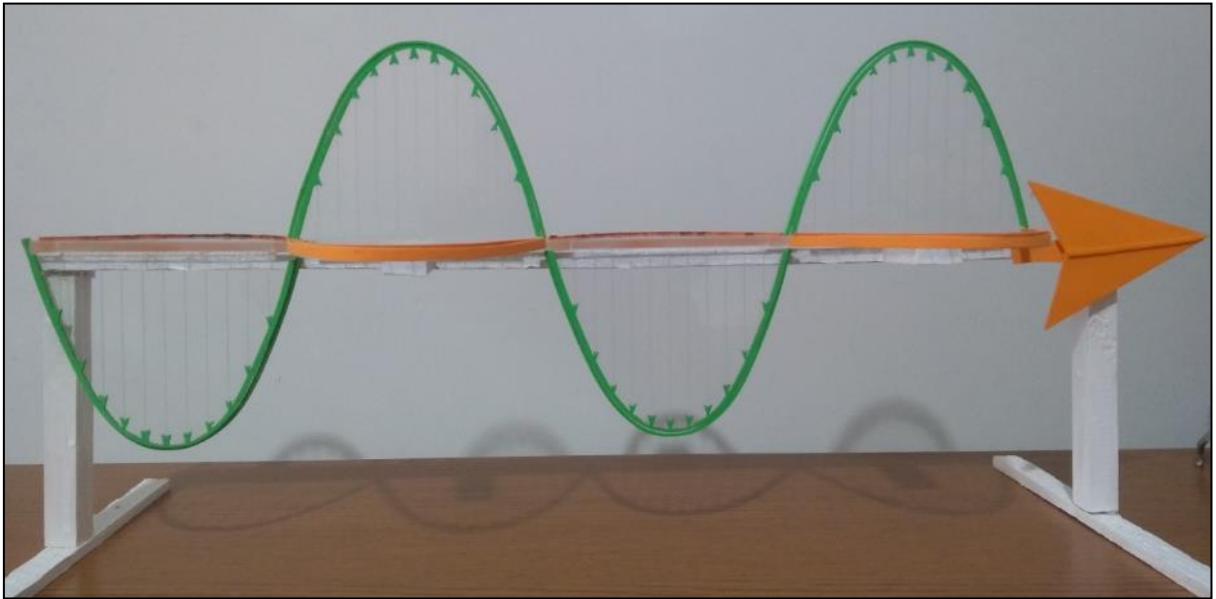
Figura 10 - As medidas do suporte.



Fonte: Acervo Pessoal.

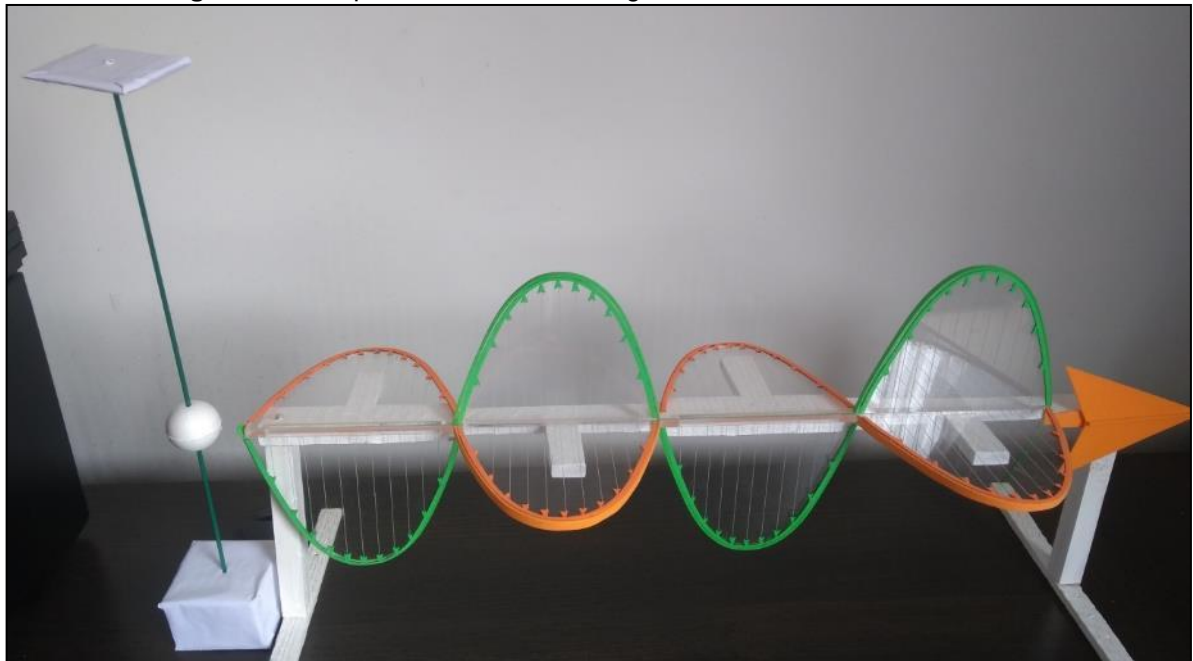
Após a construção da maquete da onda eletromagnética em acrílico e do suporte em madeira foi realizada a montagem final da maquete com a inclusão de detalhes com um suporte que contém uma bolinha de isopor conforme as figuras 11 e 12.

Figura 11 - Maquete da Onda eletromagnética em Acrílico sobre o Suporte.



Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 12 - Maquete da onda eletromagnética em acrílico com a bolinha.



Fonte: Acervo Pessoal.

Esse modelo proposto por Junior *et al.*, (2016), é um modelo que vai de encontro com os modelos que estão apresentados no fichário tátil auditivo e na apostila impressa em tinta, porém em três dimensões. A maquete tem como objetivo complementar o desenho do fichário, para que o aluno com deficiência visual, possa tatear e tenha melhor compreensão do modelo formado da onda eletromagnética proposto pelos livros didáticos. A maquete complementa o fichário, e é um artefato que auxilia o professor durante a aula expositiva.

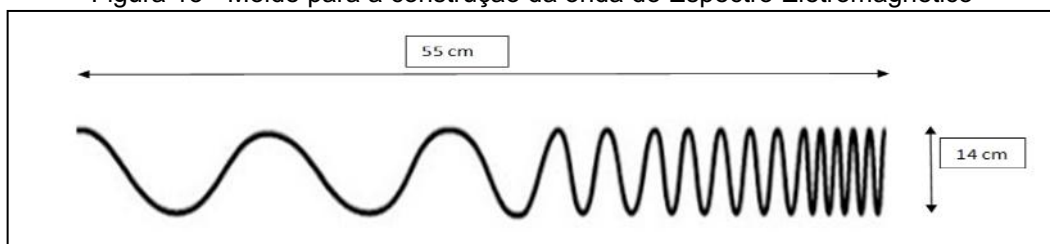
3.2.3 O Espectro Eletromagnético

Para a confecção do modelo do espectro eletromagnético, foi utilizado o modelo disponível em <https://conhecimentocientifico.com/ondas-eletromagnetica> e os materiais utilizados foram:

- Três folhas de papelão;
- Cola branca e Cola quente;
- Barbante;
- Folhas A4;
- Modelo impresso do formato da onda 55 cm × 14 cm;
- Estilete;
- EVA amarelo, preto e coral;
- Folha de MDF;
- Minitelvisão de brinquedo;
- Micro-ondas de brinquedo;
- Celular antigo;
- Mini Torre de transmissão de sinal de celular;
- Controle Remoto de Televisão;
- Lâmpada de 12 volts;
- Bolinha de isopor de 2 cm de diâmetro;
- Pedaco de chapa de Raio-X.

O molde da onda eletromagnética utilizada na construção do espectro eletromagnético foi impresso em duas folhas A4, conforme dimensões da figura (figura 13). Após impressão, o modelo foi colado e cortado em três folhas de papelão para garantir a rigidez na estrutura (figura 14 e 15).

Figura 13 - Molde para a construção da onda do Espectro Eletromagnético



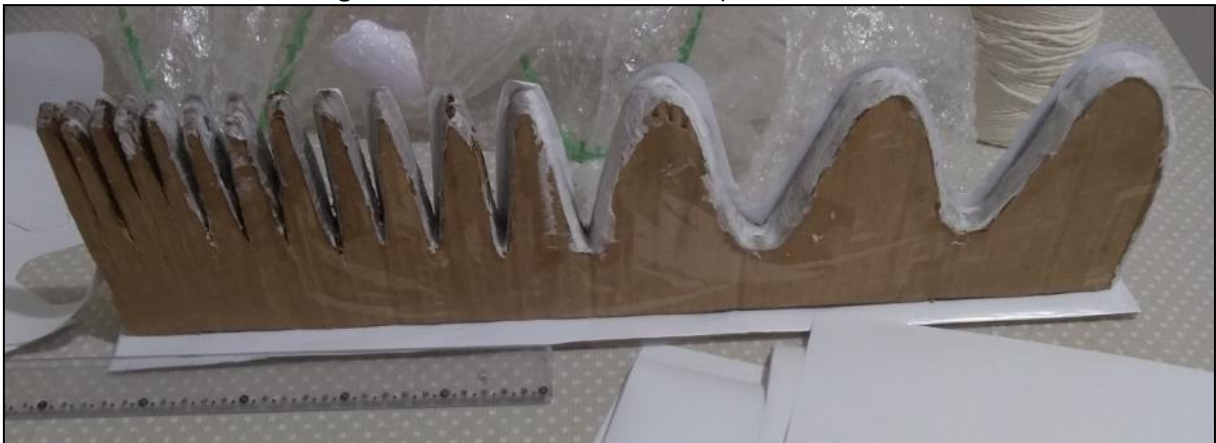
Fonte: Acervo Pessoal.

Figura 14 - Molde Colado no Papelão.



Fonte: Acervo Pessoal.

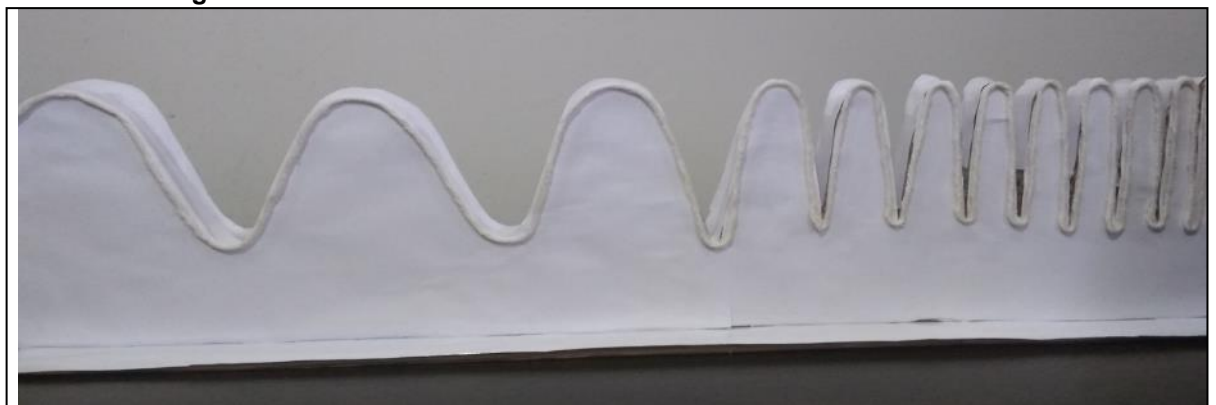
Figura 15 - Os Três Moldes de Papelão Colados.



Fonte: Acervo Pessoal.

Para cobertura do material foram utilizadas folhas A4 e em seguida barbante para contornar o modelo de onda, conforme figura 16.

Figura 16 - A onda coberta com folha branca e contornada com barbante.



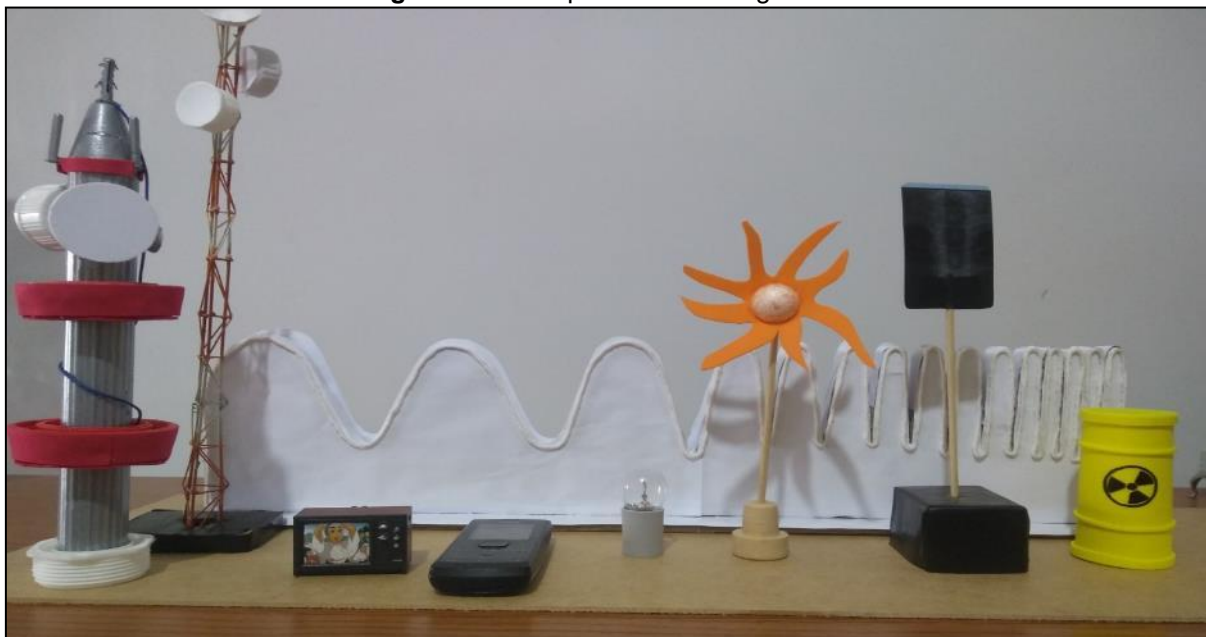
Fonte: Acervo Pessoal.

