



**Universidade de Brasília (UnB)
Curso de Especialização em Ensino de Ciências
(Ciência é 10!)**

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: BARRANDO AS
ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

Leilane Lara Moreira Cezar

**Orientador(a): Profa. Dra. Vanessa Carvalho de
Andrade**

**Brasília-DF
2021**

[Leilane Lara Moreira Cezar]

**TÍTULO: ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: BARRANDO AS ONDAS
ELETROMAGNÉTICAS**

Monografia submetida ao curso de pós-graduação *lato sensu* (especialização) em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do certificado de conclusão.

[Orientador(a): Profa. Dra. Vanessa
Carvalho de Andrade]

**Brasília-DF
2021**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

CC425e Cezar, Leilane Lara Moreira
Ensino por Investigação: Barrando as ondas eletromagnéticas / Leilane Lara Moreira Cezar; orientador Vanessa Carvalho de Andrade. -- Brasília, 2021.
31 p.

Monografia (Graduação - Especialização Ciência é 10!) -- Universidade de Brasília, 2021.

1. Ensino de ciências. 2. Ondas eletromagnéticas. 3. Sequência de Ensino por Investigação. I. Andrade, Vanessa Carvalho de, orient. II. Título.



ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: BARRANDO AS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

TEACHING BY RESEARCH: BARRIING ELECTROMAGNETIC WAVES

Leilane Lara Moreira Cezar

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do certificado de conclusão do curso de especialização em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, em (data da aprovação 12/11/2021), apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Profa.Dra: Vanessa Carvalho de Andrade
Orientador

Prof. Dr: Antony Marco Mota Polito, UnB
Membro Convidado

Prof. Dr: Roberto Vinícios Lessa do Couto, UnB
Membro Convidado

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por estar comigo ao longo dessa jornada, me dando força e ânimo.

À minha família pelo suporte em todos os momentos. De forma especial, à minha prima Nizamara, que comigo compartilhou um pouco da sua vasta experiência em pesquisa e em educação.

Agradeço a minha professora orientadora Vanessa, pela paciência, pelo interesse e pelo auxílio em todos os momentos solicitados.

A todos os professores envolvidos nesse curso, pela disposição e ensinamentos, os quais contribuíram de forma significativa para minha formação.

Aos meus colegas de curso, que mesmo à distância, demonstraram companheirismo e amizade.

Aos meus alunos, que aceitaram esse desafio comigo.

Ao Centro de Ensino Fundamental- GAN pela oportunidade de exercer meu ofício.

RESUMO

A Sequência de Ensino por Investigação aqui apresentada se trata do desenvolvimento de uma metodologia que visa abordar o ensino de ondas eletromagnéticas e a blindagem eletrostática, entre alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. O ponto de partida corresponde à proposta de uma questão-problema que leve os alunos a refletir de que maneira podemos barrar uma onda eletromagnética. A sequência compreendeu as seguintes etapas: i) levantamento do conhecimento prévio dos alunos; ii) apresentação da questão-problema; iii) realização da prática experimental; iv) discussão acerca da pesquisa realizada pelos alunos e do relatório elaborado. Durante a realização dessas tarefas, o aluno pode compreender o tema proposto, identificar a problemática, refletir sobre as possíveis soluções e desenvolver habilidades voltadas para a construção do seu conhecimento. Além disso, ele exerceu o protagonismo em seu processo de aprendizagem, uma vez que o aluno, de forma ativa, tomou decisão, pesquisou, argumentou e debateu acerca do conteúdo trabalhado. Os conceitos sobre ondas eletromagnéticas, blindagem eletrostática e cálculos de comprimentos de ondas foram abordados de forma contextualizada, promovendo a melhoria da aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino de ciências. Ondas eletromagnéticas. Sequência de Ensino por Investigação.

ABSTRACT

The Teaching Science as Investigation here, it is about the development of a methodology that aims to approach the teaching of electromagnetic waves and electrostatic shielding, among students of the 9th year of Elementary School. The starting point for the proposal of a problem-question that leads students to reflect that we can stop an electromagnetic wave. The sequence comprised the following steps: i) survey of students' prior knowledge; ii) presentation of the problem-question; iii) carrying out the experimental practice; iv) discussion about the research carried out by the students and the report prepared. During the performance of these tasks, the student can understand the proposed topic, identify a problem, reflect on possible solutions and develop skills to build their knowledge. In addition, he played the leading role in his learning process, as the student actively took a shot, researched, argued and debated about the content worked on. The concepts of electromagnetic waves, electrostatic shielding and wavelength calculations were shaped in a contextual way, promoting an improvement in learning.

Keywords: Science teaching. Electromagnetic waves. Teaching Sequence by Investigation.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
1.1 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	13
1.2 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS COMO TEMÁTICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS	16
2 CASO DE PESQUISA	19
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
3.1 MATERIAIS NECESSÁRIOS	21
3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	22
4 RELATOS E APRESENTAÇÃO DOS DADOS	23
5 ANÁLISE DOS DADOS	29
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
7 REFERÊNCIAS	32

INTRODUÇÃO

Compreender a importância das ondas eletromagnéticas e as formas como elas se apresentam em nosso dia-a-dia permite-nos refletir sobre o impacto gerado pelo seu uso, em nosso cotidiano. Além do mais, essa temática oportuniza o desenvolvimento de diversas atividades voltadas para o ensino e aprendizagem, ressignificando os conhecimentos dos alunos acerca de certos conteúdos escolares.

Os alunos, mais do que nunca, estão inseridos diariamente no ambiente virtual, fazendo uso corriqueiro da internet e certamente, eles também se sentem atraídos por esse tema. Assim sendo, o presente artigo propõe uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) para o ensino de ciências, na qual serão abordados os temas ondas eletromagnéticas e a blindagem eletrostática do celular e do rádio.

A comunicação nos dias de hoje é bem diferente das primeiras formas de comunicação utilizadas pelo homem. A evolução da comunicação a distância passou por diversos processos, muitos deles graças ao aprimoramento dos conhecimentos a respeito das ondas eletromagnéticas.

As ondas eletromagnéticas são oscilações dos próprios campos elétricos e magnéticos (campos variáveis), ortogonais entre si e à direção de propagação que viajam à velocidade da luz carregando energia, momento linear e momento angular. Explorar esse universo invisível amplia nosso entendimento sobre as diversas aplicações das ondas eletromagnéticas.

As ondas eletromagnéticas se propagam em todas as direções e na maior velocidade possível (velocidade da luz de 3×10^8 m/s), tanto no vácuo quanto na presença de matéria. Se considerarmos as diferentes frequências ou os diferentes comprimentos das ondas eletromagnéticas, é possível obter o espectro eletromagnético que se estende desde longos comprimentos de onda, como as ondas de rádio até comprimentos de ondas de dimensões nanométricas, como os raios gama.

