

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



O ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO PROJETO MUNDIAR DO ENSINO MÉDIO: Uma proposta Interdisciplinar envolvendo Física e Geografia

David Jonathas Borges de Castro

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Pará no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadoras:

Prof. Dra. Silvana Perez

Prof. Dra. Simone da Graça de Castro Fraiha

Belém
Fevereiro de 2020



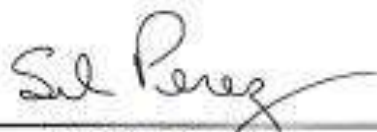
PARECER DA BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA.

TEMA: "O ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO PROJETO MUNDIAR DO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR ENVOLVENDO FÍSICA E GEOGRAFIA".

A Banca Examinadora composta pelos Professores: Dra. Silvana Perez (Orientadora), Dra. Maria da Conceição Gemaque de Matos (Membro Interno), e Dra. Nilzilene Gomes de Figueiredo (Membro Externo), consideram o candidato DAVID JONATHAS BORGES DE CASTRO.

APROVADO

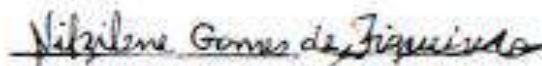
Secretaria do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Pará, em 17 de fevereiro de 2020.



Profa. Dra. Silvana Perez
(Orientadora - MNPEF - UFPA)



Profa. Dra. Maria da Conceição Gemaque de Matos
(Membro Interno - MNPEF - UFPA)



Profa. Dra. Nilzilene Gomes de Figueiredo
(Membro Externo - UFOPA)

FICHA CATALOGRÁFICA

S586p Castro, David Jonathas Borges de
O ensino de ondas eletromagnéticas no projeto Mundial do ensino médio: uma proposta interdisciplinar envolvendo Física e Geografia / David Jonathas Borges de Castro - Pará: UFPA / ICEN, 2020.
viii, 77 f.: il.;30cm.
Orientadora: Silvana Perez
Coorientadora: Simone da Graça de Castro Fraiha

Dissertação (mestrado) – UFPA / Instituto de Ciências Exatas e Naturais/ Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física/ Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2020.
Referências Bibliográficas: f. 78-80.
1. Ensino de Física. 2. Eletromagnetismo. 3. Atividades Investigativas no ensino. 4. Interdisciplinaridade I. Perez, Silvana e Fraiha, Simone de Castro. II. Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física/Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física III. Eletromagnetismo: Conceitos e Experimentos.

Dedico esta
dissertação a meus filhos
Caio, Sofia, Camile e Carolina.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente Deus pelo dom da vida.

Ao meu pai *in memoriam*.

A minha mãe como primeira e grande incentivadora.

A minha esposa pelo incentivo e companheirismo durante essa jornada.

Aos meus filhos, razão do meu esforço diário.

Aos meus alunos que contribuíram e enriqueceram essa pesquisa.

A todos meus professores tanto da graduação quanto da pós-graduação na pessoa do Professor Dr. Rubens Silva pela sua dedicação.

Aos colegas de curso pela cumplicidade e companheirismo demonstrados.

A CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

A Professora Dra. Simone Fraiha pelos ensinamentos, orientações e por nos fazer enveredar pelos caminhos da interdisciplinaridade.

E por último, e não menos importante, a Professora Dra. Silvana Perez pelas palavras de incentivo, pela paciência, companheirismo e comprometimento impar com a qualidade do ensino.

E a todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram com essa pesquisa. Meu muito obrigado.

RESUMO

O ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO PROJETO MUNDIAR DO ENSINO MÉDIO: Uma proposta interdisciplinar envolvendo Física e Geografia

David Jonathas Borges de Castro

Orientadoras:

Prof. Dra. Silvana Perez

Prof. Dra. Simone de Castro Fraiha

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Pará no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

As pesquisas em ensino, não só da Física, mas de outras disciplinas em geral, indicam que entre aquilo que foi ensinado e o que foi de forma efetiva aprendido existem grandes lacunas. Diante disso, buscam-se novas metodologias que pretendem auxiliar o professor para melhorar o processo de ensino-aprendizagem. Este trabalho se insere nesta realidade, ao utilizar o Ensino por Investigação em uma abordagem interdisciplinar envolvendo as disciplinas Física e Geografia com uma turma do Projeto Mundial de ensino médio na cidade de Ananindeua-PA. O objetivo geral da pesquisa foi analisar o impacto do uso dessas abordagens e seu reflexo na alfabetização científica dos alunos, proporcionando não apenas o aprendizado dos conteúdos, mas também o desenvolvimento de habilidades que se aproximem das habilidades utilizadas pelos cientistas, como relatar, explicar, refletir e expor sobre as atividades que desenvolveu. Para isso, buscou-se aproximar os conteúdos ensinados na escola com as situações do cotidiano do aluno, como o funcionamento do GPS e a propagação das ondas, bem como a utilização de mapas e Rosa dos Ventos, fazendo o aluno perceber que as ondas eletromagnéticas estão presentes em várias situações de seu cotidiano, e forçando-o a sair do papel de expectador para participante ativo de seu processo de aprendizagem. Os resultados indicam que a abordagem interdisciplinar contribuiu para um aprendizado significativo por parte dos alunos, inclusive de conceitos abstratos complexos, como o caráter tridimensional da propagação da onda eletromagnética. Como produto educacional da pesquisa, foi escrito um texto de apoio ao professor, onde a proposta didática é apresentada em uma linguagem objetiva, para uso direto em sala de aula.

Palavras-chave: Ensino de Física. Ondas eletromagnéticas. Ensino por investigação. interdisciplinaridade. Geografia.