Após a confecção da onda eletromagnética, alguns objetos que fazem parte do espectro eletromagnéticos foram construídos e outros adquiridos com recursos próprios, conforme descrição abaixo:

- Mini Torre de Transmissão de Celular: Modelo adquirido com recursos próprios;
- Minitelevisão: Modelo adquirido com recursos próprios;
- Micro-ondas: Modelo adquirido com recursos próprios;
- Controle remoto: Modelo adquirido com recursos próprios;
- Celular: Modelo adquirido do acervo pessoal;
- Luz: Foi utilizada uma fonte luminosa adquirida com recursos próprios;
- Sol: Modelo construído com bolinha de isopor pintada na cor laranja e raios de sol, feitos com EVA;
- Raio X: Modelo construído pelo recorte de uma chapa de Raio X do acervo pessoal;
- Raios gama: Modelo construído no formato de tambor feito de papelão, coberto com EVA;

Após a aquisição e a construção dos modelos citados anteriormente a onda foi apoiada em uma base de MDF e os objetos posicionados de forma a ficarem em suas respectivas posições relacionados ao comprimento de onda, formando o modelo de espectro eletromagnético (Figura 17).

Figura 17 - O Espectro Eletromagnético.



Fonte: Acervo Pessoal.

A maquete do espectro eletromagnético, permite a melhor compreensão do modelo que está proposto no fichário tátil auditivo, além disso é uma opção para que o aluno possa tatear e perceber a distância entre as cristas, e compreender que ocorre uma redução em seu tamanho. O objetivo é mostrar o modelo do espectro eletromagnético presente nos livros didáticos, e para contribuir com os professores durante a explanação do conteúdo.

3.3 O PRODUTO EDUCACIONAL: A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática foi aplicada na turma do 9º ano do ensino fundamental da EEEFM Professor Manoel Abreu e está organizada em cinco aulas de cinquenta minutos cada, estruturada em etapas que incluem: Conhecimentos Prévios, Explanação do Conteúdo, Aplicação do teste conceitual. Para finalizar uma roda de conversa que tem como objetivo avaliar a sequência didática e os artefatos. Acredita-se que o conjunto de atividades apresentadas poderá auxiliar o professor com estratégias para aprendizagem sobre radiação ionizante e não ionizante, promovendo a compreensão dos conceitos científicos de forma interativa e levando a construção coletiva do conhecimento. Além disso, levou-se em consideração uma conexão com o contexto cotidiano dos alunos, para que o tema da pesquisa se tornasse mais significativo e relevante.

1ª Etapa (01 aula) – Levantamento dos Conhecimentos Prévios.

A primeira etapa foi desenvolvida em uma aula de 50 minutos. Durante essa etapa foi aplicado um questionário com cinco questões discursivas para avaliação dos conhecimentos prévios dos alunos, envolvendo o tema radiação ionizante e não ionizante. Foi solicitado aos alunos para responderem a atividade de forma comprometida e sem nenhuma fonte de pesquisa.

O levantamento dos conhecimentos prévios tem por objetivo permitir ao professor obter mais informações e experiências que os alunos trazem, antes de iniciar uma nova atividade, aprender um novo assunto ou enfrentar um novo desafio. É importante saber se esses conhecimentos são baseados em vivências anteriores, estudos, aprendizados formais e informais, habilidades adquiridas e informações assimiladas ao longo do tempo.

Esses elementos são essenciais, pois servirão para organizar o processo pedagógico das etapas seguintes. As perguntas utilizadas nessa etapa estão apresentadas no Apêndice A.

No final da aplicação do teste, foi solicitado aos alunos que realizassem pesquisas em casa sobre o conteúdo radiação, e a pesquisa poderia ser realizada em fontes como o livro didático, revistas, jornais, internet, amigos ou familiares.

2ª Etapa (02 aulas geminadas) – Apresentação do Material Didático- Os artefatos e do Aplicativo Plickers®.

Para o desenvolvimento dessa etapa foram necessárias duas aulas de 50 minutos cada. Inicialmente foram distribuídas as apostilas impressas em tinta aos alunos videntes e o fichário tátil auditivo, entregue ao aluno com deficiência visual. Os alunos foram convidados à leitura do conteúdo e em seguida a ouvir os áudios através do QR CODE.

Em seguida, sobre uma mesa, foram dispostas as maquetes em três dimensões e com o uso do *Datashow*, o conteúdo que está na apostila, foi disponibilizado no quadro.

Com a exposição do conteúdo no quadro, foi realizada uma breve explanação sobre as radiações ionizantes e não ionizantes com a apresentação dos materiais

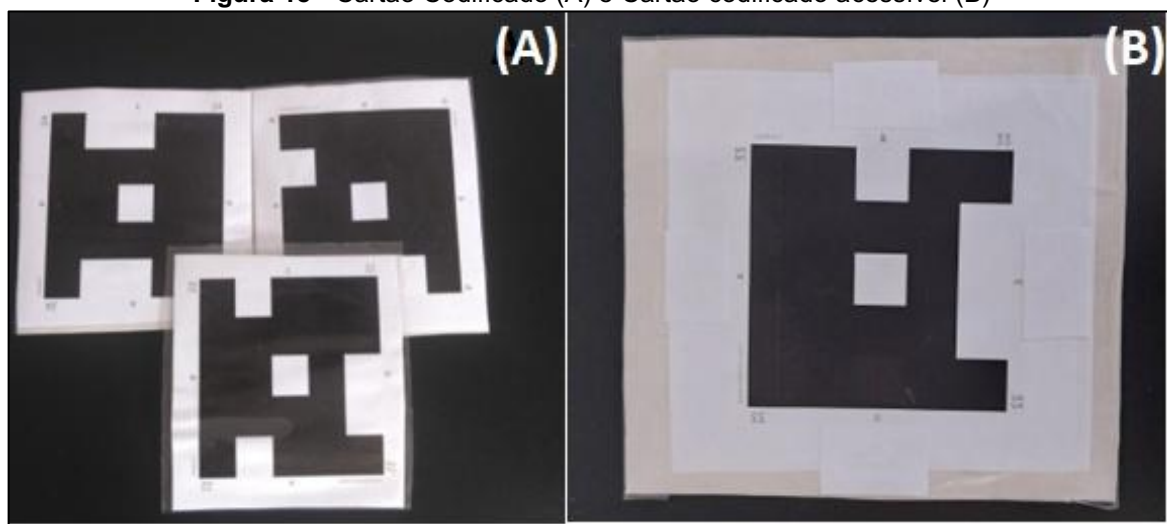
didáticos acessíveis de acordo com o decorrer da aula, a maquete da onda eletromagnética e a maquete do espectro eletromagnético.

Essa etapa tem como objetivo permitir que os alunos conheçam os produtos, ouçam os áudios e se familiarizem com algumas palavras utilizadas dentro do conteúdo. Além disso, foi um momento importante para que o aluno com deficiência visual pudesse conhecer e manipular o material didático acessível sob a orientação do professor.

A orientação é importante para que o professor descreva os materiais, explique sobre como eles podem ser utilizados e explorados, além de auxiliar na interpretação dos conteúdos apresentados. Após a apresentação do produto e dos materiais, foram solucionadas dúvidas em relação ao conteúdo/ produtos/materiais.

Em seguida foi apresentado os cartões emitidos pelo aplicativo Plickers® (figura 18A). Os cartões são codificados e possuem uma numeração específica e cada aluno recebeu um cartão, na qual foram utilizados durante a aplicação da metodologia. Para o aluno com deficiência visual, o cartão ficou mais acessível. O cartão é igual aos dos colegas, porém com as letras das alternativas em Braille, figura 18B.

Figura 18 - Cartão Codificado (A) e Cartão codificado acessível (B)



Fonte: Acervo Pessoal

O momento final permitiu esclarecimento acerca do uso dos cartões codificados e do aplicativo Plickers®. A apresentação do cartão codificado para o aluno com deficiência visual, antes da aplicação do teste colabora para que ele possa se adaptar com a manipulação dele.

3ª Etapa (02 aulas geminadas) – Aplicação da Metodologia Ativa – IpC e Roda de Conversa.

A terceira etapa foi dividida em dois momentos. O primeiro momento foi realizado a aplicação da metodologia ativa, IpC com uma retomada de pontos-chaves do conteúdo ministrado na etapa anterior, aplicação do teste conceitual com questões de múltipla escolha de acordo com o diagrama de Mazur apresentado na seção 2.4. No segundo momento ocorreu uma roda de conversa com cinco alunos videntes e um aluno com deficiência visual.

Para iniciar a terceira etapa, uma breve exposição deu início ao diálogo com os alunos sobre o tema, radiação. Na sequência foi entregue os cartões codificados e aplicado o teste conceitual com o uso do aplicativo Plickers®. O teste foi composto por cinco questões objetivas (Apêndice B) com quatro alternativas e aplicadas em uma aula com duração de 50 minutos. Para confecção das perguntas optou-se por questões básicas e de fácil leitura para que o aluno com deficiência visual pudesse acompanhar junto aos colegas videntes.

A pergunta foi projetada no quadro com o uso do *Datashow*. Os alunos pensam e respondem para si. Em seguida, foi solicitado para que o aluno levantasse seu cartão codificado com a opção de resposta, e para a captura das respostas foi utilizado o celular do professor que já tinha o aplicativo Plickers® baixado. Com esse aplicativo, em tempo real foi possível analisar as respostas da turma, o aplicativo forneceu a porcentagem de acertos.

Caso as respostas corretas da turma sejam abaixo de 30%, será retomado o conteúdo e, é proposto uma nova pergunta norteadora, se as respostas corretas estiverem entre 30% e 70%, aos alunos formarão grupos, para discutir sobre a questão e o professor, mediando entre os grupos a discussão, alimentando, incentivando uns aos outros a se questionarem e dialogar sobre as alternativas. O professor solicita uma nova votação sobre a alternativa escolhida. Se as respostas corretas atingirem uma porcentagem maior que 70%, realiza-se uma breve explanação sobre a resposta, e segue para o próximo tópico.

Finalizada a aplicação do teste, uma roda de conversa foi realizada com cinco alunos, sendo quatro alunos videntes e um com deficiência visual. Esse momento de avaliação foi mediado por alguns questionamentos (Apêndice C), que enriqueceram

a conversa com os alunos foco da pesquisa, levantando informações se houve contribuições do produto e da metodologia utilizada para aprendizagem. O quadro 2, mostra um resumo da sequência didática.

Quadro 2. Resumo da sequência didática

1ª etapa	1 aula de 50 minutos	Aplicação do teste sobre conhecimentos prévios
2ª etapa	2 aulas de 50 minutos	Explicação do conteúdo. Apresentação dos artefatos
3ª etapa	2 aulas de 50 minutos	Aplicação do Teste Conceitual e Roda de Conversa

Fonte: Acervo Pessoal

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para o desenvolvimento desse estudo, apresentamos a análise textual discursiva. E de acordo com Moraes e Galiazzi (2006), pode ser explicada como um processo que começa com a identificação de unidades de significado, conhecido como unitarização, no qual os textos são separados em partes que carregam sentido. Esse processo pode gerar diferentes interpretações.

Durante a interpretação do significado atribuído pelo autor, é importante incorporar a apropriação de palavras de outras vozes para uma compreensão mais aprofundada do texto. Em seguida, ocorre o processo de categorização. Em um movimento intenso de interpretação e produção de argumentos, gera o meta-texto analítico. Que irão compor o texto interpretativo.

Descrita como uma abordagem metodológica utilizada para examinar e interpretar textos de maneira aprofundada, busca identificar e descrever os elementos que compõem o discurso, como os atores sociais envolvidos e o tema abordado. Moraes e Galiazzi (2006, p.2) afirmam que,

a análise textual discursiva tem no exercício da escrita seu fundamento enquanto ferramenta mediadora na produção de significados e por isso, em processos recursivos, a análise se desloca do empírico para a abstração teórica, que só pode ser alcançada se o pesquisador fizer um movimento intenso de interpretação e produção de argumentos.

Dessa forma, requer do pesquisador um envolvimento com o ambiente pesquisado, cuidadoso registro dos acontecimentos que ocorrem dentro desse ambiente e análise desses registros com transcrição rica em informações a fim de descobrir como as escolhas e ações levam a aprendizagem dos atores dessa pesquisa.

Conforme Godoy (1995) uma compreensão aprofundada de um fenômeno, é essencial analisá-lo dentro do contexto em que ocorre e do qual faz parte, adotando uma perspectiva integrada. Para isso, o pesquisador realiza trabalho de campo, buscando “capturar” o fenômeno em estudo a partir da visão das pessoas envolvidas, levando em consideração todos os pontos de vista relevantes. Durante esse processo, diversos tipos de dados são coletados e analisados, permitindo uma compreensão da dinâmica do fenômeno em questão.

Pesquisas qualitativas podem se valer da análise textual discursiva. Essa abordagem valoriza a riqueza e a complexidade da linguagem, explorando as

nuances, as ambiguidades e as intenções presentes nas expressões linguísticas. Além disso, busca capturar a diversidade de interpretações e perspectivas dos participantes envolvidos no discurso.

A análise textual discursiva vai além de um conjunto fixo de procedimentos e se caracteriza como uma metodologia aberta. De acordo com Santos (2002), um caminho para o pensamento investigativo é um processo de imersão nas verdades em movimento, participando ativamente de sua reconstrução. Essa abordagem se enquadra claramente em metodologias que estão inseridas em um paradigma de pesquisa emergente.

Durante o processo de análise textual discursiva, Moraes (2003) afirma que os pesquisadores são incentivados a desconstruir e reconstruir conceitos, utilizando técnicas como unitarização, categorização e produção de escritos derivados de suas análises e sínteses. Nessa jornada de desconstrução e esforço reconstrutivo, surgem novas compreensões de forma explosiva, sempre com uma participação intensa e autoria ativa dos pesquisadores.

Além disso, André e Lüdke (1986), afirmam que analisar dados qualitativos implica em "trabalhar" com todo o material coletado durante a pesquisa, incluindo relatos de observações, transcrições de entrevistas, análises de documentos e outras informações relevantes disponíveis.

Fundamentada nesses princípios que essa pesquisa se firma para interpretar os resultados de forma qualitativa, com base em insights subjetivos e conhecimento teórico, ao invés de métodos estatísticos ou quantitativos.

4.1 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS

A fim de analisar as respostas dos participantes para a pesquisa e interpretar os conhecimentos e experiências que eles trazem consigo, identificaram-se os elementos linguísticos utilizando um quadro de referência. Esses elementos moldaram a interpretação do texto, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada.

Concordamos com Pivato (2014), ao afirmar que os conhecimentos prévios possibilitam a incorporação de ideias que podem ser aplicadas no contexto das categorizações de novas situações, além de servirem como pontos de referência e facilitarem a descoberta de novos conhecimentos.