Sabendo então que as ondas eletromagnéticas se propagam na maior velocidade possível, de que forma pode-se barrá-las? Essa foi a questão problema apresentada aos alunos. No entanto, em avaliação posterior, percebeu-se que a questão, colocada desta forma, resultou ser muito simplória, pois é necessário evitar questões problemas em que a resposta seja facilmente encontrada a partir de uma rápida pesquisa na internet. Dessa forma, após sua reformulação, a apresentação

aos alunos da seguinte situação problema seria mais apropriada: “Sem desligar o celular ou quebrá-lo, você terá que impedi-lo de receber chamadas, e, para isso, você poderá fazer uso dos seguintes materiais: folha de papel, caixa de papelão e folha de papel alumínio”.

A situação acima proposta se adequaria melhor em uma SEI, pois, daria mais liberdade intelectual ao aluno. Ele realizaria o experimento, levantaria suas hipóteses, interagiria com os colegas, pesquisaria sobre os fenômenos observados e argumentaria a respeito de suas conclusões. No entanto, a atividade aplicada foi bastante diretiva, uma vez que, as aulas estavam sendo ministradas remotamente e os alunos não teriam o suporte necessário para realizar a atividade investigativa.

Participaram da pesquisa, alunos do 9º ano do ensino fundamental da rede pública do Distrito Federal. Com o desenvolvimento do estudo, teve-se como **objetivo geral** promover o ensino-aprendizagem sobre ondas eletromagnéticas, com um enfoque no fenômeno da blindagem eletrostática. Este fenômeno será abordado a partir de um experimento no qual será realizado a blindagem eletrostática do celular e do rádio, simulando a gaiola de Faraday.

Foram **objetivos específicos** da pesquisa:

- Propor uma atividade investigativa com o intuito de levar o aluno a criar um invólucro, o qual permita que o seu interior fique livre das interferências das ondas eletromagnéticas;
- Identificar alguns dispositivos que funcionam como uma gaiola de Faraday;
- Compreender a aplicação da fórmula $\lambda = \frac{v}{F}$ e calcular os respectivos comprimentos das ondas que foram blindadas;
- Estimular a participação dos alunos, tornando-os agentes ativos no processo de ensino-aprendizagem.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nessa seção é apresentada a revisão bibliográfica, na qual se baseou o desenvolvimento desta pesquisa, destacando a metodologia do ensino por investigação com ênfase nos temas: ondas eletromagnéticas e blindagem eletrostática.

1.1 Ensino por investigação

O ensino por investigação baseia-se no fato de que o aluno é o agente principal em seu processo de aprendizagem. As ações desenvolvidas pelo discente permitirão sua aprendizagem e o seu conhecimento prévio, partindo daquilo que ele observa ao seu redor, o ajudará nesse processo. A princípio, como é destacado na citação abaixo, o aluno deve tomar conhecimento de uma problemática a ser investigada.

Segundo SASSERON (2013),

“Uma investigação científica pode ocorrer de maneiras distintas e certamente o modo como ocorre está ligado às condições disponibilizadas e às especificidades do que se investiga, mas é possível dizer que toda investigação científica envolve um problema, o trabalho com dados, informações e conhecimentos já existentes, o levantamento e o teste de hipóteses, o reconhecimento de variáveis e o controle das mesmas, o estabelecimento de relações entre informações e a construção de uma explicação.”. (SASSERON, 2013)

Dessa forma, para iniciar uma sequência de ensino investigativa, deve ser proposto um problema (previamente pensado pelo professor) que leve o aluno a refletir e buscar meios de resolvê-lo, iniciando sua investigação científica. De acordo com os métodos do ensino por investigação pressupostos por Carvalho (2018), devemos ter cuidado com a elaboração do problema e com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno. Deve ser pensada uma pergunta problema que leve os alunos a encontrar quais são as variáveis que interferem na resolução.

Geralmente os problemas didáticos são expressos em forma de perguntas ou situações hipotéticas criadas pelo professor com o intuito de gerar nos alunos um estado psicológico de dificuldade ou “desequilíbrio intelectual”, e conseqüentemente uma motivação para buscar resolvê-lo. Esses problemas didáticos podem ser experimentais ou teóricos, buscando de forma autônoma sua alfabetização científica. Assim, pode-se dizer que os problemas significativos ou instigantes na abordagem investigativa se referem às situações desafiadoras que envolvem fenômenos naturais ou científicos presentes no cotidiano dos estudantes e que despertam interesse, curiosidade e engajamento consciente dos mesmos na busca da sua solução. (SOLINO *et al*, 2018).

A problemática apresentada nesse trabalho foi “De que forma as ondas eletromagnéticas podem ser barradas?”, adaptada, posteriormente para a seguinte

situação problema: “Sem desligar o celular ou quebrá-lo, você terá que impedi-lo de receber chamadas, e, para isso, você poderá fazer uso dos seguintes materiais: folha de papel, caixa de papelão e folha de papel alumínio.”

A primeira pergunta apresentada não leva o aluno a refletir sobre a problemática, pois facilmente ele encontraria a resposta pesquisando na internet. A segunda situação, apesar de não envolver muitas dificuldades, conduz o aluno a primeiramente testar os materiais, observar o ocorrido, tirar algumas conclusões e depois concluir sua investigação por meio de uma pesquisa.

Ao apresentar a problemática, espera-se que os alunos iniciem o levantamento de hipóteses, baseadas em seus conhecimentos prévios, adquiridos ao longo de suas vivências e experimentações. Em uma SEI o professor deve ser o facilitador da aprendizagem do aluno e a todo tempo deve instigá-lo a raciocinar para que o conhecimento novo possa ser construído.

O professor precisa assumir seu papel de mediador, pois o aluno ainda não tem maturidade para conduzir as etapas necessárias ao seu aprendizado. É ele quem aponta as indagações, os problemas a serem investigados e os meios de elucidá-los. De acordo com (SASSERON, 2013) o estímulo ao aluno é papel do professor e perguntas intrigantes e possíveis de responder são um elemento de motivação para a investigação.

Para que a sequência seja bem sucedida, o plano de trabalho deve ser bem estruturado. A definição dos materiais necessários, bem como do experimento e das atividades que serão desenvolvidas necessitam de planejamento. Durante a realização do experimento os estudantes podem compreender melhor o fenômeno ocorrido, ao manipular materiais e registrar os dados obtidos.

A ideia de trazer atividades experimentais sobre o tema é para facilitar a compreensão dos alunos, uma vez que a experimentação faz parte da vida, na escola ou no cotidiano de todos nós. (PCN, 1998).