Belém

Fevereiro de 2020

ABSTRACT

THE TEACHING OF ELECTROMAGNETIC WAVES IN THE HIGH SCHOOL OF MUNDIAR PROJECT: An interdisciplinary proposal with Physics and Geography

David Jonathas Borges de Castro

Supervisors:

Prof. Dra. Silvana Perez

Prof. Dra. Simone de Castro Fraiha

Research in teaching, not only in physics, but in other disciplines in general, indicates that between what has been taught and what has been effectively learned there are major gaps. Given this, new methodologies are sought to help the teacher to improve the teaching-learning process. This work fits into this reality, using the Teaching by Research in an interdisciplinary approach involving the disciplines Physics and Geography with a class of the Mundiari High School Project in the city of Ananindeua-PA. The general objective of the research was to analyze the impact of the use of these approaches and their impact on students' scientific literacy, providing not only the learning of contents, but also the development of skills that are closer to the skills used by scientists, such as reporting, explaining, reflect and expose about the activities you developed. To this end, we sought to approximate the contents taught at school with the everyday situations of the student, such as the functioning of GPS and the propagation of waves, as well as the use of maps and wind rose, making the student realize that electromagnetic waves They are present in various situations in their daily lives, forcing them to move from the role of spectator to active participant in their learning process. The results indicate that the interdisciplinary approach contributed to students' significant learning, including complex abstract concepts, such as the three-dimensional character of electromagnetic wave propagation. As an educational product of the research, a teacher support text was written, where the didactic proposal is presented in an objective language, for direct use in the classroom.

Keywords: Physics teaching. Electromagnetic waves. Research teaching. Interdisciplinarity. Geography.

Belém
February 2020

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Distribuição de artigos por região do país.....	17
Figura 3.1: Interação multidisciplinar entre disciplinas.....	22
Figura 4.1: Classificação das ondas eletromagnéticas de acordo com o comprimento de onda.....	33
Figura 4.2: Espectro visível.....	33
Figura 4.3: Representação das linhas de força de um campo elétrico para cargas puntiformes positivas e negativas.....	34
Figura 4.4: Representação da ϵ no circuito elétrico.....	36
Figura 4.5: Ímã se movimentando próximo ao centro da espira C.....	37
Figura 4.6: Circuito interno a distribuição de corrente.....	39
Figura 4.7: Gráfico da equação de onda em função de E e B	43
Figura 6.1: Exemplo de astrolábio.....	49
Figura 6.2: Imagem de astrolábio usado nas navegações.....	49
Figura 6.3: Mapa da região próxima à escola.....	50
Figura 6.4: Alunos interagindo para solucionar o problema proposto.....	52
Figura 6.5: Alunos socializando as explicações causais.....	55
Figura 7.1: Registro do aluno.....	64
Figura 7.2: Registro do aluno.....	64
Figura 7.3: Registro do aluno.....	65
Figura 7.4: Registro do aluno.....	65
Figura 7.5: Registro do aluno.....	66
Figura 7.6: Registro do aluno.....	66
Figura 7.7: Registro do aluno.....	67
Figura 7.8: Registro do aluno.....	73
Figura 7.9: Registro do aluno.....	73
Figura 7.10: Registro do aluno.....	73
Figura 7.11: Registro do aluno.....	74
Figura 7.12: Registro do aluno.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Periódicos pesquisados e quantitativo de trabalhos sobre interdisciplinaridade	16
Tabela 4.1: As quatro equações de Maxwell no vácuo.....	40
Tabela 6.1: Materiais utilizados na primeira etapa.....	51
Tabela 6.2: Materiais utilizados na segunda etapa.....	54
Tabela 6.3: 1ª etapa e seus seis momentos.....	56
Tabela 6.4: 2ª etapa e seus seis momentos.....	57
Tabela 7.1: Fala de um dos grupos na primeira etapa da Sequência Didática Parte I.....	59
Tabela 7.2: Fala de um dos grupos na primeira etapa da Sequência Didática Parte II.....	60
Tabela 7.3: Fala de um dos grupos na primeira etapa da Sequência Didática Parte III.....	61
Tabela 7.4: Fala dos alunos quanto a localização dos pontos cardeais.....	63
Tabela 7.5: Fala dos alunos na segunda etapa. Parte I.....	67
Tabela 7.6: Hipóteses levantadas pelos alunos.....	68
Tabela 7.7: Fala dos alunos fazendo associações com o cotidiano.....	69
Tabela 7.8: Contextualizando o tema.....	70
Tabela 7.9: Introduzindo os conceitos de ondas eletromagnéticas.....	71

SIGLAS

MNPEF: Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais

BNCC: Base Nacional Curricular comum

LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação

SEDUC: Secretaria de Estado de Educação do Pará

CEE Conselho Estadual de Educação

BID: Banco Interamericano de Desenvolvimento

CONSED: Conselho Nacional de Secretários de Educação

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEB: Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

INEP: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

Sumário

Capítulo 1 Introdução	12
Capítulo 2 Levantamento Bibliográfico	15
Capítulo 3 Marco Teórico.....	19
3.1 Por que usar a interdisciplinaridade?.....	19
3.1.1 A fragmentação do conhecimento em diferentes campos ao longo dos séculos ...	20
3.1.2 A crise do paradigma racionalista-empirista ao longo do século XX	20
3.1.3 A multi, a inter e a transdisciplinaridade e a fragmentação do conhecimento no contexto escolar	21
3.2 O ensino por investigação.....	26
Capítulo 4 Eletromagnetismo	31
4.1 Introdução.....	31
4.2 Ondas Eletromagnéticas	32
Capítulo 5 Metodologia	44
5.1 Lócus da pesquisa.....	44
5.1.1 O projeto Mundiar	44
5.1.2 O Município de Ananindeua - PA	45
5.1.3 A Escola.....	46
5.2 Coleta de dados e análise.....	46
Capítulo 6 Descrição da Sequência Didática e sua aplicação	48
6.1 Missão I - Triangulação em mapas.....	48
6.1.1 1º Momento: Fundamentação teórica e Contextualização - problematização.....	48
6.1.2 2º Momento: Descrição das missões - Propondo o problema da Missão.....	49
6.1.3 3º Momento: Interagindo com os materiais.....	51
6.1.4 4º Momento: Como conseguiram resolver o problema?	52
6.1.5 5º Momento: Construindo relações causais.....	53
6.1.6 6º Momento: Aprofundando o tema	53
6.2 Missão II - Ondas Eletromagnéticas.....	53
6.2.1 1º Momento: Contextualizando o tema	54
6.2.2 2º Momento: Propondo o problema.....	54
6.2.3 3º Momento: Interagindo com os materiais disponíveis	54
6.2.4 4º Momento: Como conseguiram resolver o problema?	54
6.2.5 5º Momento: Construindo relações causais.....	55
6.2.6 6º Momento: Aprofundando o tema	55
Capítulo 7 Análise dos Resultados	58
7.1 Missão I - Triangulação em mapas.....	58
7.1.1 Análise das filmagens.....	59
7.1.2 Análise das respostas escritas	64
7.2 Missão 2 - Ondas Eletromagnéticas	67
7.2.1 Análise das filmagens.....	67
7.2.2 Análise das respostas escritas	73
Capítulo 8 Considerações Finais	75
Referências Bibliográficas.....	78
Apêndice A: Produto Educacional	81