Para aplicação do questionário prévio optou por questões curtas em relação ao tema de pesquisa, e de acordo com as respostas dos alunos, também aparecem respostas curtas. Dessa forma os dados obtidos nessa primeira etapa, permitiu a categorização das palavras, algumas aparecem de formas repetidas.

Para facilitar a compreensão da análise, além dos quadros algumas respostas foram selecionadas e apresentadas durante a análise. Para Moreira (2011), O pesquisador enriquece sua narrativa ao incluir trechos de entrevistas, extratos de anotações, vinhetas e exemplos de trabalhos de alunos, intercalados com comentários interpretativos. Essa abordagem tem como objetivo persuadir o leitor, apresentando evidências que sustentem a interpretação proposta pelo pesquisador. Além disso Bogdan e Biklen (1994, p. 48) afirmam que,

o estudo com abordagem de natureza qualitativa, os dados podem ser recolhidos em forma de palavras ou imagens e não de números. Os resultados escritos da investigação contêm citações feitas com base nos dados para ilustrar e substanciar a apresentação. Os dados incluem transcrições de entrevistas, notas de campo, fotografias, vídeos, documentos pessoais, memorando e outros registros.

O questionário sobre os conhecimentos prévios foi aplicado para 23 alunos. Para obter resultado mais confiável, foi solicitado aos alunos para não utilizarem nenhuma fonte de pesquisa. Que era preciso comprometimento para realização da atividade. Analisando as respostas do primeiro questionário à luz da análise textual discursiva, foi organizada as respostas em um quadro para melhor compreensão e elaboração do texto.

A primeira pergunta do questionário tem por objetivo verificar se os alunos já ouviram falar de radiação? E onde já ouviram? (Quadro 3)

Quadro 3- Indicadores da Atividade 1.

Pergunta	Indicadores	Ocorrências
Você já ouviu falar sobre radiação?	Sim	23
	Não	0
Onde?	Escola	14
	Familiares	2
	Vídeo na Internet	2
	Desastre de Chernobyl	5

Fonte: Acervo Pessoal.

Verificamos que todos os 23 alunos já ouviram falar sobre o tema e que quando questionados sobre onde ouviram falar sobre radiação, as respostas apareceram de forma diversificada, sendo 14 alunos citaram que já ouviram falar de

radiação na escola, 02 respostas citaram por seus familiares, 02 em vídeos na internet e 05 citaram o desastre de Chernobyl.

Nas palavras do aluno A, evidenciamos uma das respostas apresentadas no quadro 3, na qual o aluno afirma ter ouvido falar sobre radiação, e ao responder onde, ele cita o desastre de Chernobyl.

1) Você já ouviu falar sobre radiação? Onde?
Sim. A radiação de CHERNOBYL.

Nas palavras do aluno B, evidenciamos uma das respostas apresentadas no quadro 3, na qual o aluno afirma ter ouvido falar sobre radiação, e ao responder onde, ele afirma que foi na escola e com familiares.

1) Você já ouviu falar sobre radiação? Onde?
Sim, já ouviu falar, foi na escola, casa com meus pais.

Nessas imagens, observamos que as respostas apresentadas são simples, direta e sem muitos detalhes sobre como tiveram contato com o tema. Além disso, todos os alunos participantes afirmam ter ouvido falar sobre radiação, através de diferentes fontes, porém não foi possível identificar se os conhecimentos prévios sobre radiação ocorreram após as aulas ministradas de física ou se aconteceu de forma espontânea. Destaca-se que esses alunos ainda no 9º ano já possuem entendimento do tema, por alguma fonte.

Concordamos com Novak e Gowin (1996, p. 37) ao afirmarem que,

o que quer que seja que os alunos tenham aprendido antes, tem de ser usado para alimentar a nova aprendizagem. Tanto os alunos como os professores devem estar conscientes do valor que têm os conhecimentos prévios na aquisição dos novos conhecimentos.

A segunda questão foi proposta para verificar o que os alunos compreendem sobre o tema radiação. Talvez por esse motivo, gerou um número maior de indicadores. O quadro 4 apresenta os dados sistematizados da segunda atividade.

Quadro 4 - Indicadores da Atividade 2.

O que você entende por radiação?	
Indicadores	Ocorrências
Nada/Quase nada	9
Algo ruim	2
Ondas eletromagnéticas	2
Como a Covid-19	1
É energia	1
Igual o que aconteceu em Chernobyl	1
É o Sol/ Micro-ondas/Raios X	3
É cata-vento	1
São raios	1
Não respondeu	2

Fonte: Acervo Pessoal.

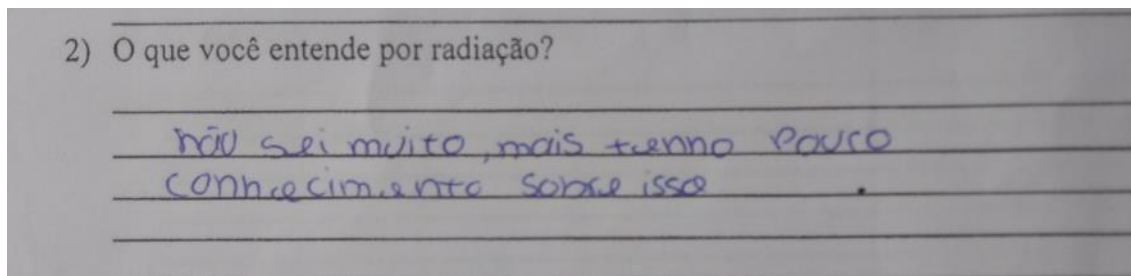
A pergunta “O que você entende por radiação” gerou o maior número de indicadores como podemos evidenciar por meio do quadro 4. Essa atividade mostra que nem todos os alunos conseguem responder essa pergunta de forma mais específica.

Podemos verificar que os alunos apresentam certa confusão quando precisam explicar com maiores detalhes sobre o que eles compreendem sobre o tema radiação. Observamos nove respostas em que os alunos não sabem nada sobre o tema, porém sabem que existe a radiação. Dois alunos citaram ondas eletromagnéticas, dois afirmaram ser algo ruim e um aluno tentou justificar sua resposta fazendo uma relação entre a radiação com a Covid-19. Além disso, alguns alunos responderam citando um exemplo do que é radiação, utilizando como exemplo: sol, micro-ondas, Raios X, raios, energia, cata-vento, e outro afirma que é igual ao acidente de Chernobyl.

Neste sentido, quando se trata de conhecimentos prévios Pivatto (2014), afirma, que ainda na idade precoce, os indivíduos têm o impulso de aprender o significado dos objetos ao seu redor, construindo em sua estrutura cognitiva uma rede de conceitos conhecida como conhecimentos prévios. Esses conhecimentos, em sua maioria, são adquiridos através da curiosidade, impulsionando a exploração e o entendimento do mundo ao seu redor.

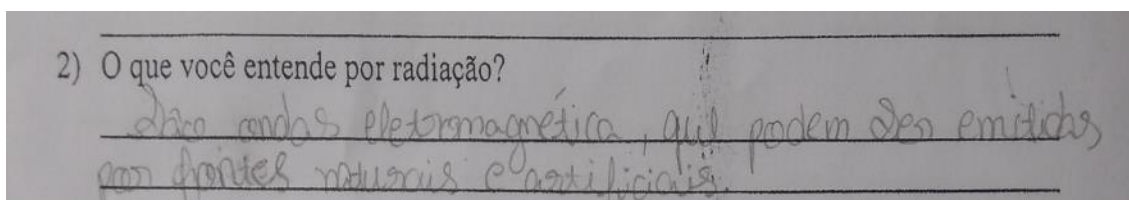
No dia a dia, de forma natural, os indivíduos adquirem esses conhecimentos. No contexto atual, os alunos estão cada vez mais conectados à tecnologia, o que talvez possa facilitar o acesso às informações e contribuir para a aquisição desses conhecimentos.

Nas palavras do aluno C, evidenciamos uma das respostas apresentadas no quadro 4, ao afirmar que não sabe nada/quase nada sobre o que ele entende por radiação.



Na segunda atividade, por se tratar de uma questão mais específica surgiram alguns equívocos nas respostas, mas que são cabíveis, porque esses alunos ainda estão em processo de construção desses conhecimentos. Como podemos verificar através do quadro, essa atividade gerou o maior número de indicadores. Isso mostra que, mesmo ainda sem conseguir explicar de forma clara, o aluno mostra-se capaz de citar um exemplo para justificar a sua resposta.

Nas palavras do aluno D, evidenciamos um dos indicadores apresentados no quadro 4, na qual o aluno afirma ser ondas eletromagnéticas.



A atividade 3, tem por objetivo saber se os alunos conseguem identificar a presença da radiação no cotidiano deles (Quadro 5).

Quadro 5 – Indicadores da Atividade 3.

No dia a dia convivemos com algum tipo de radiação? Se sim, cite um exemplo.	
Indicadores	Ocorrências
Não sei	3
Sim	19
Não respondeu	1
Micro-ondas	8
Ventilador	1
Celular/Televisão	4
Fumaça	1
Sol	5

Fonte: Acervo Pessoal.

Do total de participantes, três alunos disseram não saber se convivem com algum tipo de radiação. Mais uma vez, eles sabem que existe, porém não conseguem apontar onde elas estão presentes. A maior ocorrência (19) afirma que convivem com algum tipo de radiação, e citam os exemplos: Sol, micro-ondas, celular, televisão e ventilador. Um aluno relacionou radiação com a fumaça e um não respondeu a atividade.

O quadro 5 apresenta um ponto de partida para o ensino desse tema e Gil-Perez (1994) destaca a importância dos professores em não negligenciar os conhecimentos prévios que os alunos trazem consigo para a sala de aula, especialmente os conhecimentos científicos que ainda não foram ensinados.

Nas palavras do aluno E, evidenciamos um dos indicadores apresentados no quadro 5, o aluno afirma que no cotidiano ele convive com a radiação presente no celular.

3) No dia a dia convivemos com algum tipo de radiação? Se sim, cite um exemplo.

SIM, TELEFONE

Nessa atividade evidenciamos que as ocorrências se repetem com as outras perguntas ao citarem sol, micro-ondas e Raios X. Além disso, nem todos os alunos da turma conseguem compreender que alguns equipamentos/eletroeletrônicos que fazem parte do cotidiano deles utilizam ondas eletromagnéticas para funcionar. Nenhum aluno citou, por exemplo, a luz visível (lâmpada) ou ondas de rádio e pelo fato de estar presente em quase todas as casas, ainda assim não apontaram em nenhuma das perguntas, que foram feitas a eles.

Nas palavras do aluno F, evidenciamos um dos indicadores apresentados no quadro 5, o aluno afirma que convive com a radiação das micro-ondas.

3) No dia a dia convivemos com algum tipo de radiação? Se sim, cite um exemplo.

Sim, por exemplo micro-ondas

Na resposta do aluno F, aparece a palavra micro-ondas. Talvez, ele estava querendo comentar sobre o aparelho de micro-ondas, e não exatamente do tipo de onda.

A quarta atividade tem por objetivo identificar se os alunos conseguem identificar se todas as radiações geram somente malefícios (Quadro 6).

Quadro 6 – Indicadores da Atividade 4.

Você acha que toda radiação traz malefícios? Justifique a sua resposta.	
Indicadores	Ocorrências
Sim	14
Não	4
Não sei	4
Faz mal à saúde/contaminação	14
Excesso faz mal à saúde	4
Todas as radiações fazem mal	1

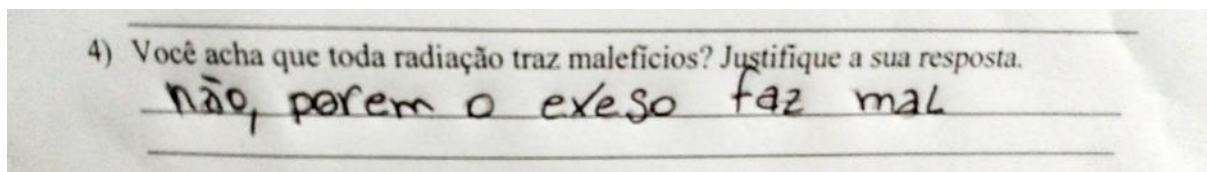
Fonte: Acervo Pessoal.

Do total de participantes, a maior ocorrência (14) responderam sim e afirmam que as radiações só trazem malefícios e fazem mal à saúde ou contaminam. Somente quatro alunos afirmaram não, e que em excesso é o maior problema para a saúde humana e quatro alunos disseram não saber responder. Um aluno afirma ainda que todas as radiações fazem mal.

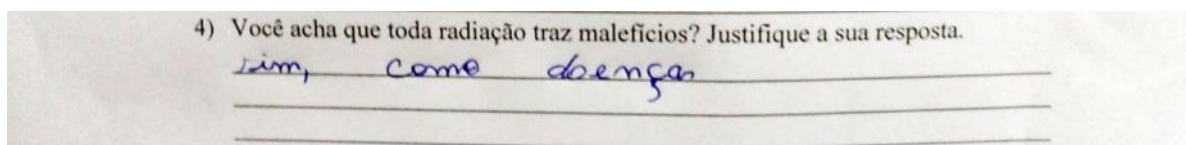
A maioria dos participantes mostra-se confusa ao responder essa questão, pois não conseguem compreender sobre radiação, qual faz mal à saúde e nem conseguiram relacionar as questões anteriormente respondidas com as perguntas seguintes. Talvez, por falta de interpretação. Observamos nas respostas que os alunos não demonstram domínio sobre o tema relacionado aos eventos do dia a dia deles. Esses alunos ainda estão no processo de construção do conhecimento, na busca pela aprendizagem e compreendemos que de acordo com Novak e Gowin (1996, p. 23):

a aprendizagem pode variar desde a que é quase memorística até à altamente significativa - desde a aprendizagem receptiva, onde a informação é oferecida diretamente ao aluno, até à aprendizagem por descoberta autônoma, onde o aluno identifica e seleciona a informação a aprender.

Nas palavras do aluno G, evidenciamos umas das ocorrências apresentadas no quadro 6, na qual afirma que nem todas as radiações trazem malefícios, o que faz mal é o excesso.



Nas palavras do aluno H, evidenciamos umas das ocorrências apresentadas no quadro 6, pois o aluno afirma que toda radiação traz malefícios e cita a doença, como a causa.



A quinta atividade verificou se os alunos conseguem identificar se as radiações trazem algum benefício, se em alguma resposta iria aparecer uma separação entre as frequências dessas ondas, ou em relação ao seu uso de forma descontrolada. (Quadro 7).

Quadro 7 - Indicadores da Atividade 5.