Na atividade proposta, ao verificar a blindagem eletrostática do forno micro-ondas e do porta-malas, os alunos puderam realizar os testes, manipulando os materiais necessários e conseqüentemente, interpretando o ocorrido com mais propriedade.

A análise dos dados também é uma importante etapa. Os alunos precisam pesquisar e decifrar os resultados obtidos, e na medida que vão compreendendo o ocorrido, também vão construindo o seu saber com protagonismo. Nesse processo, é

fundamental as interações aluno/aluno, pois durante o debate, ambos organizam melhor suas ideias.

A construção do relatório, proposto nesta atividade, o qual envolveu questões sobre a blindagem eletrostática do celular e a testagem do micro-ondas e do porta-malas, necessitou da investigação, por parte dos estudantes, sobre o tema. Isso permitiu que eles aprimorassem o seu conhecimento.

Quando o professor permite e promove situações em que ocorram interações discursivas, está oferecendo condições para que o aluno desenvolva seu lado argumentativo. Para tal fim, as ciências abordadas em sala de aula precisam ser mais do que uma lista de conteúdo disciplinares e devem permitir também o envolvimento dos alunos com características próprias do fazer da comunidade científica; dentre elas: a investigação, as interações discursivas e a divulgação de ideias (SASSERON, 2013). A importância das interações discursivas reside no fato, de que, é por meio do debate que muitas vezes os conhecimentos científicos são organizados.

De posse dos dados obtidos por meio da sua investigação os alunos irão apresentá-las e defendê-las. Durante a interação do grande grupo aluno/aluno/professor, os alunos argumentarão, levantarão suas hipóteses, explicarão o fenômeno, apresentarão os raciocínios hipotético dedutivo, construindo relações compensatórias entre as variáveis, escreverão, construirão autonomia moral e, portanto, eles entrarão sendo introduzidos na cultura científica, aprendendo a falar e a escrever ciências. (CARVALHO, 2018)

Esse momento foi conduzido no segundo encontro com a turma, no qual os alunos puderam defender seus pontos de vista, por meio da interação com os colegas e com a professora. Os argumentos apresentados pelos estudantes ora se complementavam, ora se opunham, e dessa forma, por meio do debate o conhecimento ia sendo construído.

E assim, o aluno estreita sua relação com a ciência sem precisar estar inserido em um laboratório, com vestimentas adequadas, fazendo uso de vidrarias e equipamentos de última geração. Esse estereótipo está longe da realidade de nossos alunos e algumas atividades simples e fáceis de executar são capazes de levá-los em direção à alfabetização científica.

A partir da SEI proposta busca-se aproximar o aluno do conhecimento científico, de forma que ele consiga interpretar os fenômenos ao seu redor e, quando necessário, aplicá-los em seu dia-a-dia.

Dessa forma, acredita-se que uma sequência voltada para o ensino de ondas eletromagnéticas possibilite isso, ao permitir que os alunos criem e testem suas hipóteses, desenvolvam o raciocínio lógico e o compartilhamento de suas descobertas.

1.2 Ondas eletromagnéticas como temática para o Ensino de Ciências

As aplicações do eletromagnetismo provocaram um grande impacto na sociedade moderna. O domínio da teoria eletromagnética permitiu resolver desde os problemas mais simples, como a iluminação de residências e vias públicas, passando por complexas máquinas e equipamentos elétricos de uso residencial e industrial, e finalmente promovendo uma revolução na forma como nos localizamos e nos relacionamos com as pessoas, através do uso de comunicações móveis, sistemas de posicionamento global (GPS) e o advento da internet e das redes sociais. (DARTORA, 2021)

O Eletromagnetismo foi uma das áreas da Física que teve grandes avanços no Sec. XIX, com as contribuições de vários físicos como Oersted, Ampère, Thomson e Faraday que abriram o caminho para James Clerk Maxwell, personagem principal deste trabalho.

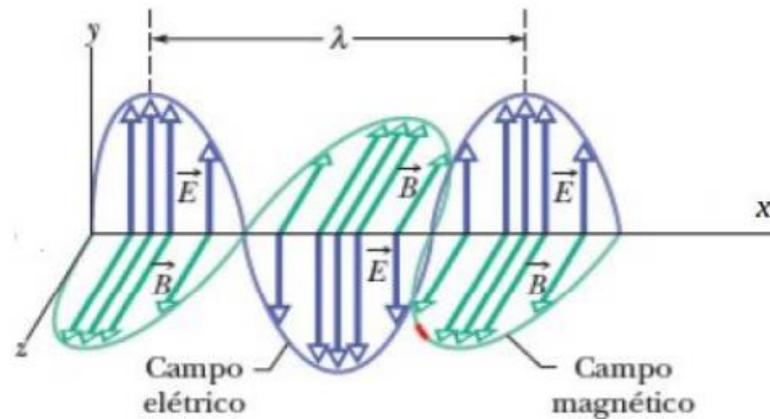
A descoberta de Oersted de que corrente elétrica cria campo magnético e a descoberta de Faraday de que a variação do campo magnético com o tempo cria campo elétrico culminaram na unificação, por meio de Maxwell, da eletricidade e do magnetismo em quatro equações concisas conhecidas como equações de Maxwell. (GRIFFITHS, 1999)

As leis formuladas por Maxwell reforçaram a noção de que os campos elétricos podem ser produzidos por cargas ou por campos magnéticos variáveis, e os campos magnéticos podem ser produzidos por correntes ou por campos elétricos variáveis. Maxwell enfatiza que todos os campos eletromagnéticos são, em última análise, atribuíveis a cargas e correntes.

Com efeito: o campo magnético assim produzido também será variável no tempo, por conseguinte, produzirá por sua vez um campo elétrico variável... e assim por diante. O efeito é auto-sustentado: a onda se propaga. (NUSSENZVEIG, 1997)

Portanto, a interação dos campos elétricos e magnéticos geram as ondas eletromagnéticas, perturbações que se propagam com uma forma fixa em velocidade constante. (HALLIDAY, 2003)