Capítulo 1

Introdução

A proposta deste trabalho surgiu a partir das discussões nas aulas das disciplinas “Atividades Experimentais Para o Ensino Médio e Fundamental” e “Física no Ensino Fundamental em uma perspectiva multidisciplinar”, ambas do Mestrado Nacional Profissional/Universidade Federal do Pará. O trabalho final dessa última disciplina serviu como esboço para a produção da proposta didática desenvolvida nesta dissertação.

Dos resultados obtidos com os trabalhos das disciplinas citadas, pôde-se perceber que essa proposta teria potencial para se fazer um trabalho mais abrangente, principalmente pela boa receptividade que teve por parte dos alunos.

O trabalho da dissertação foi desenvolvido em uma turma do Projeto Mundiar. Este Projeto é parte integrante das ações do Pacto pela Educação do Pará (PARÁ, 2015) e tem como objetivo geral possibilitar a aceleração da aprendizagem dos alunos em distorção idade-ano, que se encontram matriculados regularmente nos níveis fundamental (sexto e sétimo anos) e médio (primeiro ano). Busca contribuir com a melhora da qualidade da Educação Básica na rede estadual de ensino do Pará, abrangendo atividades metodológicas diferenciadas (Metodologia Telessala) nas unidades escolares.

Resumidamente, é um tipo de aceleração escolar que utiliza uma metodologia diferenciada, onde um único professor atua como um facilitador da aprendizagem para turmas específicas de estudantes com distorção idade-ano das séries finais do ensino fundamental e ensino médio. É importante frisar que o fato da turma possuir apenas um professor facilitou o desenvolvimento da abordagem interdisciplinar, o que não impede que ela seja desenvolvida em uma turma regular com mais de um docente.

O objetivo geral do trabalho foi criar, a partir de metodologia ativa, o Ensino por Investigação (CARVALHO, 2004; 2014) em abordagem interdisciplinar (OSTERMANN e MOZENA, 2016) envolvendo conceitos de Geografia, potencializando, assim, um ambiente capaz de facilitar a alfabetização científica dos alunos do ensino médio da turma participante e favorecendo o aprendizado de conceitos científico básicos, mais especificamente, a propagação de ondas eletromagnéticas e sua relação com os uso de GPS para localização em mapas. Para alcançar esse objetivo, destacamos a seguir os seguintes objetivos específicos:

01. Usar conceitos estudados na disciplina Geografia, como a utilização de mapas, rosa dos ventos, escalas, bússola, leitura de mapas, para a resolução da situação problema proposta;

02. A partir da solução do problema, instigar o aluno a relatar, explicar, expor e refletir como conseguiram resolver o problema, e identificar em que aplicação prática poderia usar esse método de localização até chegarem aos conceitos de ondas eletromagnéticas.

03. Utilizar a abordagem interdisciplinar como forma de proporcionar um ensino mais voltado para as situações cotidianas do aluno.

04. Produzir, como Produto Educacional dessa dissertação, um texto de apoio para que outros professores possam utilizar o mesmo material.

A dissertação está dividida da seguinte forma. O capítulo II trata do levantamento bibliográfico dos trabalhos desenvolvidos no Brasil sobre interdisciplinaridade, onde foram consultadas as dissertações defendidas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, bem como alguns periódicos como o Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência e Educação, Experiências em Ensino de Ciências e Revista Brasileira de Ensino de Física.

O terceiro capítulo apresenta os referenciais teóricos que nortearam este trabalho, como a interdisciplinaridade e seu contexto histórico, bem como a importância e características do Ensino por Investigação e sua citação nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

O quarto capítulo apresenta conceitos físicos relacionados com ondas eletromagnéticas. Foram discutidas inicialmente as quatro equações de Maxwell utilizadas para descrever fenômenos dessa natureza, bem como a solução delas para o caso de fontes externas nulas, além da equação de onda associada com a radiação eletromagnética.

O quinto capítulo apresenta de forma sucinta as características metodológicas deste trabalho, as características da escola, da turma participante e o projeto de que ela faz parte, os dados geográficos e econômicos do município em que a escola se situa, como foi a coleta dos dados e como foi feita a análise desses dados. Já no capítulo seguinte é descrita a proposta desenvolvida com os estudantes.

No sétimo capítulo foi feita a análise e discussão dos dados obtidos através da transcrição e das repostas escritas dos alunos, utilizando como parâmetros os referenciais teóricos que embasaram esta pesquisa.

O oitavo e último capítulo trata das considerações finais com base nos resultados obtidos e experiências adquiridas no decorrer da produção deste trabalho. No Apêndice A se encontra o produto educacional.

Capítulo 2

Levantamento Bibliográfico

Neste capítulo serão apresentados os resultados do levantamento bibliográfico realizado. Foram usadas como base cinco revistas científicas: Caderno Brasileiro em Ensino de Física, Ciência e Educação, Experiências em Ensino de Ciências, Investigações em Ensino de Ciências e a Revista Brasileira de Ensino de Física. Além das revistas, também foi feito um levantamento das dissertações defendidas pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF. A pesquisa englobou os artigos publicados entre janeiro de 2014 e o primeiro semestre de 2019 e as dissertações defendidas entre janeiro de 2016 e o primeiro semestre de 2019.