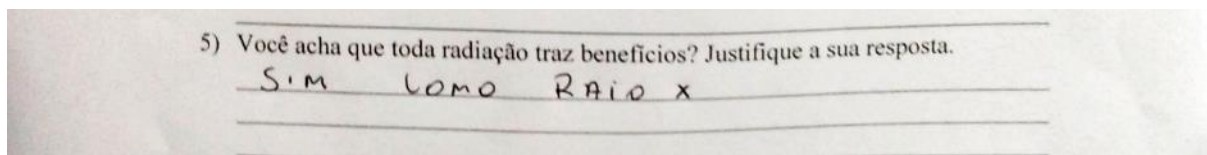
Você acha que toda radiação traz benefícios? Justifique a sua resposta.	
Indicadores	Ocorrências
Sim	11
Tratamento de Doenças/ Raios X	11
Não	12
Não justificaram	12

Fonte: Acervo Pessoal.

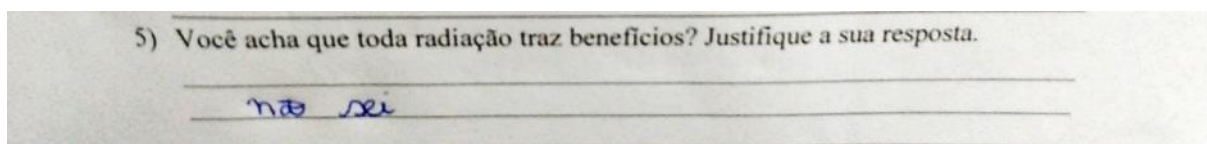
Aqui conseguimos compreender a confusão ao responder à pergunta. Do total de participantes, 12 alunos disseram que as radiações não trazem benefícios, e não justificaram sua resposta. Onze alunos responderam que sim, trazem benefícios e justificaram o fato das radiações poderem ser utilizadas para tratar doenças e apontam o aparelho de Raio X, para ser utilizado na área da medicina.

Com esses dados é possível perceber a confusão que ainda existe entre os alunos ao trabalhar esse tema. Ao mesmo tempo, eles apontam que toda radiação só traz benefícios, disseram anteriormente que trazem malefícios.

Nas palavras do aluno I, evidenciamos algumas das respostas apresentadas no quadro 7, pois afirma que todas as radiações trazem benefícios, cita um exemplo o "Raio X". Aqui talvez, o aluno queria citar sobre o aparelho de Raio X.



Nas palavras do aluno J, evidenciamos uma das respostas apresentadas no quadro 7, na qual afirma não saber se toda radiação traz benefícios.



Talvez essa confusão ainda exista pelo fato desse tema ainda não ter sido trabalhado dentro da escola, ou eles não conseguiram sanar todas as dúvidas quando tiveram contato com o assunto. Mas de fato é um tema que ainda causa muita confusão, até mesmo entre os adultos que saíram da educação básica.

Percebemos que eles afirmam que tiveram contato com o tema através da escola, com familiares ou por vídeos na internet, porém não foi possível identificar os motivos que levaram esses alunos a ter contato com o tema. Se houve incentivo do professor, familiares ou por curiosidade.

Mas percebemos que esses alunos possuem conhecimentos prévios, e de acordo com Pivatto (2014), existe o entendimento de que a aprendizagem não se resume à simples assimilação dos conhecimentos transmitidos pelo professor, mas envolve também a reorganização e o desenvolvimento dos conhecimentos prévios dos alunos. Esse processo complexo é denominado de mudança conceitual.

Os alunos apontam diferentes fontes de pesquisa e talvez essas fontes possam contribuir para que esse aluno construa autonomia no processo da pesquisa, desenvolvendo postura investigativa. Considerar troca de informações com diferentes formas de contextos poderá enriquecer o saber desses alunos, pois eles chegam à sala de aula com mosaico de informações, na qual poderão discutí-las, criticá-las com o professor da área, para que ele consiga construir seu próprio conhecimento e de forma coletiva.

Os conhecimentos prévios desempenham um papel fundamental na construção do conhecimento, uma vez que influenciam a forma como os novos conteúdos são assimilados e interpretados. Reconhecer e valorizar esses conhecimentos dos alunos é essencial para uma educação eficaz, permitindo uma

abordagem mais contextualizada. Além disso, os conhecimentos prévios também podem ser ativados e ampliados por meio de estratégias adequadas e promovendo o engajamento ativo dos alunos.

Ao reconhecer e incorporar os conhecimentos prévios dos alunos, os professores tornam o processo de aprendizagem mais significativo e relevante para todos os envolvidos. Do mesmo modo, que incentivar esses alunos as frequentes pesquisas, e de procurar novas técnicas, constituem-se como novas formas de potencializar seus conhecimentos, possibilitando novos desafios.

4.1 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA DA APRESENTAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

Os livros didáticos em sua maioria trazem imagens ou desenhos que a ciência elaborou para retratar o mundo por meio da construção de modelos, que valorizam o potencial das representações visuais em termos de sua capacidade de representação, autonomia, função de conexão e dimensão heurística. Os autores Batista, Salvi, Lucas (2011), defendem que esses aspectos são considerados tanto em sua relação com a realidade quanto em sua relação com a teoria. Seriam os duplês da realidade.

Ao abordar o tema sobre as ondas eletromagnéticas, é usual utilizar desenhos dos modelos de onda, de carga, de campo, etc. Dessa forma, os artefatos foram confeccionados com o objetivo de serem mais acessíveis a tais informações. Porém, não bastava ser somente acessível, foi preciso estabelecer uma forma de aplicação e garantir a linguagem comunicacional.

Partindo da teoria histórico-cultural na qual afirma que interação entre os semelhantes que se constrói o conhecimento, foi elaborada a sequência didática, com a finalidade de contemplar todos os alunos participantes dessa pesquisa.

Com base na abordagem histórico-cultural, consideramos uma perspectiva orientada para possibilidades, onde não estamos prioritariamente interessados em identificar e rotular deficiências, como tem sido comum. Victor e Camizão (2017), apontam que em vez disso, é essencial olhar para o futuro, vislumbrando oportunidades de desenvolvimento intelectual e, acima de tudo, humano. Vygotsky nos convida a refletir sobre as potencialidades humanas, sem desvalorizar a sua existência com base nas diferenças dos outros.

Considerando essa perspectiva, a confecção do fichário tátil auditivo e da apostila impressa foram elaboradas para que todos pudessem ter acesso às informações, sobre esse conteúdo, presente nos livros didáticos. Muitas vezes os professores utilizam xerox do conteúdo para trabalhar dentro da sala de aula, o que talvez não contemple o aluno com deficiência visual. Com o conteúdo mais acessível, ocorre a oportunidade para o aluno com deficiência visual, acompanhar a aula junto aos demais colegas.

Para conhecer o fichário tátil auditivo, o aluno com deficiência visual, foi auxiliado pela professora pesquisadora. Durante a primeira leitura do livro, o aluno com deficiência visual, requereu um tempo maior do que para os alunos videntes, mesmo que mediada pelo professor. Isto porque, o aluno com deficiência visual, precisa ter um tempo maior para tatear o fichário. Mesmo que esse aluno seja alfabetizado em Braille, o conteúdo trabalhado possui algumas palavras que o aluno nunca tinha ouvido falar. Sendo assim, ao tatear o livro, o aluno percebeu dificuldade em ler, pois segundo ele, "*nunca havia escutado a palavra antes, como por exemplo: eletromagnético, espectro*".

Quando são palavras presentes no vocabulário deles, a leitura torna-se mais rápida e fluida. Dessa forma, o momento para o aluno com deficiência visual conhecer o fichário é muito importante.

O estudante enfrentou desafios ao tentar ler o material e compreender o conceito do modelo tridimensional de onda em um plano apresentado no fichário. Em suas palavras, "os modelos de ondas eram confusos, não faziam sentido".

Para conhecer o modelo do espectro eletromagnético presente no livro, foi preciso auxílio da professora pesquisadora na hora de tatear cada desenho, cada comprimento de onda e seus respectivos nomes. Porém, o aluno afirma que durante o primeiro momento é preciso auxílio para conhecer o material.

É interessante deixar uma aula reservada para que o aluno possa tatear o material com calma e auxiliá-lo no manuseio. Porém, é necessário esse auxílio, até ele se acostumar com o material.

Para Sant'anna e Lírio (2016), é fundamental que a explicação do professor seja acompanhada por recursos acessíveis, disponíveis para toda a turma, de forma que todos possam acompanhar o conteúdo em tempo real.

Finalizada a leitura da apostila impressa e do fichário tátil auditivo os alunos foram convidados a ouvir os áudios dos *QR CODES* das suas apostilas, no entanto

nem todos os alunos conseguiram ouvir todos os áudios. Alguns relataram que o áudio estava baixo e era necessário ouvir em um local mais silencioso, pois dentro da escola havia muito barulho, o que atrapalhava para compreensão do conteúdo.

Dessa forma, o professor ao adotar esse tipo de recurso deve se atentar às dificuldades que podem surgir no momento, por exemplo, os ruídos internos e externos do ambiente, a falta de recursos tecnológicos de alguns estudantes (fone de ouvido ou celular) e internet. Desse modo o planejamento para realização desse tipo de ferramenta tecnológica é imprescindível.

Apesar de alguns estudantes não conseguirem escutar seus áudios por completo, não observamos perdas no processo educativo considerando que o recurso auditivo disponível iria complementar as informações e que o estudante poderia acessar o material em qualquer momento, considerando que a apostila ficaria com o aluno.

Em seguida, com auxílio do *Datashow* o conteúdo que está presente na apostila/fichário, foi projetado no quadro e para somar com a explanação do conteúdo, foram utilizadas as maquetes da onda eletromagnética e do espectro eletromagnético. As maquetes em três dimensões auxiliaram a pesquisadora durante a abordagem do conteúdo, na compreensão das informações não visuais, visto que muitos alunos afirmam não conseguir compreender as imagens/desenhos.

Durante a explicação do conteúdo o aluno tateou as maquetes, e conseguiu fazer uma relação com os desenhos presentes no fichário. Foi possível identificar que as maquetes complementam o fichário tátil auditivo, e permitiu ao aluno com deficiência visual melhor compreensão do modelo de onda.

Essa conclusão pode ser mais precisa ao se identificar com a linguagem de estrutura empírica visualmente independente, proposta por Camargo (2012, p.43). O autor afirma o potencial comunicativo dessas estruturas são:

Tátil-auditiva interdependente e tátil e auditiva independentes: Possuem grande potencial comunicativo, na medida em que são capazes de veicular significados às representações não visuais.

Fundamental auditiva e auditiva e visual independentes: Descrição oral detalhada. A informação dependerá da qualidade da informação descrita, dos significados que pretendem comunicar.

Embora o conteúdo trabalhado abordasse fenômenos físicos não observáveis, o uso dos artefatos contribuiu para criar um canal de comunicação e de forma instrucional complementa a prática pedagógica utilizada.

Para Camargo (2012), por meio da utilização de maquetes e outros materiais que podem ser tocados e observados auditivamente, os significados são vinculados às representações táteis e auditivas, tornando esses significados acessíveis aos alunos com deficiência visual.

Tendo finalizado as apresentações dos artefatos, optou-se pela apresentação dos cartões codificados e explicação de como seria a sua utilização durante o teste conceitual e sobre o uso do aplicativo Plickers®. Esse momento permitiu que os alunos conhecessem o seu cartão, foi possível que o aluno com deficiência visual tateasse e colocasse suas contribuições em relação ao seu uso.

Os alunos participantes da pesquisa, não conheciam o aplicativo Plickers® e ficaram curiosos em relação ao seu uso.

4.2 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA DO TESTE CONCEITUAL

A metodologia ativa mostrou-se um instrumento que proporciona ao aluno com deficiência visual a inclusão, participação de forma ativa permitindo agilidade e interatividade.

Além disso, Diesel, Baldez, Martins (2017) afirmam que as metodologias ativas, quando utilizadas como base para o planejamento de situações de aprendizagem, podem desempenhar um papel significativo no desenvolvimento da autonomia e motivação dos estudantes. Isso ocorre porque essas abordagens promovem um senso de pertencimento e coparticipação, priorizando a experiência prática como ponto de partida, em vez da teorização. Essa mudança de perspectiva permite explorar os diversos caminhos e possibilidades que surgem da realidade histórica e cultural dos indivíduos.

A aplicação da metodologia ativa revelou-se como uma grande surpresa, tanto para o aluno com deficiência visual quanto para os alunos videntes. A proposta com uso do aplicativo Plickers® nunca tinha sido utilizada com o público participante da pesquisa, mostrando-se como um recurso valioso para a comunicação entre os alunos e o professor.

Nas palavras do aluno A: *“Eu gostei muito do cartão. Achei interessante levantar o cartão e o celular ler a resposta da gente”*.

Nas palavras do aluno B: *“Os outros professores poderiam dar aula assim, também, né?!”*

Nas palavras do aluno com deficiência visual: *“eu gostei dos cartões, porque achei mais rápido para responder. O Braille demora muito para escrever minha resposta. Foi muito interessante, porque eu não conhecia. Eu posso responder junto dos colegas”*.

Na perspectiva da teoria histórico-cultural, Vygotsky defende que a constituição do indivíduo não se deve apenas aos processos de maturação orgânica, mas principalmente às suas interações sociais e às trocas estabelecidas com os outros indivíduos. Nesse sentido, as funções psíquicas humanas estão intimamente ligadas ao aprendizado e à apropriação, por meio da linguagem, do legado cultural do seu grupo (Rego, 1995).

O teste conceitual foi realizado com 27 alunos em sala, das quais responderam a questionamentos demonstrados a seguir.

A primeira questão aplicada no teste conceitual, tem por objetivo identificar se os alunos conseguem reconhecer as grandezas importantes relacionadas com as características da onda eletromagnética (Quadro 8).

Quadro 8 - Primeira questão do teste conceitual.

Podemos caracterizar as ondas eletromagnéticas de acordo com a:	
a)	energia, tempo de propagação e aceleração
b)	frequência, comprimento de onda e tempo de propagação
c)	frequência, comprimento de onda e velocidade.
d)	tempo de propagação, velocidade e distância percorrida

Fonte: Acervo Pessoal.

Do total de participantes, 25 alunos responderam corretamente a letra c, embora dois alunos não tenham respondido, a porcentagem de alunos que acertaram foi maior que 70%, o que permitiu passar para análise direta das respostas, sem necessidade de discussão entre os pares.

Nesta etapa do teste, os alunos já haviam pesquisado e estudaram durante a aula expositiva e dialogada sobre as ondas eletromagnéticas, o que contribuiu para os índices de acerto na questão.