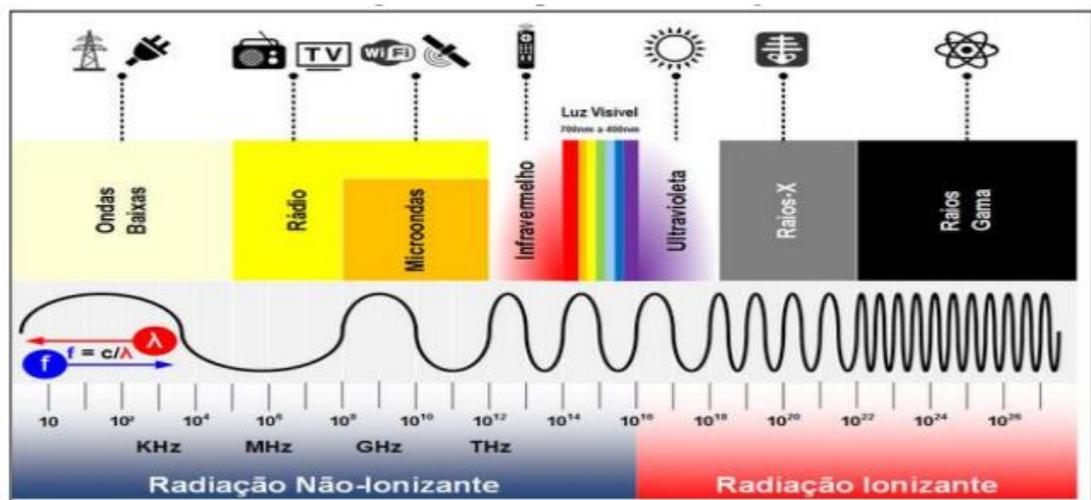
Figura 1: Campo elétrico e magnético, numa onda eletromagnética, se propagando no vácuo e na direção x



Fonte: Halliday, 2003. Fundamentos de Física, Vol. 4

As ondas eletromagnéticas abrangem um espectro que apresenta diferentes frequências e comprimentos de ondas. A figura abaixo demonstra o espectro eletromagnético com o seu intervalo de frequências e comprimento de ondas. A luz visível, a qual o olho humano identifica, possui comprimento de onda entre 400 nm e 780 nm.

Figura 2. Espectro eletromagnético.



Fonte: Disponível em < <http://labcisco.blogspot.com/2013/03/o-espectro-eletromagnetico-na-natureza.html>> Acesso em 11 de novembro de 2021.

Outro fenômeno que será abordado nesta sequência é a blindagem eletrostática, aplicação fundamental da Lei de Gauss e conhecida como gaiola de Faraday. Apesar do termo utilizado ser blindagem eletrostática, sabe-se que esse fenômeno se classifica como eletrodinâmico neste caso, já que resulta da atenuação da onda eletromagnética à medida que percorre o condutor.

Em um condutor qualquer em equilíbrio eletrostático, as cargas elétricas estão distribuídas sobre a superfície do condutor. Dessa forma, o fluxo interno total é zero devido à ausência de cargas internas e, conseqüentemente, o campo elétrico interno também será zero. Formando assim, uma blindagem que protege seu interior dos efeitos, por exemplo, de uma corrente elétrica. (LIMA, 2019)

Em 1836, Michael Faraday (1791- 1867) reproduziu um experimento que ficou conhecido como Gaiola de Faraday (embora o fenômeno tenha sido estudado anteriormente por Benjamin Franklin em 1755, dentre outros cientistas) e para testar este experimento, ele entrou no interior da gaiola, a alimentou com uma fonte de eletricidade, e, ao final, saiu ileso. Esse tipo de gaiola pode bloquear campos elétricos externos estáticos e não estáticos.

A blindagem eletrostática protege determinados componentes contra danos e falhas causadas por campos eletrostáticos externos. O nível necessário da blindagem será determinado pelo nível de campo elétrico que causará a falha.

O forno de micro-ondas atua como uma proteção eletrostática e esse fenômeno é baseado na Gaiola de Faraday, a qual protege o exterior da radiação emitida por ele e também impede que outras ondas adentrem o aparelho.

Com relação ao fato de um material condutor atenuar as ondas eletromagnéticas, é necessário compreender o efeito “*Skin Depth*”, por meio do qual é possível calcular a distância que uma onda penetra determinado material:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi\sigma\mu F}}$$

onde,

δ = profundidade da penetração da onda

σ = condutividade do material

μ = permeabilidade

F = frequência da onda

Dessa forma, pode-se verificar que a profundidade de penetração da onda depende da condutividade elétrica dos materiais e da frequência das ondas eletromagnéticas, ou seja, quanto maior a condutividade e maior a frequência menor será a penetração. Um campo eletromagnético incidindo numa chapa de alumínio de 1 mm não passaria para o outro lado, o que sugere que os condutores são bons isolantes de ambientes para a influência de ondas eletromagnéticas. (SOETHE, 2008)

Na atividade investigativa proposta será realizada a blindagem eletrostática do celular e do rádio, dois meios de comunicação muito presentes em nosso cotidiano e que fazem uso das ondas de rádio em seu funcionamento.

2. CASO DE PESQUISA

A presente pesquisa foi desenvolvida com alunos do 9º ano de uma escola da rede pública do Distrito Federal, situada na Asa Norte, bairro central do DF. Uma vez que as aulas estavam sendo ministradas de forma remota desde março do ano anterior, a atividade investigativa foi proposta por meio de aulas e encontros *online*.

As quatro turmas participantes da pesquisa eram formadas por aproximadamente 30 alunos cada, no entanto, devido à modalidade de ensino a distância, nem todos os alunos permaneciam online. Em média, 15 alunos de cada turma participavam das aulas neste formato. As aulas são ministradas no turno matutino e os alunos apresentam faixa etária de 13 a 15 anos.

Os alunos que frequentam a escola CEF GAN- Centro de ensino fundamental GAN, residem, em sua grande maioria, na região administrativa “Vila Planalto”, pois esta região não possui centros educacionais suficientes para atender toda a população, e como o CEF GAN é próximo da Vila Planalto, recebe muitos alunos oriundos desta região de Brasília. Ressalta-se que mais de 80% dos alunos tem acesso à internet banda larga e possuem celular, tablet ou computador, e, portanto, apresentam meios que os permitem assistirem às aulas *online*.

Com relação ao perfil cognitivo das turmas participantes da pesquisa, percebe-se que grande parte dos alunos apresentam capacidade de entendimento e raciocínio, alguns poucos alunos chegam no ensino fundamental com dificuldades de aprendizagem.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para abordar o tema ondas eletromagnéticas e blindagem eletrostática, a metodologia compreendeu as seguintes etapas: levantamento do conhecimento prévio dos estudantes, proposição da questão-problema, realização de parte do experimento de forma síncrona, realização da segunda parte do experimento pelos alunos, pesquisa das questões propostas por parte dos alunos e a discussão acerca das questões.

É importante ressaltar que a aplicação dessa atividade foi realizada entre os alunos do 9º ano e de forma remota, uma vez que, a rede pública ainda não tinha retornado com as aulas presenciais. Para a realização da atividade foram necessárias duas aulas de aproximadamente 60 minutos cada uma, sendo a primeira aula para a apresentação da problemática e realização do experimento prático e a segunda, para discussão das questões que os alunos pesquisariam.