Buscou-se nesses trabalhos o tema interdisciplinaridade. Primeiramente, leu-se os títulos dos trabalhos à procura do termo “interdisciplinaridade”, ou algum indício de que poderia tratar-se do tema. Em caso positivo, procurou-se nas palavras chaves e nos resumos utilizando-se os mesmos critérios.

O primeiro periódico a ser verificado foi a Revista Brasileira de Ensino de Física, onde não foram encontrados trabalhos que tratassem do tema. No periódico Investigações em Ensino de Ciências, entre os anos de 2014 até o volume 1 do ano de 2019, dos 191 artigos publicados nesse período, apenas três abordavam em algum grau a interdisciplinaridade, o que equivale a 1,57% do total. Na revista Experiências em Ensino de Ciências, de um total de 359 artigos publicados durante esse período, 22, ou seja, 6,12%, trataram a interdisciplinaridade. No Caderno Brasileiro de Ensino de Física, no ano de 2019, que seria o volume 36 do periódico, foi pesquisado apenas o primeiro número, pois no momento da pesquisa ainda não tinham sido publicados os outros dois volumes. Nessa revista, dos 237 artigos publicados no período considerado, três utilizaram a interdisciplinaridade o que equivale a 1,26%. No periódico Ciência e Educação, foram pesquisadas as publicações desde 2014 até 2018. Nesse período, foram publicados 300 artigos dos quais 5 tratavam de interdisciplinaridade, correspondendo a 1,67% do total. No geral, vemos que a abordagem interdisciplinar ainda está pouco presente nas publicações em ensino de Ciências em geral, e Física em particular, ao menos materiais pesquisados.

Na Tabela 1 é apresentada a quantidade de trabalhos sobre o tema pesquisado e a porcentagem que representam do total, ordenados em ordem crescente de número de publicações.

TABELA 1 - Periódicos pesquisados e quantitativo de trabalhos sobre interdisciplinaridade

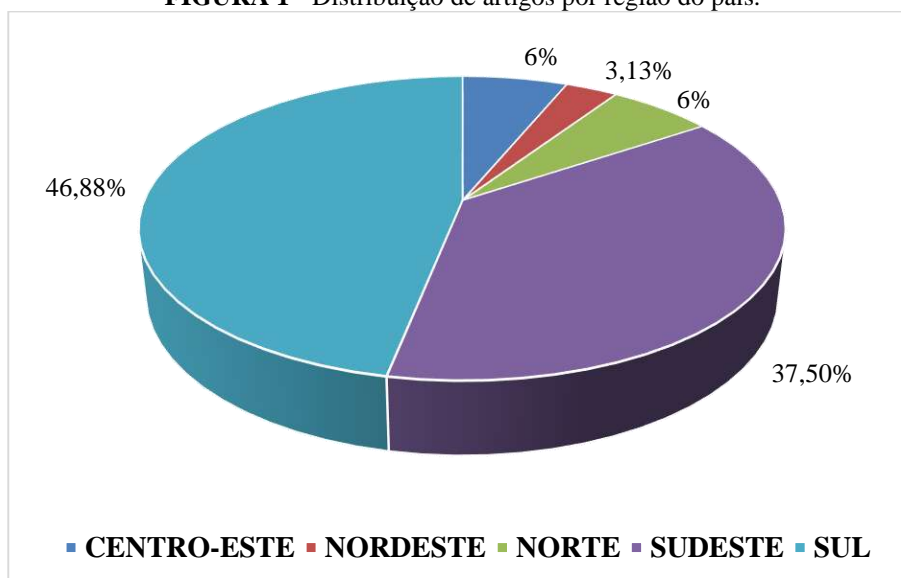
Periódico	Número	%
Experiências em Ensino de Ciências	22	6,12
Ciência e Educação	5	1,67
Investigações em Ensino de Ciências	3	1,57
Caderno Brasileiro em Ensino de Física	3	1,26
Revista Brasileira de Ensino de Física	0	0
TOTAL	34	3,13

Fonte: Autor, 2019.

A figura 1 abaixo apresenta a distribuição de artigos publicados que tratam da interdisciplinaridade por região do país. A região Sul, seguida da região Sudeste concentram a grande maioria dos trabalhos sobre interdisciplinaridade no período pesquisado, somando 84,37% dos trabalhos publicados. As regiões Norte e Centro-oeste empatam com 6,25% dos artigos, enquanto a região Nordeste participa com 3,12% das publicações.

Na pesquisa feita nas dissertações defendidas no MNPEF no período de janeiro de 2014 até julho de 2019, foram encontrados 5 trabalhos envolvendo a interdisciplinaridade de um total de 356, o que equivale a pouco mais de 1%.

Pelo que se pode perceber pela quantidade de trabalhos publicados que abordaram em algum grau a interdisciplinaridade, apesar de não ser um tema relativamente novo, ainda é pouco explorada tanto nas dissertações como nos artigos considerados. Estes dados só reforçam a importância do desenvolvimento de propostas didáticas com a abordagem interdisciplinar, como a desenvolvida nesta dissertação.

FIGURA 1 - Distribuição de artigos por região do país.

Fonte: Autor, 2019

A seguir apresentamos as dissertações encontradas, com uma breve análise de cada uma delas. É interessante resaltar que as primeiras dissertações do MNPEF, embora tenham começado em 2014, foi apenas em 2016 que começaram a ser defendidas.

1 Proposta interdisciplinar: compreendendo o mundo das cores e as Ilusões Produzidas pelo cérebro (2016)

Autor: Alessandro Silva da Mota Araújo (ARAÚJO, 2016)

O trabalho utilizou as disciplinas Física, Química e Biologia em uma abordagem interdisciplinar tratando o assunto ondulatória de maneira conceitual, passando do modelo ondulatório até chegar à recepção na retina e sua interpretação pelo cérebro, procurando atender o que estabelece os Parâmetros Curriculares Nacionais. Do trabalho originou-se uma sequência didática que utiliza experimentos com materiais de baixo custo.