Durante a correção da questão, foi comentado sobre a frequência das ondas, a velocidade de propagação e os comprimentos das ondas, utilizando os modelos da maquete espectro eletromagnético (os objetos: antena, micro-ondas, celular, ...), fazendo uma relação que cada objeto ocupa de acordo com sua frequência e como seus comprimentos de onda se comportam. Nesse momento, o aluno com deficiência visual pôde tatear novamente a maquete do espectro eletromagnético, para que este participasse do diálogo, no sentido de abrir um canal de comunicação, a fim de evitar a criação de códigos associados puramente visuais.

Para Camargo (2012), através do potencial comunicativo da estrutura tátil auditiva, por meio do uso de maquetes e outros materiais que podem ser tocados ou ouvidos, os significados são vinculados a representações táteis e auditivas. Essa abordagem permite que os alunos cegos ou com baixa visão tenham acesso a esses significados, tornando-os acessíveis de forma inclusiva.

Não menos importante, foi comentar sobre as unidades de medidas. Durante essa atividade, optou-se somente em comentar que existem as unidades de medidas, no Sistema Internacional de Unidades (SI), para frequência, o Hz (hertz), a velocidade o m/s (metros por segundo), e o comprimento de onda em m (metro).

A segunda atividade (Quadro 9), tem por objetivo verificar se os alunos conseguem identificar a radiação, em ionizante e não ionizante.

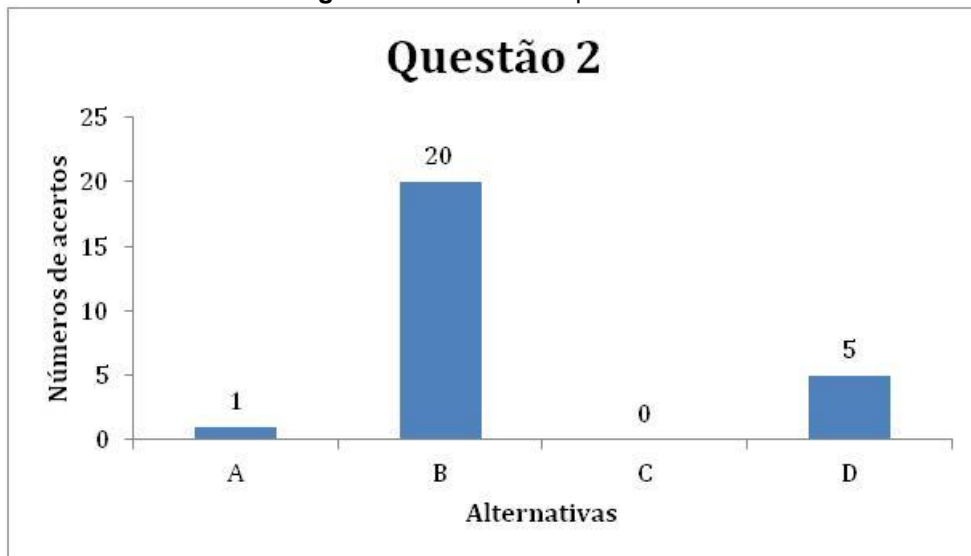
Quadro 9: Segunda questão do teste conceitual.

Dependendo da quantidade de energia, a radiação pode ser descrita como:
a) Ionizante e Magnética
b) Ionizante e não ionizante
c) Elétrica e magnética
d) Não ionizante e elétrica

Fonte: Acervo Pessoal.

Do total de 27 alunos presentes, 26 responderam a atividade, como mostra a figura 19. Mesmo com um aluno não participando dessa atividade, a porcentagem de acertos foi de 74%, o que permitiu passar diretamente para análise da resposta.

Figura 19 - Gráfico da questão 2.



Fonte: Acervo Pessoal.

Na análise da resposta correta foi interessante comentar sobre as interações das radiações eletromagnéticas com a matéria. E que dependendo da energia e do tipo de material, a radiação ionizante (como exemplo os Raio X e o raio gama) tem poder de penetrar e percorrer uma certa espessura, dependendo do material. Talvez seja interessante comentar que mesmo sendo uma radiação ionizante, os Raios X, podem ser produzidos de forma artificial e de forma natural. E que com a descoberta do tubo de Raio X, foi possível contribuir para tratamentos médicos, ou seja, mesmo sendo ionizante, quando controlada podem ser utilizadas na área médica ou em aeroportos, para ajudar a controlar objetos que os passageiros estão despachando.

A terceira questão (Quadro 11) tem por objetivo identificar se os alunos conseguem reconhecer que certas radiações possuem alta frequência e, após a votação, possa comentar sobre a unidade de medida, sobre as frequências de alguns equipamentos e relacionar na maquete do espectro eletromagnético.

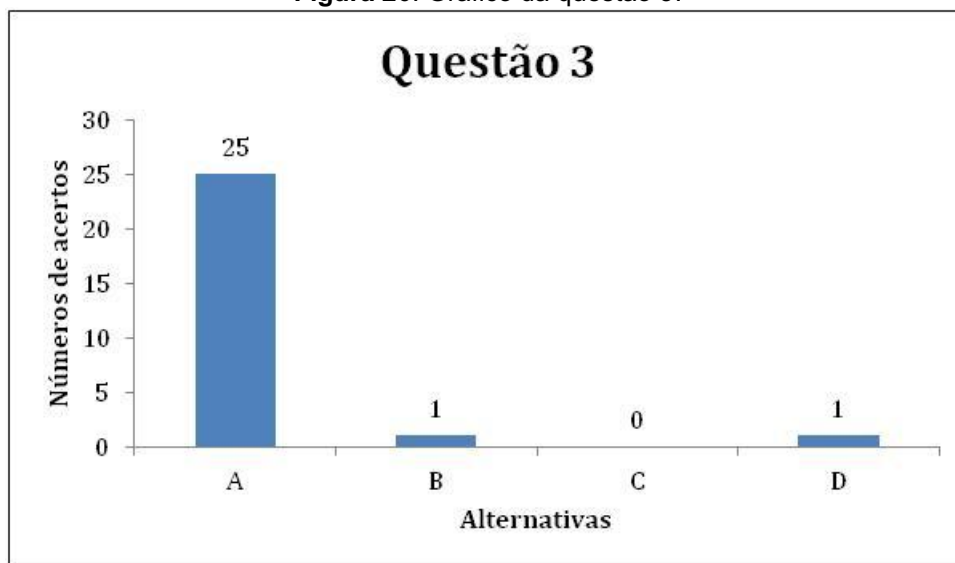
Quadro 11 - Terceira questão do teste conceitual.

Dentre as alternativas abaixo, aquela que relaciona a onda com alta frequência:	
a)	Raios gama
b)	Ondas de Rádio
c)	Micro-ondas
d)	Ondas de TV

Fonte: Acervo pessoal.

Do total de 27 alunos, um aluno optou pela letra B e um aluno optou pela letra D e 25 alunos marcaram a resposta correta e obtiveram 93% de acertos. É possível identificar que os alunos conseguiram diferenciar que as ondas de rádio, TV e micro-ondas, não possuem alta frequência. Sendo assim, não foi necessária discussão entre os pares seguindo para a análise da resposta correta.

Figura 20: Gráfico da questão 3.



Fonte: Acervo Pessoal.

Nesta questão foi bem interessante comentar sobre a frequência de alguns equipamentos/objetos, que estão presentes na maquete do espectro eletromagnético, podendo usá-los para citar como exemplos e mostrando sua posição no espectro de acordo com sua frequência e seu comprimento. Além disso, comentar que a radiação contribui para a comunicação não só via rádio e TV, como também Wi-Fi e GPS.

Nessa atividade o aluno com DV pôde tatear novamente a maquete do espectro eletromagnético, para situar sobre a antena de comunicação e sua posição no espectro.

Sobre a radiação das micro-ondas, é interessante abrir um diálogo para as dúvidas que estão sempre presentes em relação ao aparelho doméstico. Pois esse tema, sempre causa muitas dúvidas e levantou uma discussão entre os pares e foi um momento para debater sobre as dúvidas que os alunos apresentaram.

O CBC (2020), destaca que uma das habilidades a ser desenvolvida é a capacidade de estabelecer relações entre as ondas eletromagnéticas e sua aplicação em diversas tecnologias, bem como avaliar os impactos socioambientais

resultantes do uso dessas radiações. É importante também relacionar essas radiações eletromagnéticas com a evolução dos meios de comunicação e compreender suas implicações na vida humana. Essa abordagem está diretamente alinhada com a questão proposta aqui.

Durante essa atividade, alguns alunos comentaram:

Segundo o aluno C

“meu pai não esquenta comida no micro-ondas, porque causa câncer”,

Segundo o aluno D

“Eu sei que causa, mas esquento porque é mais rápido”.

Outro aluno, fala: *“eu vi na internet, que não pode ficar perto do micro-ondas quando ele está ligado”*.

Neste contexto, os alunos demonstram certa confusão, pois têm conhecimento de que as ondas do aparelho não possuem alta frequência, não são ionizantes e estão contidas dentro de uma estrutura metálica. No entanto, alguns ainda acreditam que o aquecimento de alimentos pode causar câncer, seja por informações transmitidas por familiares ou por meio de leituras na internet.

Ao longo de todo o desenvolvimento do projeto, essa atividade se destacou como a que mais estimulou o diálogo entre os alunos participantes da pesquisa. Ela proporcionou uma oportunidade para que eles compartilhassem ideias construídas fora do ambiente escolar, expressassem suas opiniões pessoais e levantassem questionamentos entre si, enriquecendo assim a interação e a troca de conhecimentos.

A questão 4 (Quadro 12) tem por objetivo, saber se os alunos compreenderão que a radiação traz benefícios e não somente malefícios.

Quadro 12: Quarta questão do teste conceitual.

As radiações podem ser muito úteis tanto no dia a dia quanto na medicina. Porém, ela tem seus riscos quando utilizada de forma incorreta. Uma das vantagens do uso das radiações ionizantes, de forma controlada, para o ser humano é:
a) Poluição ambiental
b) Acúmulo de lixo Radioativos
c) Tratamento de doenças
d) Risco à saúde

Fonte: Acervo Pessoal.

Dos 27 alunos presentes, 26 responderam à questão, atingindo 96% da resposta correta, a letra c, podendo passar para análise da resposta. Interessante o professor comentar nessa questão sobre a utilização da radiação na medicina para tratamento de doenças e que a radiação controlada pode tratar alguns tipos de câncer, como exemplo o de mama.

Essa abordagem é retratada no Currículo Básico do Estado do Espírito Santo (CBC, 2020) na qual aponta que uma das habilidades a ser trabalhada é: Avaliar o papel do avanço tecnológico na aplicação da radiação eletromagnética no diagnóstico (Raios X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia óptica a laser etc.).

Durante a análise da resposta a essa questão, os alunos mencionaram que não tiveram dúvidas ao respondê-la, pois uma professora da turma estava passando por um tratamento de radioterapia e havia explicado sobre o seu próprio tratamento.

Por meio dessa atividade, foi possível estabelecer um diálogo com os alunos sobre tratamentos de saúde que fazem uso da radiação ionizante, bem como sobre os dispositivos médicos que utilizam essa radiação para a prevenção de doenças. Durante o diálogo alguns alunos comentaram sobre o uso da radiação ionizante para o tratamento do câncer.

O aluno F, comentou:

“Eu achava que a radiação só provocava o câncer”.

O aluno G, comentou:

“Eu não sabia que existia radiação para esse tratamento”.

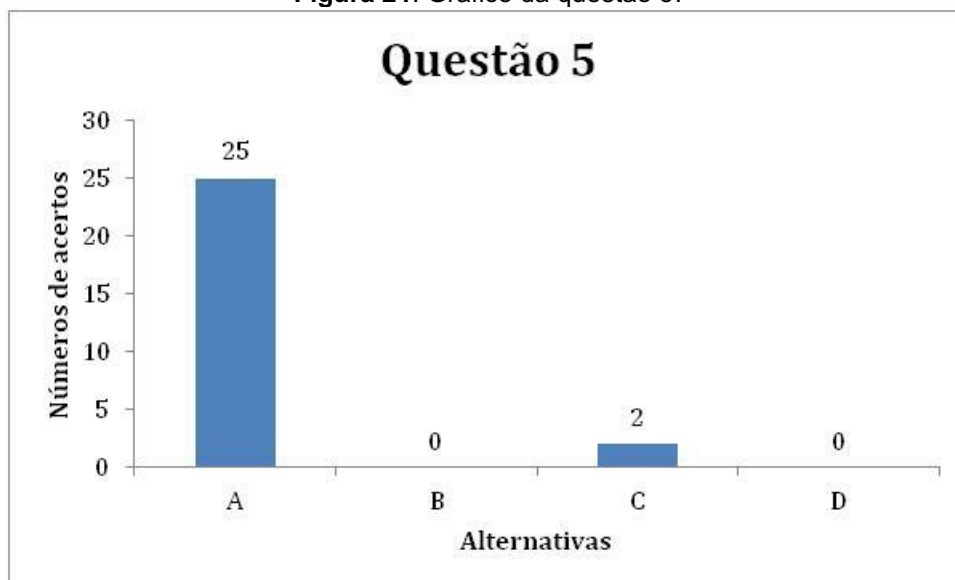
Sabemos que a radiação solar é uma fonte de energia vital para a vida na Terra. Ela desempenha um papel fundamental na manutenção dos processos biológicos e no equilíbrio do nosso planeta. No entanto, essa radiação também possui aspectos negativos para a vida humana. A atividade cinco tem por objetivo, identificar se os alunos possuem conhecimento sobre a exposição à radiação solar, sobre o uso do protetor solar.

Quadro 13: Quinta questão do teste conceitual.

O uso do filtro solar em nossa pele tem por função:
a) Proteção, pois o Sol emite grande quantidade de radiação ultravioleta: UV-A, UV-B, UV-C, e a exposição prolongada pode causar queimaduras na pele.
b) Nenhuma proteção. O sol emite somente luz e calor. Não provocando nenhum dano à pele.
c) Proteção, pois o Sol como fonte de calor irá junto com o filtro solar, proteger a pele
d) Nenhuma proteção. Pois o filtro solar ajuda a aumentar a queimadura na pele

Fonte: Acervo pessoal.

Do total de alunos participantes, 25 responderam letra A e 2 alunos responderam letra C, o que gerou 93% da turma responderam de forma correta, podendo passar para análise direta da resposta.

Figura 21: Gráfico da questão 5.

Fonte: Acervo Pessoal.