Para que fosse despertado nos alunos o interesse pelo conteúdo abordado e para que eles pudessem compreender como as Ondas Eletromagnéticas fazem parte do nosso cotidiano, foi mostrado a eles o vídeo chamado “Quer que desenhe? Espectro eletromagnético”, representado na figura 3, com duração de 4:51 minutos:

Figura 3 – Vídeo– “Quer que desenhe? Espectro eletromagnético”



Fonte: <https://www.umsabadoqualquer.com/quer-que-desenhe-espectro-eletromagnetico/>

Posteriormente, o conhecimento prévio dos estudantes foi verificado por meio de perguntas relacionadas ao tema:

1. O que é necessário para que se formem as ondas eletromagnéticas?

2. Como se originam as ondas de rádio?
3. Considerando os diferentes comprimentos de onda e as diferentes frequências, como as ondas eletromagnéticas podem ser classificadas?
4. Qual a utilidade de se criar barreiras capazes de anular a presença de ondas eletromagnéticas?

Como os temas a serem trabalhados com os alunos são ondas eletromagnéticas e blindagem eletrostática, esses questionamentos permitiram averiguar o nível de entendimento que os estudantes apresentavam. Saber a origem das ondas eletromagnéticas, como se formam as ondas utilizadas nas comunicações, quais são as ondas do espectro eletromagnético e se em algum momento a ausência de ondas eletromagnéticas é importante, irão ajudá-los a entender, de forma mais ampla, a atividade proposta.

Os alunos já haviam visto, em aulas anteriores, conceitos básicos sobre ondas eletromagnéticas, como: meios de propagação, ondas longitudinais e transversais, conceitos de elementos da onda (crista, vale, comprimento de onda e amplitude), de frequência, período e velocidade, portanto, já tinham alguma noção sobre o tema.

Em seguida, os alunos foram questionados sobre a possibilidade de barrar as ondas eletromagnéticas. - “Como podemos barrar (blindar) uma onda eletromagnética? Esta pergunta foi o gatilho para que os alunos pudessem argumentar e para que o conhecimento prévio que possuíam sobre o tema fosse externado.

Em seguida, foi mostrado aos estudantes (por meio de slides) como seria realizada a parte experimental da atividade investigativa de acordo com o roteiro descrito abaixo.

3.1 MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 2 telefones celulares;
- 1 rádio de pilha;
- 1 folha de papel;
- 1 folha de papel alumínio.

3.2 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- 1º passo: Embrulhar um dos celulares (neste caso, o celular da docente) em uma folha de papel e ligar para ele. Observar o que aconteceu.
- 2º passo: Embrulhar o celular que estava inicialmente dentro da folha de papel em uma folha de alumínio e ligar novamente para ele. Observar o que aconteceu.
- 3º passo: Sintonizar o rádio em determinada frequência (105,5 MHz) e o embrulhar em uma folha de papel. Observar o que aconteceu;
- 4º passo: Sintonizar o rádio em determinada frequência (105,5 MHz) e o embrulhar em uma folha de alumínio. Observar o que aconteceu.

Esse procedimento experimental foi realizado durante a primeira aula com as turmas de forma demonstrativa e síncrona.

Para ampliar o entendimento sobre o tema, foi solicitado aos alunos que realizassem em suas residências, em outro momento, os procedimentos, a saber:

- Colocar um telefone celular no aparelho do micro-ondas e ligar para ele utilizando outro telefone. Observar o que ocorre;
- Colocar o telefone em um porta-malas e ligar para ele utilizando outro telefone. Observar o que ocorre.

Em seguida, por meio de questões abertas, os alunos puderam relacionar evidências e explicações por meio da pesquisa investigativa.

Após o término do experimento demonstrativo, realizado na primeira aula *online*, o encontro foi finalizado e os alunos receberam a tarefa de pesquisar e registrar as respostas referentes às perguntas abaixo, no formato de um relatório, o qual foi, posteriormente, enviado à professora para ser avaliado. As questões abaixo estão relacionadas com a prática experimental e por isso auxiliarão os alunos a interpretar os fenômenos observados.

Tabela 01- Questões da prática investigativa

Questões sobre a temática Ondas Eletromagnéticas e Blindagem Eletrostática	
1.	Pode-se comprovar experimentalmente que, ao envolver o celular e o rádio AM/FM com o papel, eles funcionaram normalmente. Como é possível explicar esse fenômeno?

2. Ficou comprovado que, ao envolver o celular e o rádio com o papel alumínio, eles deixaram de funcionar. Como se explica o ocorrido?
3. Que nome recebe esse invólucro usado para blindar o seu interior de interferências eletromagnéticas externas? Qual cientista o desenvolveu?
4. E ao colocá-lo dentro do aparelho do micro-ondas, ele funcionou? Explique o ocorrido.
5. Ao colocar o celular no porta-malas de um carro, você observou seu funcionamento ou não? Explique o ocorrido.

Fonte: autora da pesquisa

No momento de redigirem os relatórios, os alunos foram orientados a contactarem os colegas mais próximos para discutirem as questões apontadas, já que eles não puderam se reunir presencialmente e a colaboração entre eles favorece a aprendizagem.

Na segunda aula *online* foi realizada uma discussão aluno/aluno/professor sobre as questões listadas na tabela acima. Os detalhes sobre essa aula estão listados no campo “Análise dos dados”.

4. RELATO E APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Apesar da impossibilidade dos alunos de realizarem a pesquisa de forma coletiva devido às restrições impostas pela pandemia da SARS-CoV-2, por meio das aulas remotas, eles tiveram a oportunidade de aprimorar seus conhecimentos sobre os temas abordados.

A tabela a seguir resume as aulas ministradas e as atividades desenvolvidas.

Tabela 02- Descrição das atividades desenvolvidas

<u>Data da aula online</u>	<u>Atividades realizadas</u>	<u>Recursos utilizados</u>
08/06/2021	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de um vídeo sobre o “Espectro Eletromagnético”; • Levantamento do conhecimento prévio dos alunos; 	<ul style="list-style-type: none"> • Aula transmitida de forma síncrona por meio do Meet. (O experimento foi realizado de forma demonstrativa).

	<ul style="list-style-type: none"> Realização da prática experimental abordando a blindagem eletrostática do celular e do rádio. 	
Intervalo entre 08 a 15/06	<ul style="list-style-type: none"> Elaboração do relatório pelas turmas, contendo as respostas para as questões propostas. 	<ul style="list-style-type: none"> Computador, internet e livros.
15/06/2021	<ul style="list-style-type: none"> Discussão e debate das questões sobre a prática investigativa. 	<ul style="list-style-type: none"> Aula transmitida de forma síncrona por meio do Meet.

Fonte: Autora da pesquisa

A primeira aula online foi realizada dia 08/06/2021 e o vídeo mostrado despertou o interesse dos alunos. Ao iniciar a sabatina sobre as questões correlatas ao assunto, obtive respostas variadas.