2. Elaboração, aplicação e avaliação de um Curso *Online* Aberto e Massivo (MOOC) interdisciplinar entre Física e Matemática (2016).

Autor: Igor Dornelles Schoeller Siciliani (SICILIANI, 2016)

O trabalho tratou da interdisciplinaridade entre conceitos básicos essenciais para a formação das disciplinas Física e Matemática como massa, tempo, unidades de medidas, funções, em um curso *online*, relacionando esses conceitos com o contexto dos

participantes, visando a integração entre essas disciplinas, como prevê os Parâmetros Curriculares Nacionais.

3. A Interdisciplinaridade entre Física e Biologia em turmas de 8º ano do ensino fundamental: possibilidade para o ensino de Ciências (2016).

Autor: Leciane Eufrásio Coelho Varela (VARELA, 2016)

O trabalho apresentou a implementação de uma sequência didática relacionando de forma interdisciplinar as disciplinas Física e Biologia com alunos do 8º ano do ensino fundamental de uma escola pública visando a aprendizagem significativa, utilizando-se de experimentos, maquete, vídeos, para abordar os alguns órgãos do sentido humano como a visão.

4. Interdisciplinaridade no ensino de Física: uma abordagem por TIC (2016).

Autor: Renato Rodrigues (RODRIGUES, 2016)

O estudo tratou o desenvolvimento de um produto educacional envolvendo conceitos físicos como fenômenos ondulatórios, contextualizando com as ondas cerebrais e a fisiologia cardíaca, percorrendo de forma interdisciplinar a disciplina Biologia, utilizando para isso computadores e permitindo aos discentes contemplar gráficos e tabelas.

5. Física da alface? – uma proposta para o ensino de Física aplicada aos cursos técnicos de informática e floricultura (2016).

Autor: Sammya Kele Macena de Freitas (FREITAS, 2016)

Trata-se de um trabalho envolvendo alguns conceitos Físicos como termometria e calorimetria no ensino médio técnico de forma contextualizada e posteriormente aplicando de forma ativa nas disciplinas específicas dos cursos técnicos de informática e floricultura interagindo esses conhecimentos de forma interdisciplinar.

Vale ressaltar que de todos os trabalhos pesquisados, além da baixa porcentagem de estudos e propostas envolvendo temas interdisciplinares, a inexistência de propostas interdisciplinares envolvendo Física e Geografia, tema desta dissertação.

Capítulo 3

Marco Teórico

Neste capítulo será abordado o contexto histórico do desenvolvimento da interdisciplinaridade, para a seguir considerar o ensino por investigação e sua relação com o enfoque interdisciplinar.

3.1 Por que usar a interdisciplinaridade?

A interdisciplinaridade é usada na escola com o objetivo de fazer o aluno vivenciar experiências que sejam parecidas com sua realidade, tais como “esclarecer uma situação, resolver um problema ou compreender algo em seu contexto o mais próximo possível do real ou cotidiano” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 297). No Brasil, os pioneiros a pesquisar a interdisciplinaridade foram Ivani Fazenda (1996) e Hilton Japiassu (1976).

Na realidade, o mundo e as diversas situações que surgem no dia-a-dia e que pedem soluções embasadas em conhecimentos científicos quase sempre não são tão simples e idealizadas como as apresentadas nas salas de aula da educação básica.

Nas aulas, principalmente nas de física, é comum o professor desconsiderar algumas variáveis que poderiam dificultar a resolução dos exercícios propostos, como o atrito, a resistência do ar, entre outras. Porém, quando se trata de situações reais, essas variáveis, assim como outras, precisam ser levadas em consideração. E não é raro a necessidade de se recorrer a mais de uma disciplina para poder chegar a uma solução adequada. Por esse motivo, é importante que o aluno tenha contato com um ensino que se aproxime cada vez mais de situações reais desde a educação básica.

Os próprios PCNs em 1998 já previam que o ensino de ciências deveria ter uma abordagem mais próxima à realidade do estudante, bem como utilizar os enfoques interdisciplinar e multidisciplinar (BRASIL, 1998). Entretanto, como o levantamento bibliográfico apresentado no capítulo 2 indica, o enfoque interdisciplinar ainda está distante da realidade escolar brasileira.

Neste trabalho, é utilizado o enfoque interdisciplinar (FAZENDA, 1996) juntamente com uma metodologia ativa - o ensino por investigação (CARVALHO, 2004, 2014; ZÔMPERO; LABURÚ, 2016).

3.1.1 A fragmentação do conhecimento em diferentes campos ao longo dos séculos

A partir do século XII, o conhecimento começou a passar por um processo de especialização, com uma fragmentação crescente das disciplinas, levando a uma separação cada vez maior entre as ciências humanas e as ciências naturais. Esse processo se intensificou ao longo dos séculos seguintes, de tal forma que “a partir do Renascimento, a ciência já apresentava nítidas razões de existência independente da filosofia” (GALLIANO, 1979, p. 10).

Segundo pontua Sommerman (2005), durante esses séculos, passa a haver gradativamente uma crescente separação entre religião, filosofia e ciência. Em particular, surgem pensadores que se baseiam em epistemologias racionalistas e empiristas, como Newton, Galileu, Copérnico, entre outros, que “estabelecem os fundamentos da ciência moderna” (SOMMERMAN, 2005). Ainda segundo o autor, com essa ruptura, aos poucos o sujeito foi se separando do espírito e ficando somente o corpo. O ser humano passa, então, a ser considerado como um corpo-máquina “análogo ao universo-máquina, postulado pelo cientificismo e pelo mecanicismo então triunfantes” (SOMMERMAN, 2005).