Essa atividade proporcionou uma oportunidade para conscientizar os alunos sobre a radiação emitida pelo Sol e o fato de estarmos constantemente expostos a radiações naturais em nosso dia a dia. Foi possível informá-los sobre a importância dos cuidados e da proteção necessária que devemos ter. Além disso, ao abordar as radiações UV-A, UV-B e UV-C, enriquecemos o diálogo e ampliamos o entendimento sobre os diferentes tipos de radiação solar e seus efeitos na saúde humana.

É importante ressaltar que frequentemente nos preocupamos com a radiação emitida por dispositivos eletrônicos, como celulares, mas esquecemos da exposição contínua à radiação solar ao longo de todo o dia. Enquanto nos preocupamos com a

radiação proveniente de fontes tecnológicas, devemos lembrar que a radiação solar é uma presença constante em nossas vidas, durante as 24 horas do dia. É fundamental considerar essa exposição solar e tomar as devidas precauções para proteger nossa pele e nossa saúde, mesmo quando não estamos diretamente expostos a dispositivos eletrônicos.

Além disso, essa pergunta foi proposta considerando que os alunos envolvidos nessa atividade possuem uma ligação direta com a agricultura. Muitos deles são filhos de pessoas que trabalham nas plantações e colheitas de culturas como café, banana, mamão ou coco, que são muito predominantes na região onde a escola está localizada. Essa conexão com a realidade local permite uma compreensão mais contextualizada dos desafios e impactos relacionados à radiação solar nesse contexto agrícola específico.

Mais do que transmitir informação, essa questão abre o diálogo com os alunos para levar o tema da pesquisa para a realidade deles e fazer um alerta, sobre o sentido do que ele está aprendendo com a vida deles.

É válido destacar a importância do banho de sol como uma fonte natural de vitamina D. No entanto, é necessário ter controle e cautela em relação à exposição à radiação solar, pois ela pode causar queimaduras e ter consequências prejudiciais para a pele e os olhos.

Ao adotar o teste conceitual, foi decidido utilizar questões objetivas e teóricas, evitando o uso de equações matemáticas, uma vez que o objetivo deste estudo não envolve cálculos. Nesse sentido, optou-se por uma abordagem mais conceitual, utilizando uma metodologia ativa que fosse acessível a todos os participantes. Essa escolha permitiu uma maior inclusão e participação de todos os envolvidos no estudo.

Para Sasaki (2010) cabe à sociedade eliminar todas as barreiras arquitetônicas, programáticas, metodológicas, instrumentais, comunicacionais e atitudinais, a fim de garantir que as pessoas com deficiência tenham acesso aos serviços, locais, informações e recursos necessários para seu desenvolvimento pessoal, educacional e profissional.

Nesse contexto, verificamos que o uso de questões teóricas com respostas simples permitiu ao professor ler as perguntas para alunos com deficiência visual, possibilitando que ele escolhesse sua opção de resposta. No âmbito desse estudo, foi necessário ler as perguntas e as alternativas pelo menos duas vezes, a fim de

garantir que o aluno com deficiência visual pudesse fazer sua escolha de resposta de maneira adequada. Essa abordagem permitiu a igualdade de oportunidades para todos os participantes.

4.3 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA DA RODA DE CONVERSA

A roda de conversa é uma metodologia de diálogo e interação em grupo, em que os participantes se reúnem para trocar ideias, compartilhar experiências e construir conhecimento de forma colaborativa. É uma prática democrática e participativa, em que todos têm a oportunidade de contribuir e aprender uns com os outros.

Ao promover a troca de ideias e o diálogo aberto, a roda de conversa se torna uma ferramenta poderosa para a construção de conhecimento compartilhado e o fortalecimento dos laços sociais.

Moura e Lima (2014) em seu artigo, descreve a roda de conversa, como uma forma de coleta de dados na qual o pesquisador se envolve como sujeito da pesquisa por meio de sua participação na conversa. Ao mesmo tempo, essa metodologia também produz dados para posterior discussão. Na verdade, a roda de conversa é um instrumento que possibilita o compartilhamento de experiências e o desenvolvimento de reflexões sobre as práticas educativas dos participantes. Isso ocorre por meio da interação com os pares, envolvendo diálogos internos, e por meio da observação silenciosa e reflexiva.

A utilização desse instrumento como meio de coleta de dados, por meio de uma abordagem legítima, possibilitou a obtenção de uma parte dos dados desta pesquisa. Isso permitiu compreender os significados atribuídos pelos participantes ao problema social, levando em consideração suas opiniões, percepções e críticas em relação ao que foi proposto a eles durante o desenvolvimento deste estudo.

Com o intuito de estimular a conversa, foram direcionadas ao grupo alguns questionamentos (Apêndice C), com o objetivo de compartilhar conhecimentos, iniciar a troca de experiências e promover a construção e reconstrução de ideias, seja em relação a novos materiais ou novos conhecimentos propostos. Essas perguntas desempenharam um papel importante na socialização dos saberes e no estímulo ao diálogo colaborativo entre os participantes.

A primeira pergunta: O que vocês acharam da metodologia utilizada?

Tinha por objetivo, saber a opinião dos alunos quanto à metodologia ativa e toda a sequência didática, a forma como foi desenvolvida a pesquisa a partir da aplicação do questionário sobre os conhecimentos prévios até a aplicação do teste conceitual.

Do total dos participantes da roda de conversa, todos comentaram que achou interessante.

Um aluno comentou: “Achei legal. Mas poderia ter brincadeiras”.

Acredito que essa fala tenha relação com as atividades que foram desenvolvidas com eles durante a disciplina do mestrado, práticas de ensino.

O aluno com deficiência visual comentou: “Achei interessante”.

A segunda pergunta: O que vocês acharam dos produtos educacionais?

Tinha por objetivo, saber a opinião deles em relação às maquetes, os áudios e o fichário.

O aluno com deficiência visual apontou que uma das dificuldades encontradas no material acessível se referem às equações matemáticas. Tanto os alunos videntes quanto o aluno com deficiência visual relataram ter dificuldade com as equações usadas para resolver problemas em física. Embora o objetivo deste trabalho não fosse focado nas equações, os alunos mencionaram as dificuldades que enfrentaram quando a matemática estava envolvida. O aluno com deficiência visual afirmou que não conseguiu compreender a equação da velocidade da onda, que estava presente no fichário, nem a representação da letra grega lambda.

Um desafio significativo no ensino de Física para alunos com deficiência visual reside na complexidade da linguagem matemática convencional (CAMARGO, 2016).

Outra questão apontada pelos alunos, como mencionado anteriormente, refere-se à dificuldade de ouvir os áudios durante as aulas. Em determinados dias, não é viável ouvi-los adequadamente na sala de aula. Nesse sentido, uma proposta interessante seria disponibilizar o material de áudio para que os alunos possam ouvi-lo em casa. É importante disponibilizar o material de acordo com a realidade de cada aluno, levando em consideração que nem todos têm acesso à internet ou fones de ouvido. Além disso, os alunos também mencionaram a possibilidade de ter um resumo do conteúdo em vez de áudios longos, o que pode ser uma alternativa a ser considerada.

Uma aluna comenta: *“você poderia ter feito um áudio com explicação, igual fez aqui no quadro pra gente”*.

Durante a exploração dos desenhos da onda eletromagnética e do espectro eletromagnético, presentes no fichário tátil auditivo, o aluno com deficiência visual relatou dificuldades em compreender os conceitos. Ele explicou que se sentiu confuso, mas ao utilizar maquetes, sua compreensão melhorou significativamente. Uma sugestão para auxiliá-lo seria criar áudio descrições das imagens utilizadas. No entanto, o aluno ressalta que é crucial que a pessoa encarregada de realizar essas descrições possua o conhecimento adequado, pois, caso contrário, pode gerar ainda mais confusão.

A terceira pergunta: Houve contribuições para aprendizagem?

Tinha por objetivo, identificar se foi possível compreender os conceitos básicos sobre as radiações ionizantes e não ionizantes. Se os materiais utilizados eram suficientes para compreender o conteúdo.

Dois alunos afirmaram, que foi possível uma compreensão em relação aos conceitos básicos. Mas gostariam de mais aulas. Os outros concordam.

Um aluno afirma: *“Achei os materiais legais. Mas os áudios longos, dá sono. Mas eles podem ajudar a ouvir em casa. Quando quiser, e isso ajuda pra compreender”*.

Outro aluno afirma: *Acho que foi legal! Consegui entender mais sobre as radiações. Onde elas estão.*

A quarta pergunta: O que deveria ser modificado no produto ou na metodologia? Tinha por objetivo identificar falhas e o que poderia ser aperfeiçoado.

Os alunos destacaram o uso do aplicativo Plickers® como o ponto mais interessante da pesquisa. Eles expressaram que não estavam familiarizados com os cartões e o aplicativo, mas ficou evidente a empolgação durante a execução da atividade. Além disso, eles afirmaram que todos conseguiram participar, o que foi uma experiência positiva para todos. No entanto, os alunos mencionaram que gostariam de ver mais questões no teste, sugeriram a realização de uma competição com premiação e apontaram a necessidade de mais tempo para a atividade.

A quinta pergunta: O que poderia acrescentar para melhorar a metodologia? Tinha por objetivo identificar mais contribuições para a metodologia e para as atividades propostas.

Um aluno comenta: *“Brincadeiras”*.

Mas os outros concordam, com a fala do colega. Eles afirmam que só ficar na sala, é chato. Colocar brincadeiras, ficaria mais legal.

Um aluno comenta: *“Mas tem que ser brincadeiras que todos os alunos consigam participar, né!”*

O aluno com deficiência visual comenta: “Acho que poderia ter mais tempo”.

Concordamos com Machado et al. (2015), ao afirmar que as rodas de conversa são espaços coletivos utilizados para a discussão e reflexão sobre uma variedade de temas, podendo ser empregadas com diferentes propósitos, inclusive para o planejamento de ações.

A sequência didática proposta não incluiu nenhuma atividade lúdica, mas é importante ressaltar que os professores têm a opção de acrescentá-la. Uma atividade lúdica acessível, abordando o tema de radiação ionizante e não ionizante, pode proporcionar uma experiência prazerosa aos alunos.

Para Sampaio et al. (2014), a proposta da roda de conversa é criar um espaço para a construção de novas possibilidades, promovendo um processo contínuo de percepção, reflexão, ação e modificação. Nesse contexto, os participantes têm a oportunidade de se reconhecerem como agentes de sua própria ação e de explorar sua capacidade de se tornarem mais.

A última pergunta: Querem deixar algum comentário final? Tinha por objetivo permitir aos alunos um espaço aberto, para comentar algo que não tinha sido falado.

Na última pergunta, um aluno mencionou que não tinha nenhum comentário adicional a fazer, e os outros concordaram. Por fim, eles afirmaram que já haviam expressado todos os comentários sobre o que consideravam importantes e o que poderia ser melhorado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É essencial adotar práticas pedagógicas diferenciadas que despertem a curiosidade dos alunos e os tornem mais participativos. Para isso, é crucial reservar tempo para o planejamento e organizar sua prática pedagógica de forma a atender às necessidades específicas de cada aluno.

De acordo com a pergunta problema da pesquisa ficamos satisfeito com a participação do aluno, visto que a sequência didática e os artefatos utilizados,

juntamente com a metodologia ativa, trabalham em conjunto contribuindo para a aprendizagem dos conceitos fundamentais relacionados às radiações ionizantes e não ionizantes, estimulando maior interação entre os alunos e levando em conta seu contexto histórico e social.

Apesar das limitações visuais dos alunos com deficiência visual, isso não os impede de aprender. O material utilizado pelo professor em aulas específicas deve ser cuidadosamente planejado, levando em consideração a perspectiva de aprendizagem de todos os participantes, garantindo que seja acessível a todos.

Nesse contexto, o uso de maquetes e fichários táteis auditivos são recursos que favorecem a aprendizagem, confirmando a hipótese proposta por esta pesquisa. Esses artefatos possibilitam uma abordagem inclusiva, permitindo que os alunos com deficiência visual tenham acesso às informações de forma tátil e auditiva, facilitando sua compreensão e participação efetiva nas atividades educacionais.

É reconhecido que a principal função da escola é promover o desenvolvimento e a aprendizagem do aluno, levando em consideração suas diversas dimensões. Na sociedade contemporânea, a escola desempenha um papel social, político e pedagógico. Nesse contexto, cabe ao professor atuar como mediador entre o aluno e todo o conhecimento acumulado pela cultura, proporcionando formas de aprendizagem que estimulem e desafiem o aluno, visando seu progresso.

No entanto, seria benéfico se os professores pudessem organizar suas práticas de forma a confeccionar materiais que atendam a todos os alunos. Entretanto, caso a escola em que trabalhem não forneça os materiais necessários para a confecção dos produtos, os professores podem enfrentar dificuldades para elaborá-los fora de seu local de trabalho.

Todo o processo de construção envolve gastos, o que poderá se tornar inviável para alguns professores. Porém, o professor poderá confeccionar com materiais que sejam acessíveis para sua realidade.

Além de utilizar materiais didáticos acessíveis, é necessário superar as barreiras comunicacionais que frequentemente estão presentes nas aulas de física, pois elas costumam se basear principalmente em imagens visuais, o que dificulta o acesso às informações para o aluno com deficiência visual.

Para esse estudo a aplicação da aula expositiva com uso do *Datashow*, não impossibilitou o aluno o acesso às informações que estavam sendo apresentadas,

com tudo, existia um cuidado com o uso de palavras que levem as informações puramente visuais, exemplos: “ considere essa altura”, “aqui podemos observar que a onda...”, “observe aqui que as distâncias entre as cristas”, “observe aqui que as distâncias”.

É fundamental evitar o uso de palavras que remetam exclusivamente à comunicação visual, pois isso impede o avanço no processo de aprendizagem e desenvolvimento dos alunos com deficiência visual. Nesse sentido, os professores devem estar atentos às descrições orais utilizadas durante as atividades. É importante que os recursos instrucionais empregados sejam apoiados em processos comunicativos que envolvam tanto o sentido do tato quanto da audição.

Dessa forma, é possível garantir que os alunos com deficiência visual tenham acesso adequado às informações e possam participar plenamente das atividades educacionais. Os professores devem fornecer descrições detalhadas e precisas, utilizando linguagem oral que seja clara e acessível para transmitir o conteúdo de forma compreensível e inclusiva.

Não menos importante é ressaltar que, antes de organizar sua prática pedagógica, o professor precisa conhecer profundamente os alunos que são o foco da aprendizagem. Ao realizar um diagnóstico cuidadoso, o professor terá a oportunidade de desenvolver atividades que atendam às necessidades individuais de cada aluno.