Primeira pergunta realizada para averiguar o conhecimento prévio dos alunos:

O que é necessário para que se formem as ondas eletromagnéticas?

Respostas dos alunos:

“Movimento de qualquer coisa.”

“Uma perturbação que gera um campo magnético.”

“Por meio dos átomos.”

“As ondas interagem com alguma coisa elétrica e magnética.”

Segunda pergunta realizada para averiguar o conhecimento prévio dos alunos:

Como se originam as ondas de rádio?

Respostas dos alunos:

“A partir da energia elétrica.”

“Pelo ar.”

“Pelos átomos.”

“Pela energia.”

“Pela antena.”

Terceira pergunta realizada para averiguar o conhecimento prévio dos alunos:

Considerando os diferentes comprimentos de onda e as diferentes frequências, como as ondas eletromagnéticas podem ser classificadas?

“Ultravioleta.”

“Raio-X.”

“Micro-ondas.”

“Infravermelho.”

“Luz visível.”

“Raios gama.”

Quarta pergunta realizada para averiguar o conhecimento prévio dos alunos:
Qual a utilidade de se criar barreiras capazes de anular a presença de ondas eletromagnéticas?

Respostas dos alunos:

“Ninguém pode descobrir onde você tá.”

“A barreira pode ser usada pra (sic) proteger alguém.”

“Senão o avião cai.”

“Não escutar o que está dentro.”

“Vidros que são barreiras para raios ultravioletas e raios-X.”

“Não tem utilidade barrar as ondas eletromagnéticas.”

E, por fim, perguntei aos alunos a questão-problema- “Como podemos barrar (blindar) uma onda eletromagnética?

Algumas das respostas obtidas foram:

“Com algum tipo de metal.”

“Matéria mais densa.”

“Aço e tipos de vidros blindados.”

“Concreto, parede, outras ondas eletromagnéticas.”

“Elevador”.

Em seguida, foi realizada a prática experimental. Quando o celular foi envolvido no papel e um aluno ligou para o número deste celular, o dispositivo tocou normalmente. Ao envolvê-lo na folha de alumínio, a chamada não foi completada.

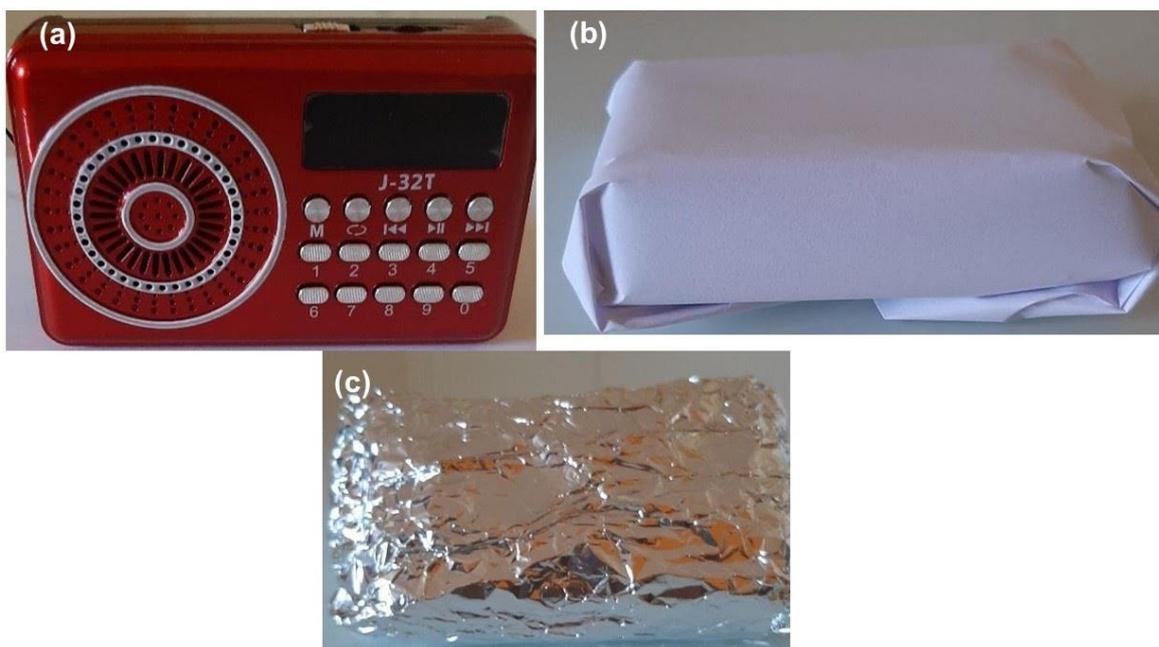
Figura 4- Prática experimental, (a) celular utilizado no experimento; (b) celular envolvido na folha de papel e (c) celular envolvido na folha de alumínio.



Fonte: A autora

Com o aparelho de rádio, foi observado o mesmo. Ao envolvê-lo no papel, as ondas da rádio sintonizada (FM 105.5 MHz) eram transmitidas, mas, ao envolvê-lo na folha de alumínio, a sintonia era perdida.

Figura 5- Prática experimental, (a) equipamento de rádio utilizado; (b) aparelho de rádio envolvido na folha de papel; (c) aparelho de rádio envolvido na folha de alumínio.



Fonte: A autora

Ao finalizar os experimentos, algumas perguntas feitas por eles foram:

“No elevador também ocorre interferência?”

“O tablet funciona dentro do carro?”

“O papel alumínio interfere porque ele é um material condutor?”

“É possível criar uma blindagem com outro material sem ser metal?”

“Que macumba é essa?”

A segunda parte da sequência investigativa consistia nos alunos testarem se dois dispositivos funcionariam como uma gaiola de Faraday. Os dispositivos foram o forno do micro-ondas e o porta-malas de um carro. Em suas residências, eles deveriam colocar o aparelho do celular dentro desses dispositivos, fazer a ligação para ele e observar o que ocorria.

Dos 20 alunos que conseguiram realizar esse experimento em suas residências, 13 responderam que o telefone não tocou quando colocado dentro do micro-ondas, e vários atribuíram isso, ao fato do forno se comportar como uma gaiola de Faraday, não permitindo a entrada das ondas eletromagnéticas. Os demais alunos, responderam que o telefone tocou normalmente, pois o aparelho não vedou completamente a entrada das ondas eletromagnéticas.

De acordo com os alunos, o celular tocou normalmente no interior do porta-malas, o qual não funciona como uma gaiola de Faraday perfeita, pois contém espaços que não são preenchidos por metal condutor.

A seguir são listadas algumas respostas dos alunos.

Pergunta: Ao colocar o celular dentro do aparelho do micro-ondas, ele funcionou? Explique o ocorrido.