No século XVII, por exemplo, a física, influenciada pelo racionalismo de René Descartes, vai deixando de dar importância ao seu lado contemplativo, que antes partia da física em direção à metafísica, e passa a dar mais ênfase à razão discursiva. Esse pensamento vai aos poucos reforçando a separação entre o sujeito e o espírito. O cientificismo e o mecanicismo passam a predominar, reforçando a fragmentação crescente dos conhecimentos.

3.1.2 A crise do paradigma racionalista-empirista ao longo do século XX

A ciência moderna, fruto da mudança de paradigma acima apresentada, se fundamentou em três postulados (SOMMERMAN, 2005):

1. a existência de leis universais, de caráter matemático;
2. a descoberta destas leis pela experiência científica;
3. a reprodutibilidade perfeita dos dados experimentais.

Com isso, instalou-se o “paradigma da simplicidade”. No campo da física, hoje chamada física clássica, esse paradigma se apoiou em três pilares: a continuidade, a causalidade local e o determinismo. Essa simplicidade fascinava os cientistas da época e

aquilo que não se enquadrasse nesse perfil era considerado como irracional ou superstição.

Entretanto, esse modelo de ciência sofreu um abalo em suas estruturas no início do século XX, quando Max Planck descobriu o caráter descontínuo da energia. Derrubou-se, assim, a ideia da continuidade e colocou-se em cheque a causalidade local (SOMMERMAN, 2005).

Heisenberg, mais tarde, derrubou o terceiro pilar da física clássica, o determinismo, quando mostrou através de suas equações, que as entidades quânticas encontradas por “Planck (*os quanta*: pacotes de energia que se movem por saltos) não podem ser localizados num ponto preciso do espaço e num ponto preciso do tempo”. Além disso, comprovou que as leis da física clássica não eram válidas no mundo subatômico.

Com isso, o paradigma da simplicidade passou a coexistir com seu contraditório, a complexidade, que se revelou não somente na física, como também nas demais ciências (SOMMERMAN, 2005).

3.1.3 A multi, a inter e a transdisciplinaridade e a fragmentação do conhecimento no contexto escolar

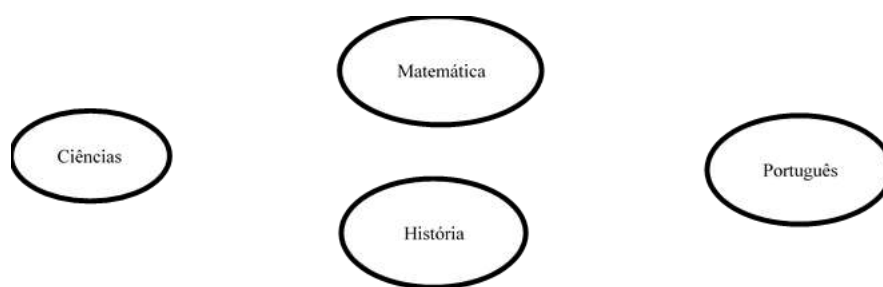
Em que pese o paradigma racionalista-empirista ter contribuído para o avanço tecnológico, conforme foi argumentado acima, ele também contribuiu para a fragmentação das disciplinas e para a redução do sentido da vida humana. O homem pensou que poderia entender o todo decompondo-o em partes. Houve uma supervalorização dos sentidos humanos, como a visão, por exemplo, que foram grandemente enriquecidos com a criação de aparatos que conseguiam aumentar sua capacidade, como “telescópios, microscópios, aceleradores de partículas etc” (SOMMERMAN, 2005).

Em oposição a esse movimento reducionista, a partir da metade do século XX surgiram pesquisas acadêmicas com uma proposta de cooperação entre as disciplinas, em diversos níveis, tentando minimizar os problemas causados pela hiperespecialização do conhecimento. Ou seja, a partir desses estudos buscou-se trilhar o caminho inverso do que vinha ocorrendo, e ainda ocorre no meio acadêmico.

Essas interações entre as disciplinas, dependendo do nível em que ocorrem, recebem denominações diferentes, como multi, pluri, inter e transdisciplinar entre outras¹. Esses termos vêm sofrendo modificações conceituais ao longo das décadas, mas o que permanece comum é “a ideia que representam movimentos que surgiram em resposta à fragmentação do conhecimento” (BICALHO, 2011).

Na multidisciplinaridade ocorre a menor integração entre as disciplinas, não existe cooperação entre elas, e sim uma justaposição. A Figura 3.1 ilustra como estariam as disciplinas na multidisciplinaridade.

Figura 3.1 Interação multidisciplinar entre disciplinas.



Fonte: Nogueira (2001) apud Silva e Tavares (2005).

Piaget propôs que a multidisciplinaridade seria o nível inferior de integração, ocorrendo quando:

[...] para solucionar um problema, busca-se informação e ajuda em várias disciplinas, sem que tal interação contribua para modificá-las ou enriquecê-las. Esta costuma ser a primeira fase da constituição de equipes de trabalho

¹ “Abstraindo toda terminologia correlata apresentada, e permanecendo apenas em torno dos conceitos de pluri, multi, inter e transdisciplinaridade, por serem estes os termos mais utilizados na bibliografia, poder-se-ia dizer, como salienta Japiassú em *Interdisciplinaridade e Patologia do Saber*, que existe uma gradação entre esses conceitos, gradação essa que estabelece ao nível de coordenação e cooperação entre as disciplinas.

A nível de multi e pluridisciplinaridade, ter-se-ia uma atitude de justaposição de conteúdos de disciplinas heterogêneas ou a integração de conteúdos numa mesma disciplina atingindo-se quando muito o nível de integração de métodos, teorias ou conhecimentos.

A nível de interdisciplinaridade, ter-se-ia uma relação de reciprocidade, de mutualidade, ou melhor dizendo, um regime de copropriedade que iria possibilitar o *diálogo* entre os interessados. Neste sentido, pode dizer-se que a interdisciplinaridade depende basicamente de uma *atitude*. Nela a colaboração entre as diversas disciplinas conduz a uma “*interação*” a uma *intersubjetividade* como única possibilidade de efetivação de um trabalho interdisciplinar.