É essencial obter informações sobre o conhecimento prévio dos alunos em relação ao conteúdo e identificar se há algum aluno na sala com necessidades especiais. No caso de um aluno com deficiência visual, é importante determinar se a deficiência foi adquirida ao longo da vida ou se é congênita. Essa distinção é relevante, pois o aluno que adquiriu a deficiência visual pode ter memórias visuais anteriores, enquanto aquele com deficiência congênita não possui tais memórias. Essas informações possibilitam ao professor abrir caminhos para a construção de materiais acessíveis e que atendam às necessidades do aluno.

Para essa pesquisa, o aluno foco, não possui nenhuma memória visual, e segundo ele houve dificuldade para compreensão do desenho da onda eletromagnética em duas dimensões, o que só foi possível com uso da onda em três dimensões, pois nunca teve contato com o modelo de onda, não fazia nenhuma ideia do formato que são utilizados nos livros didáticos e isso dificultou para sua

compreensão. Ou seja, para ele foi importante trabalhar a explanação do conteúdo apoiado em maquetes em três dimensões.

Porém, não basta adaptar/construir artefatos, o professor precisa ministrar a aula para todos os alunos, evitando atendimento particular dentro da sala de aula com diálogos em voz baixa, no cantinho da sala exclusivamente para o aluno (DV), pois isso pode contribuir para um incômodo.

Diante do exposto, é indispensável ao professor romper barreiras atitudinais para incorporar novas técnicas, novas reflexões sobre suas práticas e ações desenvolvidas, no sentido de consolidar a aprendizagem de todos, evitando práticas que privilegie somente um público, o vidente.

Todas as atividades desenvolvidas foram pensadas em enriquecer a aprendizagem de forma interativa entre os participantes, utilizando materiais acessíveis a todos, de forma a propiciar a comunicação.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A. C. **Produção de Material Didático e Estratégias para o Ensino de Física para Alunos Portadores de Deficiência Visual**. (Dissertação de Mestrado) - Programa de pós-graduação em Ensino de Física. Rio de Janeiro: UFRJ / IF, 2012.
- ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. **Instrução pelos colegas e Ensino sob Medida: Uma Proposta para o Engajamento dos Alunos no Processo de Ensino-Aprendizagem de Física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, v.30, nº.2, p. 362-384, 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular – BNCC*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: < http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/BNCC_19dez2018_site.pdf >. Acesso em: 12/08/2022.
- BUZZÁ *et al.* **Preparação de material tátil-visual torna o ensino dos conceitos de óptica acessível para pessoas com deficiência visual-Exposição “luz ao Alcance das Mãos”**. Preparação de material tátil –visual e conceitos de óptica. Física na Escola. V 16. n 1. 2018.
- BOGDAN, R. C; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto Editora, p. 335, 1994.
- BORTOLI, D. L. **Visitas ao setor de radiologia hospitalar como um recurso potencialmente significativo para o ensino de radiações ionizantes** . Dissertação Mestrado - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2017.
- BATISTA, I. L; SALVI, R. F; LUCAS, L, B. **Modelos científicos e suas relações com a epistemologia da ciência e a educação científica**. In: Atas do *ENPEC*, Campinas, 2011.
- CARVALHO, W. L. P; MARTINS, J. In: NARDI, R.(Org.). **Pesquisas no ensino de Física**. São Paulo. Escrituras Editora, 1998.
- CAMARGO, E. P. de. **Inclusão e necessidade educacional especial: compreendendo identidade e diferença por meio do ensino de física e da deficiência visual**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, p.268. 2016.
- CAMARGO, E. P. de; NARDI, R. Planejamento de atividades de ensino de Física para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** v. 6, nº 2, p.378-401. 2007.
- CAMARGO, E. P. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física**. São Paulo: Editora UNESP, p.274. 2012.
- COSTA, R. A. **Ensino de física: Uma abordagem da Óptica Geométrica para**

Alunos com Deficiência Visual- Dissertação (Mestrado profissional) - Universidade Federal de Lavras, p. 86. 2017.

CBC, SEDU. Disponível em <https://curriculo.sedu.es.gov.br/curriculo/orientacoescurriculares2022/>>. Acesso em 27/07/2022.

DELIZOICOV, D; ANGOTTI, J. A; PERNAMBUCO; M. M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. Colaboração Antônio Fernando Gouveia da Silva. (Coleção Docência em Formação) -3. Ed.- São Paulo, 2009.

DIESEL, A; BALDEZ, A. L. S; MARTIN, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: Uma abordagem teórica. Revista **THEMA**. Centro Universitário Centro Universitário Univates, Lajeado/RS. V.14. Nº 1. P. 268 a 288. 2017.

FIUZA, G. S. **Radiações ionizantes e não ionizantes no ensino médio**. Dissertação (Mestrado). Programa de pós-graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande - UFRG. Rio Grande /RS. 2016.

FRANÇA, S.; SIQUEIRA, M. Propostas didáticas no ensino de física para deficientes visuais: análise de trabalhos em periódicos e eventos nacionais. **Latin-American Journal of Physics Education**. Vol. 13, Nº.4, 2019.

FILHO, M.B.M. **O Ensino de Eletromagnetismo para Alunos com Deficiência Visual**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Física e Química, Catalão, 2015.

FONSECA, G. L. M da.; LIMA, NEUZA, R. W. L. **Manual de produção do livro falado. Departamento Técnico Especializado. Instituto Benjamim Constant**. Curso de Mestrado Profissional em Diversidade e Inclusão. Universidade Federal Fluminense: Rio de Janeiro, p. 62. 2020. Disponível em: http://antigo.ibc.gov.br/images/conteudo/DPPE/Geral_departamento/2021/Colecoes/manual_de_producao_do_livro_falado.pdf. Acesso em 26/09/ 2022.

GIL-PEREZ, D. **Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas**. Enseñanza de las Ciencias, v. 12, nº 2, p. 154-164, 1994.

Gil, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª. ed. - São Paulo: Atlas, 2002.

GODOY, A. S. Pesquisa Qualitativa Tipos Fundamentais. Revista de Administração de Empresas São Paulo, V. 35, Nº.3, p, 20-29 mai./jun. 1995.

GARDELLI, D. **Concepções de Interação Física**: Subsídios para uma Abordagem Histórica do Assunto no Ensino Médio. Dissertação (Mestrado)- Universidade de São Paulo Instituto de Física- Faculdade de Educação, São Paulo, SP, 2004.

GARCIA, Eduardo A. C. Biofísica. São Paulo: Sarvier, 2002.

JUNIOR, M. P. C; FERNANDES, L. B; TATO, A. L; CARVALHO, J. C. Q; CAMARGO, E. P. de. **Inclusão e necessidade educacional especial: compreendendo identidade e diferença por meio do ensino de física e da deficiência visual**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, p.268. 2016.

LEITE, L. P. In. LEONARDO, N. S. T., BARROCO, S. M. S., ROSSATO, S. P. M. (Org.). **Educação Especial e Teoria Histórico-Cultural: Contribuições para o Desenvolvimento Humano**. 1ª Ed. Curitiba. Appris, 2017.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, MARLI E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MAZUR, E. **Peer Instruction: A revolução da Aprendizagem Ativa**. Tradução: Anatólio Laschuk.- Porto Alegre: Penso, 2015.

MACHADO, A. C. S.; STRIEDER, R. B. **Ensino de Física para deficientes visuais: Uma revisão a partir de trabalhos apresentados em eventos**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Católica de Brasília. Brasília-DF. P.37. 2010.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MACHADO *et al.* **Roda de Conversa como Ferramenta de Planejamento de Ações: relato de experiência**. Revista Eletrônica Gestão & Saúde. Vol. 6 (Supl. 1). Março, 2015 p.751-61.

MOURA, A. F; LIMA, M. G. A Reinvenção da Roda: Roda de Conversa: Um Instrumento Metodológico Possível. **Revistas temas em Educação, João Pessoa, V. 23, n.1, p.98-106. Jan-jun.2014.**

MORAES, R; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva: Processo Reconstutivo de Múltiplas Faces**. Ciência & Educação, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

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

NOVAK, J. D.; GOWIN, B. D. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano, 1996.

NUSSENSVEIG, H. M. **Curso de física básica, 3: Eletromagnetismo**. Livro eletrônico. 2. Ed. São Paulo: Blucher, 2015.

PLOTZ, T; FITZGERALD, B. W. **Super-heróis do espectro eletromagnético: Uma forma não tradicional de ensinar a radiação ionizante**. EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 2021.

PIVATTO, W. B. **Os conhecimentos prévios dos alunos como ponto referencial para o planejamento de aulas de Matemática: análise de uma atividade para o estudo de Geometria Esférica**. Revemat, Florianópolis, v. 9, nº 1, p. 43-57, 2014.

PRODANOV, C.C. FREITAS, E. C. de. **Metodologia do Trabalho Científico [recurso eletrônico] : métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico** . – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REGO, T. C. **Vygotsky: Uma perspectiva histórico-cultural da educação. Educação e Conhecimento-** Petrópolis, RJ. Vozes, 1995.

ROSSATO, S. P. M; LEONARDO, N. S. T; LEAL, Z. F. R. G. In. LEONARDO, N. S. T., BARROCO, S. M. S., ROSSATO, S. P. M.(Org.). **Educação Especial e Teoria Histórico-Cultural: Contribuições para o Desenvolvimento Humano**. 1ª Ed. Curitiba. Appris, 2017.

ROMAGNOLLI, G. S. E.; ROSS, P. R. **Inclusão de aluno com Baixa Visão na rede pública de ensino: Orientação para professores**. Curitiba, 2008. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1109-2.pdf>. Acesso em: 03 de agosto de 2022.

SANTOS, B. S. **Um discurso sobre as ciências**. Porto: Afrontamento, 2002.

SANTA'ANNA, N. F; LÍRIO, L. M. Biologia da visão e a inclusão escolar de deficientes visuais. In: Guimarães, D. N: Melo, D.C.F (org.). **Educação e direito: Inclusão das pessoas com deficiência visual**. Brasil Multicultural, cap.1, p. 20-35, 2016.

SAHAGOFF, A. P. C in JUNIOR, J. M. A; SOUZA, L. P.S; SILVA, N.L.C (Org.). **Metodologias ativas: práticas pedagógicas na contemporaneidade**. Campo Grande: Editora Inovar, 2019. 203p.

SAMPAIO *et al*. Limites e potencialidades das rodas de conversa no cuidado em saúde: uma experiência com jovens no sertão pernambucano. **Comunicação em saúde**, Interface (Botucatu) Pernambuco, Brasil; 18 Supl 2:1299-1312, 2014.

SASSAKI, R. K. **Inclusão: Construindo uma sociedade para todos**. 8ª edição. Rio de Janeiro, WVA, 2010.

VIGOTSKII, L. S; LURIA, A. R; LEONTIEVE, A. N. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. Coleção Educação Crítica. Ícone: Editora da Universidade de São Paulo, 1998.

VIGOTSKI, L. S. **Obras Completas-Tomo Cinco: Fundamentos da Defectologia**. Tradução do Programa de Ações Relativas às Pessoas com necessidades especiais (PEE)- Cascavel, PR: EDUNIONESTE, 2022.

VICTOR. S. L; CAMIZÃO. A.C. In. LEONARDO. N. S. T.; BARROCO, S.M. S; ROSSATO.S.P.M (Org.). **Educação Especial e Teoria Histórico-Cultural: Contribuições para o Desenvolvimento Humano**. 1ª ed. Curitiba: Apris, 2017.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO PRÉVIO

Atividade: Aplicar um questionário individual que tem por finalidade fazer o levantamento prévio com os alunos sobre o conteúdo que será trabalhado.

Q1) Você já ouviu falar sobre radiação? Onde?
Q2) O que você entende por radiação?
Q3) No dia a dia convivemos com algum tipo de radiação? Se sim, cite um exemplo.
Q4) Você acha que toda radiação traz malefícios? Justifique a sua resposta.
Q5) Você acha que toda radiação traz benefícios? Justifique a sua resposta.

APÊNDICE B – QUESTÕES PARA O TESTE CONCEITUAL

Atividade: Teste conceitual. Metodologia Ativa Instrução Por Pares. Questões norteadoras que serão utilizadas no terceiro objetivo específico.

Q1) Podemos caracterizar as ondas eletromagnéticas de acordo com a:

- a) Energia, tempo de propagação e aceleração
- b) frequência, comprimento de onda e tempo de propagação
- c) frequência, comprimento de onda e velocidade
- d) tempo de propagação, velocidade e distância percorrida

Q2) Dependendo da quantidade de energia, a radiação pode ser descrita como:

- a) Ionizante e Magnética
- b) Ionizante e não ionizante
- c) Elétrica e magnética
- d) Não ionizante e elétrica

Q3) Dentre as alternativas abaixo, aquela que relaciona a onda com alta frequência:

- a) Raios gama
- b) Ondas de Rádio
- c) Micro-ondas
- d) Ondas de TV

Q5) As radiações podem ser muito úteis tanto no dia a dia quanto na medicina. Porém, ela tem seus riscos quando utilizada de forma incorreta. Uma das **vantagens** do uso das radiações ionizantes para o ser humano é:

- a) Poluição ambiental
- b) Acúmulo de lixo Radioativos
- c) Tratamento de doenças
- d) Bombas atômicas

Q6) O uso do filtro solar em nossa pele tem por função:

- a) Proteção, pois o Sol emite grande quantidade de radiação ultravioleta: UV-A, UV-B, UV-C, e a exposição prolongada pode causar queimaduras na pele.
- b) Nenhuma proteção. O sol emite somente luz e calor. Não provocando nenhum dano a pele.
- c) Proteção, pois o Sol como fonte de calor irá junto com o filtro solar, proteger a pele.
- d) Nenhuma proteção. Pois o filtro solar ajuda a aumentar a queimadura na pele.

APÊNDICE C – QUESTÕES NORTEADORAS PARA RODA DE CONVERSA

O que vocês acharam da metodologia utilizada?
O que vocês acharam dos produtos educacionais?
Houve contribuições para aprendizagem?
O que deveria ser modificado no produto ou na metodologia?
O que poderia acrescentar para melhorar a metodologia?
Querem deixar algum comentário final?