“Ele não funcionou pois o micro-ondas é um aparelho blindado e assim o celular não recebeu nenhum tipo de sinal.”

“Não, porque ele não conseguiu receber ondas eletromagnéticas que dão informações pra ele funcionar”

“Não, porque o micro-ondas serviu de uma caixa que isolou todas as ondas eletromagnéticas.”

“O celular dentro do micro-ondas não recebeu nenhum sinal eletromagnético, pois ele é feito de metal e blindou as ondas eletromagnéticas.”

“Não. Quando o aparelho é ligado para aquecer um alimento, o sistema de vedamento impede que ondas eletromagnéticas, tanto do aparelho quanto de fora do aparelho, não saiam e não entrem, respectivamente. Ele se comporta como uma gaiola de Faraday.”

“Não, porque as ondas transmitidas pelo lado de fora tentando uma comunicação com qualquer coisa que houver dentro do micro-ondas é impedida.”

“Não funcionou. O micro-ondas, ele não vaza radiação e nem entra radiação.”

“Não funcionou, o micro-ondas tem um revestimento interno adequado para conter as ondas eletromagnéticas dentro dele. Esse equipamento serve como uma Gaiola de Faraday, que é uma barreira contra campos magnéticos e campos elétricos no interior de materiais condutores.”

“Ele não funcionou, porque um micro-ondas é um condutor fechado, e assim no interior dele o campo elétrico é nulo.”

“Meu celular tocou, acho que a estrutura interna do micro-ondas não bloqueou as ondas eletromagnéticas que entram e saem do aparelho.”

“Sim. Porque o celular recebia mais ondas eletromagnéticas que o normal, pois o aparelho não blindou as ondas eletromagnéticas.”

“Meu aparelho funcionou, acho que a blindagem do micro-ondas não tava (sic) boa, quando coloquei o celular dentro do micro-ondas as ondas do celular conseguiram chegar ao segundo celular.”

“Eu fiz o teste e meu celular recebeu a ligação normalmente. O micro-ondas tinha frestas por onde as ondas eletromagnéticas passavam.”

“Eu consegui ligar para meu celular, pois o micro-ondas não impediu que ondas entrassem e saíssem dele.”

Pergunta: Ao colocar o celular no porta-malas de um carro, você observou seu funcionamento ou não? Explique o ocorrido.

“Ele ainda acaba funcionando pois ainda tem sinal dentro de um porta malas. As ondas chegam até lá facilmente”.

“O porta mala recebe sinais, ou seja, ondas eletromagnéticas, porque ele não se comportou como uma gaiola de Faraday. O celular funcionou normalmente. “

“O celular continua funcionando dentro do porta-malas que não barra as ondas eletromagnéticas.”

“Dentro do porta-malas o aparelho funciona normalmente, já que o telefone continua recebendo ondas eletromagnéticas.”

“Ele funcionou, mas eu tenho pra mim que não era pra ter funcionado, já que o carro tem alumínio.”

“Funcionou. O porta-malas de um carro blindado, assim como o micro-ondas, funciona como uma Gaiola de Faraday. Agora se o carro não for blindado, nós podemos ouvir se encostarmos o ouvido no porta-malas (essa foi a minha experiência). É assim: o excesso de cargas em um condutor se distribui igualmente em suas extremidades e o campo elétrico no seu centro fica nulo. Essa é uma definição da Gaiola de Faraday mais detalhada, também conhecida como blindagem eletrostática.”

“O celular continuou funcionando normalmente, pois não tinha algo o protegendo para que ele não recebesse as ondas do segundo celular.”

“O celular funcionou normalmente, porque não tem nenhum tipo de blindagem no porta-malas.”

“Novamente, o celular funcionou normalmente, mesmo o carro sendo feito de material metálico ele permite que as ondas eletromagnéticas cheguem no porta-malas.”

“Sim, por não bloquear as ondas. O porta-malas não conseguiu blindar as ondas eletromagnéticas.”

5. ANÁLISE DOS DADOS

A sequência didática apresentada teve como objetivo propor uma atividade investigativa. Entretanto, considerando que a aplicação de sequências totalmente abertas encontra desafios na realidade escolar, às vezes incontornáveis, a começar pela própria falta de contato dos estudantes com metodologias ativas, optou-se por diminuir o grau de liberdade dado aos alunos com uma orientação das atividades mais delineada. Assim, a metodologia proposta foi bem diretiva e a professora, praticamente, resolveu o problema, deixando apenas a resolução das questões para os alunos. O fato de as aulas terem sido ministradas de forma remota foi o grande fator limitante para o desenho da sequência, pois a presença do professor durante todo o processo investigativo é fundamental, já que cada aluno necessita de um estímulo diferenciado e a motivação deles, muitas vezes, vem depois de sua participação ser oportunizada pelo professor.

Apesar disso, a atividade desenvolvida possibilitou o desenvolvimento de importantes habilidades e competências no processo de aprendizagem de ciências: os alunos compreenderam como se originam as ondas eletromagnéticas, entenderam que um invólucro metálico é capaz de proteger o seu interior de interferências de campo magnético e identificaram outro dispositivo que se comporta como uma gaiola de Faraday.

As estratégias didáticas adotadas nessa atividade se relacionam com o ensino por investigação pois, inicialmente, foi realizado o levantamento do conhecimento prévio do aluno, com o intuito de verificar o nível de conhecimento dos estudantes acerca do assunto discutido; há a proposição de uma questão-problema por meio de uma prática experimental, cujo papel foi instigar os alunos, motivando-os a levantarem hipóteses e a interagirem com os colegas. A produção do relatório, resultado das investigações dos alunos e a oportunidade de argumentarem sobre os seus pontos

de vistas, também são atribuições do ensino investigativo, as quais ajudam o aluno a buscar sua autonomia e a construir seu próprio conhecimento.

Analisando as respostas dadas pelos alunos sobre os questionamentos feitos durante o levantamento de seus conhecimentos prévios, percebe-se a heterogeneidade de opiniões. As respostas dadas estão de acordo com suas vivências ou com algo que já ouviram ou leram. Para barrar as ondas eletromagnéticas, eles sugeriram materiais que apresentavam certa rigidez, demonstrando certa coerência em suas respostas.

Durante as pesquisas realizadas, as turmas elaboraram os relatórios com os resultados de suas investigações. Ao analisar os relatórios enviados pelos alunos, verificou-se que 70% dos alunos realizaram o relatório. Com relação à explicação sobre o porquê do celular e do rádio não funcionarem quando envoltos pela folha de papel alumínio, a grande maioria respondeu que, pelo fato do papel ser um mal condutor de eletricidade, as ondas chegam normalmente no aparelho do celular e no aparelho de rádio. Já o papel de alumínio, por ser um bom condutor elétrico, impede que as ondas cheguem ao telefone e ao rádio e por isso, eles não funcionaram. Muitos alunos responderam corretamente que o invólucro gerou uma blindagem eletrostática, simulando a “Gaiola de Faraday”.