O nível da transdisciplinaridade, como evoca a própria nomenclatura, seria o nível mais alto das relações iniciadas nos níveis multi, pluri e inter. Trata-se de um “sonho”, no dizer de Piaget, mais que uma realidade. Integração e Interdisciplinaridade no Ensino Brasileiro: efetividade ou ideologia”. (FAZENDA, 1996, p. 39).

interdisciplinar, porém não implica em que necessariamente seja preciso passar a níveis de maior cooperação (SANTOMÉ, 1998, p.70).

No outro extremo, aparece a transdisciplinaridade, que das três abordagens é a que possui maior interação entre os vários campos do conhecimento. Nela, existe uma interação entre as disciplinas de tal forma que fica difícil delimitar as fronteiras entre elas. Segundo Piaget, a transdisciplinaridade seria uma etapa superior de integração, tratando-se da

[...] construção de um sistema total, sem fronteiras sólidas entre as disciplinas, ou seja, ‘uma teoria geral de sistemas ou de estruturas, que inclua estruturas operacionais, estruturas de regulamentação e de sistemas probabilísticos, e que una estas diversas possibilidades por meio de transformações reguladas e definidas’. (SANTOMÉ, 1998, p.70).

Como podemos perceber, o movimento em direção a uma abordagem transdisciplinar no ensino, aplicado à realidade educacional é complexo. Sendo assim, neste trabalho optamos por considerar a interação interdisciplinar que segundo o Japiassu (2001) é:

[...] um método de pesquisa e de ensino suscetível de fazer com que duas ou mais disciplinas interajam entre si. Esta interação pode ir da simples comunicação das idéias até a integração mútua dos conceitos, da epistemologia, da terminologia, da metodologia, dos procedimentos, dos dados e da organização da pesquisa. Ela torna possível a complementaridade dos métodos, dos conceitos, das estruturas e dos axiomas sobre os quais se fundam as diversas práticas científicas. O objetivo utópico do método interdisciplinar, diante do desenvolvimento da especialização sem limite das ciências, é a unidade do saber, unidade problemática (JAPIASSÚ, 2001, p. 106).

A interdisciplinaridade busca a integração das disciplinas, ou seja, a unidade do saber, quer seja através das comunicações de ideias entre elas, quer seja compartilhando os seus métodos, utilizando-se da interação entre elas.

Embora o termo tenha sido usado pela primeira vez no início do século XX, foi somente na segunda metade do século que ganhou destaque no meio acadêmico, com os debates que aconteceram em congressos internacionais. O marco inicial das pesquisas formais sobre a interdisciplinaridade ocorreu na França em 1970 no congresso de Nice² (MANGINI; MIOTO, 2009).

² Esse evento ocorreu em Nice na França no período de 7 a 12 de setembro de 1970 organizado pelo CERI/OCDE e pelo Ministério da educação francês. Foi intitulado de *Seminário internacional sobre pluridisciplinaridade e interdisciplinaridade nas universidades*. Ele tinha como objetivo “esclarecer os conceitos de pluri (disciplinaridade), inter (disciplinaridade) e trans (disciplinaridade) à luz de uma reflexão epistemológica. (MANGINI; MIOTO, 2009).

A tendência à especialização que ocorreu durante o século XX favoreceu também o processo inverso, o da unificação das disciplinas, pois as fronteiras cada vez mais tênues entre as disciplinas favoreceram a transferência de métodos de umas disciplinas para as outras.

Essa tendência à reunificação dos saberes se deu apoiada nas novas teorias de Freire, Piaget, Vigotsky entre outras, psicológicas e científicas, como a teoria da complexidade. Além disso, essas teorias contribuíram também para as metodologias ativas de ensino e para a abertura do diálogo “entre os saberes das diferentes disciplinas e entre os sujeitos das diferentes disciplinas” (SOMMERMAN, 2005).

A interdisciplinaridade nasceu com a missão de resolver problemas reais, pois a universidade, ao longo dos séculos XX e XXI, passou a ser pressionada pela sociedade que queria que ela desempenhasse sua missão social, pois existia o consenso que a crescente complexidade dos problemas da sociedade exige trabalhos interdisciplinares. Isso levou a UNESCO e a OCDE a promoverem o debate sobre o tema em congressos em seminários internacionais.

O que acontece na prática é que muitas vezes com a intenção de se fazer um trabalho interdisciplinar, acaba-se fazendo uma atividade multidisciplinar, como ilustra Ostermann e Mozena (2016):

[...] multidisciplinaridade é o costume de se reunir com outros professores, definir um tema e na sequência, cada professor abordar solitariamente em sua sala de aula aquele tema focado na sua disciplina. Sem a explicitação das relações com outras matérias escolares (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 304).

Na proposta didática apresentada nesse trabalho, buscamos ir além da multidisciplinaridade, como exemplificado acima por Ostermann e Mozena, propondo o diálogo entre as disciplinas de Física e Geografia na solução de alguns problemas da realidade do estudante.

De maneira geral, as disciplinas nas escolas da educação básica ainda são estudadas de maneira desconexa. Esse fato torna o estudo dessas disciplinas sem muito sentido para o aluno, e isso acaba gerando desinteresse neles, principalmente nas disciplinas como a Física e afins.

Algumas vezes até existe a boa vontade de se realizar um trabalho interdisciplinar com as turmas, pois a consideram importante, mas a falta de experiência dos professores

em se trabalhar dessa forma faz com que na prática ocorra apenas um trabalho com superposição de disciplinas, a multidisciplinaridade (OSTERMANN; MOZENA, 2016).

Essa falta de prática dos professores se dá, muitas vezes, por não terem vivenciado essas abordagens durante sua formação profissional nem enquanto estudantes da educação básica. Essa dificuldade para a interdisciplinaridade que os professores apresentam ocorre “simplesmente porque não tiveram esse tipo de educação enquanto alunos, ou não foram preparados adequadamente em sua formação inicial para tal intento.” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 305).