APÊNDICE D – TEXTO BASE QUE FOI UTILIZADO PARA OS ÁUDIOS E CONFEÇÃO DOS ARTEFATOS

Texto base para os áudios As ondas eletromagnéticas

Define-se uma onda como uma perturbação que atravesse um determinado meio. As ondas mecânicas exigem um meio material (um metal, por exemplo) para se propagarem. As ondas eletromagnéticas, no entanto, não requerem a existência de um tal meio para se propagarem. Ou seja, elas se propagam no vácuo.

Na década de 1860, o físico escocês Maxwell desenvolveu uma teoria matemática na qual generalizou os princípios do Eletromagnetismo. A teoria proposta por Maxwell previu a existência de um novo tipo de onda, as ondas eletromagnéticas.

As ondas eletromagnéticas surgem como consequência de dois efeitos: um campo magnético variável produz um campo elétrico, e um campo elétrico variável produz um campo magnético. Esses dois campos em constantes e recíprocas induções propagam-se pelo espaço.

Fonte Disponível em: Fonte: Ramalho, Nicolau, Toledo, 2009.

Características das ondas

De acordo com Maxwell, se em um ponto P (**fig. 1**) produzirmos um campo elétrico variável E , este induzirá um campo magnético B que irá variar com o tempo e com a distância ao ponto P .

Essa indução recíproca de campos magnéticos e elétricos, variáveis com o tempo e com a distância, torna possível a propagação dessa sequência de induções através do espaço. Ele denominou essa propagação como ondas ou radiações eletromagnéticas.

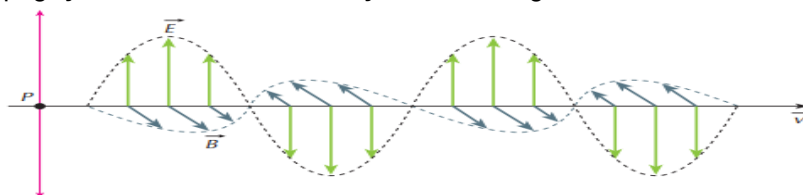


Figura 1. As ondas eletromagnéticas correspondem à propagação no espaço de campos elétricos e magnéticos variáveis, gerados por cargas elétricas oscilantes.

Disponível em: Fonte: Ramalho, Nicolau, Toledo, 2009.

Podemos caracterizar uma onda eletromagnética da mesma forma que caracterizamos as ondas em geral: pela sua frequência (f), seu comprimento de onda (λ), sua velocidade de propagação (v) e sua amplitude (A).

Amplitude (A): é a altura que a onda pode alcançar. Em termos físicos, a amplitude nos traz a intensidade da onda. Como temos pontos altos (cristas) e pontos baixos (vales) nas ondas, chamamos esses pontos de amplitude máxima e amplitude mínima, respectivamente, e sua unidade de medida é o metro (m).

Velocidade (c): é a velocidade da onda no meio. No vácuo, esse valor é maior e constante, igual à [velocidade da luz](#), aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s. Sua unidade de medida é o m/s.

Frequência (f): é a oscilação completa de uma onda. Sua unidade de medida é o hertz (Hz) e ela é calculada por meio do inverso do período (tempo para completar uma oscilação, medido em segundos). Dado por:

$$f = \frac{1}{T}$$

Comprimento de onda (λ): é o espaço que a onda percorre para completar uma oscilação (um ciclo). Essa medida pode ser feita entre dois vales, duas cristas ou entre o começo de uma crista e o final de

um vale. Sua unidade de medida é o metro (m).

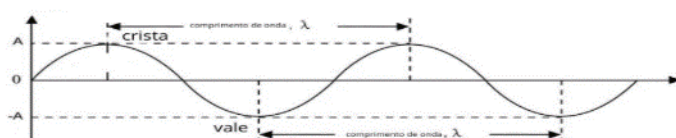
A equação que relaciona a velocidade de propagação da onda eletromagnética com sua frequência e comprimento de onda é dada por :

$$v = \lambda f$$

v - velocidade de propagação (m/s)

λ - comprimento de onda (m)

f - frequência (Hz)



Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/as-ondas-eletromagneticas.htm>

Quando uma onda possui um comprimento muito baixo, a quantidade de cristas que viajam no espaço em determinado tempo é maior e que, nessa situação, podemos dizer que sua frequência é maior. Para esclarecer esse conceito, dizemos que a frequência de uma onda é a razão entre a quantidade de ciclos que ela realiza durante sua propagação e dado intervalo de tempo. Quanto maior o comprimento da onda, menor será a frequência e menor comprimento de onda, maior será a frequência.

Espectro Eletromagnético

Existe uma variação ampla e contínua nos comprimentos de onda e frequências das ondas eletromagnéticas. O espectro eletromagnético está dividido em Radiações ionizantes e não ionizantes.

Na **figura 2**, temos um resumo dos diversos tipos de ondas eletromagnéticas, chamado espectro eletromagnético, as frequências estão em hertz e os comprimentos das ondas em metros.



Fig. 2. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>

As ondas de Radiofrequência

As ondas utilizadas para a transmissão de sinais de rádio e televisão costumam ser chamadas ondas de radiofrequência (RF). As ondas RF com frequência entre 10^4 e 10^7 Hz (ondas curtas de rádio) são muito bem refletidas pelas camadas ionizadas da atmosfera superior (ionosfera). Outra característica das ondas de rádio, que as faz extremamente úteis na transmissão de informações, é o fato de apresentarem comprimentos de onda de dezenas a milhares de metros. Assim, elas podem se difratar com facilidade ao redor de obstáculos de dimensões da mesma ordem de grandeza, como árvores, edifícios e mesmo pequenas elevações. Entretanto, as grandes montanhas podem constituir

obstáculos intransponíveis. Daí a importância de estações repetidoras, que recebem os sinais e os reenviam para pontos que normalmente seriam inacessíveis.

As ondas RF para a transmissão de sinais de televisão têm frequências em torno de 10^8 Hz e comprimento de onda de cerca de 1 metro. Essas ondas não são refletidas pela ionosfera. Então, para serem captadas a distâncias superiores a 75 km, são necessárias estações repetidoras entre a emissora e os locais de recepção. Entretanto, se as distâncias forem muito grandes, como na transmissão de um continente a outro, utilizam-se satélites artificiais.

Micro-ondas

As denominadas micro-ondas são ondas eletromagnéticas com frequência entre 10^9 e 10^{11} Hz, aproximadamente, e comprimentos de onda entre 1 m e 1 mm. Existem inúmeras aplicações dessas ondas, entre as quais se destacam os telefones celulares, o forno de micro-ondas e o radar. Entretanto, as faixas de micro-ondas são específicas para cada uma dessas aplicações. As micro-ondas na faixa de 300 MHz a 300 GHz, denominadas ondas de radar, são utilizadas na detecção de aviões, navios e outros veículos. A telefonia celular é atualmente a mais importante aplicação das micro-ondas, utilizando ondas na faixa de 850 MHz a 2.200 MHz.

Luz visível, infravermelho e ultravioleta

A retina do olho humano é sensível à radiação eletromagnética de uma pequena faixa de comprimento de onda, em torno de 10^{-6} m. O maior comprimento de onda da luz visível (aproximadamente $7,5 \cdot 10^{-7}$ m) dá a sensação de vermelho. À medida que o comprimento de onda diminui, a sensação de cor muda para alaranjado, amarelo, verde, azul, anil até atingir o violeta, que tem o menor comprimento de onda (aproximadamente $4,0 \cdot 10^{-7}$ m). A esses comprimentos de onda correspondem aproximadamente as frequências $4,0 \cdot 10^{14}$ Hz (luz vermelha) e $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz (luz violeta).

A radiação infravermelha tem comprimento de onda intermediário entre o da micro-onda e o da luz vermelha, e é assim denominada por ter frequência menor que a da luz vermelha. A radiação infravermelha constitui o chamado calor radiante.

A radiação ultravioleta tem comprimento de onda menor e frequência maior que os da luz violeta, daí seu nome. O Sol emite grande quantidade de radiação ultravioleta.

De acordo com o comprimento de onda, a radiação ultravioleta é dividida em três faixas:

- ultravioleta longo (UV-A), de comprimento de onda variando entre $4 \cdot 10^{-7}$ m e $3 \cdot 10^{-7}$ m, que é a menos energética e está associada ao bronzeamento, pois estimula a produção de um pigmento chamado melanina, responsável pelo escurecimento da pele;
- ultravioleta médio (UV-B), de comprimento de onda variando entre $3 \cdot 10^{-7}$ m e $2 \cdot 10^{-7}$ m, é mais energética que a anterior, sendo a que provoca a vermelhidão da pele;
- ultravioleta curto (UV-C), de comprimento de onda variando entre $2 \cdot 10^{-7}$ m e $4 \cdot 10^{-9}$ m, é altamente energética, sendo em grande parte absorvida, na atmosfera superior, pela camada de ozônio que envolve a Terra.

Raios X e Raios Y

Em 1895, Wilhelm Roentgen descobriu que, quando um feixe de elétrons em movimento muito rápido atinge um alvo metálico, uma radiação é emitida. Essa radiação é constatada por meio de inúmeros efeitos, como sensibilizar chapas fotográficas e atravessar corpos opacos à luz.

Por desconhecer sua natureza, Roentgen denominou essas radiações de raios X. Atualmente sabemos que os raios X são ondas eletromagnéticas com frequências ainda maiores do que as da radiação ultravioleta. O poder de penetração dos raios X depende também do material penetrado. Os raios X são bastante absorvidos pelos ossos humanos, que contêm cálcio (material de alta densidade), e atravessam especialmente tecidos moles, como a pele humana.

Os raios X devem ser utilizados com grande cautela. Os operadores de aparelhos de raios X geralmente se protegem com aventais de chumbo, metal cuja alta densidade retém eventuais radiações que possam atingi-los, além de um crachá que avalia o grau de exposição à radiação em dado intervalo de tempo. Algumas espécies de células doentes são destruídas mais facilmente por

raios X do que células sadias. Portanto, feixes de raios X cuidadosamente controlados podem ser usados no tratamento de algumas doenças, como, por exemplo, o câncer. As radiografias são pouco eficientes na visualização de determinadas estruturas quando há superposição de órgãos. É por meio da tomografia computadorizada que se pode obter uma imagem melhor de qualquer parte do corpo.

Existem ondas eletromagnéticas com frequências ainda mais altas do que as dos raios X. São os chamados raios γ . A radiação γ é emitida pelos núcleos instáveis dos elementos radioativos, que se desintegram natural ou artificialmente.

Fonte: Ramalho, Nicolau, Toledo, 2009.

Radiações

Para estudar as radiações, é necessário compreender tanto a quantidade de energia envolvida nos processos radioativos, quanto seus impactos na sociedade e no ambiente. Em razão de grandes acontecimentos históricos, como a explosão da bomba atômica durante a Segunda Grande Guerra Mundial, em 1945, e o vazamento de material radioativo na Usina Nuclear de Chernobil, em 1986, as radiações assumiram um papel negativo para a sociedade. No entanto, elas não são as vilãs do mundo.

Radiação caracteriza-se como um conceito genérico, isto é, serve para todo tipo de onda eletromagnética e todo tipo de partícula que transporta energia. Para diferenciar os tipos de radiação tomando como ponto de partida os conceitos de comprimento de onda, frequência e energia.

As radiações ainda podem ser classificadas como ionizantes e não ionizantes. A radiação não ionizante tem menos energia do que a radiação ionizante, sendo exemplos desta radiação as micro-ondas ou ondas de rádio e televisão, que têm seu efeito limitado à geração de luz ou calor. Por sua vez, a radiação ionizante consiste em ondas eletromagnéticas com energia suficiente para fazer com que as partículas de cargas negativas (elétrons) se desprendam do átomo, alterando assim sua estrutura – em um processo conhecido como ionização.

O tipo de radiação ionizante mais conhecido é o raio X, usado em equipamentos de radiografia para fins médicos. A radiação ionizante penetra nos corpos de acordo com seu tipo e sua energia, e cada tipo de radiação tem um poder diferente de penetração e causa diferentes graus de ionização na matéria. Como exemplo, podemos citar os danos causados no DNA quando ele é submetido às radiações ionizantes e o contato com essas radiações causa mudanças na estrutura do DNA, provocando as chamadas mutações.

Quanto maior o comprimento de onda, menor a quantidade de energia transportada nela e, conseqüentemente, menor o poder de atuação dessa radiação. As ondas com menores comprimentos de onda, por sua vez, possuem frequências maiores, resultando em maior transporte de energia e em um forte potencial de atuação dessa radiação. A radiação gama, por exemplo, que possui grande poder de transformação da matéria, tem seu comprimento de onda muito pequeno quando comparado com outras radiações e, por conseguinte, transporta uma quantidade de energia muito maior.

Os três tipos básicos de radiação: as partículas alfa e beta e os raios gama. Elas são emitidas durante as transformações que ocorrem nos núcleos de átomos instáveis e liberam energia em forma de radiação até ficarem estáveis. Cada uma dessas radiações apresenta diferente grau de penetração na matéria. Assim, as partículas alfa podem ser bloqueadas por uma folha finíssima de alumínio, já as partículas beta requerem alguns milímetros de uma barreira como o alumínio para bloqueá-las, enquanto a radiação gama requer materiais muito mais densos para bloqueá-la, como chumbo ou concreto.

Todas as radiações que são emitidas a partir do núcleo dos átomos são chamadas de radiação nuclear. Essas radiações também são importantes para o uso médico, por exemplo, no tratamento de hipertireoidismo com as partículas beta, no tratamento de câncer com os raios gama e na realização de exames por meio de tomografia por emissão de pósitrons (partículas beta).

Disponível: https://plurallcontent.s3.amazonaws.com/oeds/NV_ORG/PNLD/PNLD20/Telaris_Ciencias/9ano/03_BIMESTRE/08_VERSAO_FINAL/03_PDFS/16_TEL_CIE_9ANO_3BIM_Sequencia_didatica_1_TRTAT.pdf

Proteção

As pessoas que trabalham com algum tipo de radiação ionizante devem tomar alguns cuidados em relação a minimizar os efeitos dessa radiação no corpo. Além dos equipamentos de proteção que os trabalhadores devem utilizar, as instalações devem ser adequadas e os trabalhadores precisam de práticas corretas. Alguns controles são:

- Tempo de exposição à radiação.
- Distância.
- Blindagem, por exemplo colete de chumbo para trabalhadores que trabalham com Raio X.
- Controle a exposição: Pessoal, Monitorização da radiação externa e interna, da área.
- Uso de Dosímetro: Aparelho utilizado para medir a exposição do indivíduo à radiação.
- Roupas específicas e cuidados, antes e depois do trabalho com radiação ionizante.

Disponível: http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/lab_virtual/radiacao.html