A segunda parte da sequência foi menos diretiva, já que os próprios alunos puderam verificar se o micro-ondas e o porta-malas se comportariam como uma gaiola de Faraday.

Em nossa segunda aula, as interações aluno/aluno/professor propiciaram o debate e a discussão das questões respondidas pelos estudantes. Procurou-se criar um ambiente, mesmo que virtual, em que o aluno pudesse participar sem medo de errar, dando a eles uma liberdade intelectual. Foi oportunizado aos alunos lerem suas respostas, e caso, algum deles tivesse dado uma resposta diferente, era perguntado se elas eram complementares ou se havia alguma informação incorreta, promovendo situações argumentativas.

Esse foi o procedimento usado no debate para todas as questões propostas. Nem todos os alunos se sentiram à vontade para participar efetivamente da discussão, no entanto, vários contribuíram para que houvesse interação entre eles. Assim, muitos deles puderam argumentar sobre os fenômenos observados e construir, aos poucos, seu próprio conhecimento.

Quanto à prática envolvendo o micro-ondas e o porta-malas, os alunos disseram que foi legal realizar o procedimento, e para alguns o resultado foi inesperado. Alguns relataram que achava que o celular ia explodir, ou que não imaginava que ele ia ficar fora de área. Após o debate, os alunos compreenderam que alguns modelos de micro-ondas funcionam como uma perfeita gaiola de Faraday, enquanto outros não.

Em relação ao porta-malas, um ou outro aluno esperava que o celular não tocasse no interior dele, já que o carro é feito de material metálico, podendo, portanto, blindar as ondas eletromagnéticas. A discussão permitiu que eles compreendessem que o porta-malas não é totalmente envolvido com material metálico, já que há áreas cobertas por estofamentos e assim, o celular funciona normalmente em seu interior. Um dos alunos tranquilizou-se, pois caso um dia ele fosse sequestrado e colocado em um porta-malas ele poderia tentar fazer uma ligação pedindo ajuda.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reafirma-se aqui que, mesmo que a sequência proposta não tenha sido estritamente investigativa, a mesma incorporou alguns elementos característicos das etapas da investigação que certamente possibilitaram trazer a Ciência para mais próximo da vida dos alunos, despertando neles o interesse por esta área de conhecimento.

A partir das respostas elaboradas pelos estudantes verificou-se que muitos deles compreenderam os fenômenos observados e assimilaram conceitos importantes sobre ondas eletromagnéticas e blindagem eletrostática. Ademais, as discussões sobre o certo e o errado, durante a interação no grupo maior aluno/aluno/professor, permitiram as comparações entre os raciocínios apresentados pelos estudantes, promovendo um entendimento melhor sobre os temas abordados.

Os alunos foram motivados a interagir com o professor e a expor suas ideias. Na primeira aula, eles foram instigados a pensarem e a verbalizarem o conhecimento que tinham acerca desse assunto abordado. O mesmo aconteceu no momento da escrita e da apresentação do relatório de pesquisa, no qual eles puderam explorar domínios diferentes de linguagens. Também foi explorada a capacidade de argumentação dos alunos durante as discussões das questões investigadas, quando eles tiveram a possibilidade de expor e também de ouvir outras ideias.

Dessa forma, os conceitos sobre ondas eletromagnéticas, blindagem eletrostática e a descoberta de dispositivos que simulam uma gaiola de Faraday, certamente, foram compreendidos de uma forma diferente daquela corriqueiramente tratada nos livros didáticos e nas aulas tradicionais, pois a prática realizada aproximou os estudantes dos fenômenos a serem estudados.

Entretanto, para que esta sequência assumisse um caráter mais investigativo, os estudantes deveriam ter tido mais liberdade intelectual para resolver a questão problema. Eles próprios decidiriam qual a melhor forma de realizar o experimento e já considerariam suas hipóteses sobre o fenômeno observado. A elaboração do relatório consolidaria a construção do seu conhecimento e durante o debate, o certo e o errado poderiam ser pontos importantes na promoção da argumentação e da interação entre aluno/aluno/professor.

Finalmente, é preciso considerar os desafios em se fazer uma SEI tendo em vista a realidade escolar: o tempo reduzido em sala de aula, o direcionamento às provas de ingresso que engessam o currículo e as dificuldades de boa parte dos estudantes com abordagens mais inovadoras (dado que estão acostumados a aulas estritamente expositivas). Sobrepõem-se a esses fatores as dificuldades adicionais da aplicação da sequência em período pandêmico, com o ensino remoto. Assim, essa foi uma tentativa em se trazer práticas investigativas a um cenário escolar com suas limitações e que permitiu avaliar, de certo modo, algumas das estratégias contidas em uma SEI. A experiência obtida certamente resultou em importantes reflexões e proporcionou o avanço na busca por caminhos para a realização do ensino por investigação, contribuindo, portanto, para o aprimoramento da prática docente.

7 REFERÊNCIAS

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, RBPEC 18(3), 765- 794. Dezembro, 2018.

DARTORA, C.A. Teoria do Campo Eletromagnético e Propagação de Ondas. Livro publicado em 15/07/2021.

Desenho do Espectro eletromagnético”, disponível em <http://labcisico.blogspot.com/2013/03/o-espectro-eletromagnetico-na-natureza.html>

GRIFFITHS, D. J. Introduction to Electrodynamics, 3rd edition (Person Education, New Jersey, 1999)

HALLIDAY, D.; RESNICK, R., and J.Walker. Fundamentos de Física. Vol. 4, pág.1-9. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

LIMA, V.J.Z.S- Propostas de Ensino Teórico e Experimental das Equações de Maxwell no Ensino Médio. Monografia do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2019.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica- 1ª Edição- São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

Parâmetros curriculares nacionais : terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília : MEC/SEF, 1998.

SASSERON, Lúcia Helena. Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor In: Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

Solino, Ana; Sasseron, Lúcia. Investigando a significação de problemas em Sequências de Ensino Investigativo. *Investigações em Ensino de Ciências- V23 (2)* pp. 104-129, 2018.

SOETHE, V *et al.* Influência da espessura de filmes finos de alumínio na atenuação da energia da onda eletromagnética na faixa de micro-ondas (8 – 12ghz). ITA, São José dos Campos, SP, 2008.

VÍDEO – “Quer que desenhe? Espectro eletromagnético”, disponível em <https://www.umsabadoqualquer.com/quer-que-desenhe-espectro-eletromagnetico/>