Além do mais, a escolha dos temas que irão nortear as atividades interdisciplinares da escola deve estar de acordo com “os sujeitos envolvidos, o entorno social, além dos objetivos pedagógicos do professor que necessariamente devem ser atrelados ao projeto político-pedagógico da escola.” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 298-299).

Isso é verdade, visto que “a interdisciplinaridade é encarada, mesmo com relação à escola, como uma atitude, uma maneira de lidar com o conhecimento, que extrapola os conteúdos e prioriza o ser humano” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 302-303).

Segundo Ostermann e Mozena (2016) Outra dificuldade apresentada para se implantar a interdisciplinaridade na escola, principalmente no ensino médio, é que ela é ainda considerada pelo professor “como algo a mais, mas que lhe rouba um tempo precioso em que deveriam estar trabalhando conteúdos do livro didático que ‘caem no vestibular’. O professor do ensino médio não tem tempo para interdisciplinaridade.” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 305).

Além disso, no que diz respeito à disciplina Física, conforme pontuam Ostermann e Mozena (2016), é encontrada uma dificuldade a mais para aconteça a interdisciplinaridade, “pois os grandes projetos escolares costumam atribuir mais importância para o lado humano do e social do conhecimento. E nesse cenário, a física muitas vezes não consegue se encaixar.” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 307).

Ostermann e Mozena (2016) apontam, por outro lado, que quando o número de disciplinas é reduzido por uma área de conhecimento há uma maior sintonia entre elas o que facilita a interdisciplinaridade, pois “damos os braços mais facilmente para nosso parente” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 307).

Nesse sentido, os estudos envolvendo a interdisciplinaridade da física com outras disciplinas, principalmente aquelas que não são de ciências da natureza, são de

fundamental importância, pois embora esse tema não seja tão recente, ainda existe pouca experiência prática dos professores na sua aplicação no contexto escolar.

Nos documentos oficiais que norteiam a educação no Brasil desde a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) em diante, pode-se perceber a intenção de integrar o ensino médio por áreas de conhecimento. Entretanto, em momento algum a referida lei cita a interdisciplinaridade. Já nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Ciências do terceiro e quarto ciclo, aparece a palavra interdisciplinaridade três vezes, sendo que na primeira delas o documento sugere que ela aconteça dentro da área de ciências naturais (BRASIL, 1998; OSTERMANN; MOZENA, 2016).

Quanto à Base Nacional Curricular Comum (BNCC), no capítulo que trata das finalidades do ensino médio na contemporaneidade, ela entende que as rápidas transformações oriundas das novas tecnológicas impõem novos desafios aos estudantes do ensino médio. Dessa forma, “torna-se imprescindível recontextualizar as finalidades do Ensino Médio, estabelecidas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, Art. 35) há mais de vinte anos, em 1996”. (BRASIL, 2019).

Assim, é necessário que o ensino médio esteja em sintonia com as necessidades impostas pela sociedade contemporânea. De acordo com a BNCC, para que essa recontextualização seja possível a escola deve, entre outros:

garantir o protagonismo dos estudantes em sua aprendizagem e desenvolvimento de suas capacidades de abstração, reflexão, interpretação, interpretação, proposição e ação, essenciais à sua autonomia pessoal, profissional, intelectual e política. (BRASIL, 2019).

Embora a palavra interdisciplinaridade não esteja explícita no texto deste documento, é desejável que o ensino esteja recontextualizado com a contemporaneidade e suas novas exigências.

3.2 O ensino por investigação

Da mesma forma que a interdisciplinaridade se preocupa em resolver problemas reais, o ensino por investigação, mais especificamente através de resolução de situações-problema, também se preocupa em envolver o aluno em situações mais próximas de sua realidade, favorecendo o seu engajamento nas atividades escolares.

Essas atividades também serão importantes na vida profissional desses estudantes, pois os mais valorizados profissionais no mercado de trabalho são aqueles que conseguem

resolver problemas abertos, ou seja, “médicos capazes de fazer diagnósticos de doenças difíceis de serem identificados, políticos capazes de controlar conflitos locais e internacionais, engenheiros capazes de elaborar projetos com uso de novos materiais” (OLIVEIRA et al., 2017).

Oliveira et al. definem problemas abertos como aqueles que não têm soluções pré-estabelecidas, os que “apresentam estado inicial só parcialmente conhecido; referem-se a um evento do mundo real, com resultados consistentes com a realidade e exigem que os alunos façam julgamentos e elaborem argumentação para defender suas soluções” (OLIVEIRA et al., 2017).

Para resolver esses problemas é necessário que o aluno desenvolva algumas competências que vão além da memorização de conteúdos, como criar idealizações, fazer uso de “estimativas, aproximações, lançar hipóteses, testar a solução, monitorar e regular os procedimentos metodológicos e as próprias atividades cognitivas durante a tentativa de resolução do problema” (OLIVEIRA et al., 2017).

Esse tipo de abordagem com problemas abertos, do inglês *inquiry*, possui várias conceituações e metodologias associadas como: “ensino por descoberta, aprendizagem por projetos, questionamentos, resolução de problemas, dentro outros” (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011, p. 13).

De acordo com Zômpero e Laburú (2011), esse ensino se baseia na investigação e possibilita “o aprimoramento do raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, e também a cooperação entre eles, além de possibilitar que compreendam a natureza do trabalho científico” (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Neste trabalho é utilizado o termo ensino por investigação para se referir a essa perspectiva de ensino.

O ensino por investigação ou *inquiry* predominou na educação norte americana e possui bases no pensamento filosófico de John Dewey. Para este filósofo, o aluno deveria passar por experiências educativas. Esta experiência, não dependeria necessariamente de um ambiente propício para aprendizagem, ou equipamentos estimulantes, ou trabalhos em grupos, ou atitudes dos alunos. “Em vez disso, a experiência educativa é evocada, ela surge da participação dos alunos no ambiente, à medida que eles criam e se envolvem no drama de sua trama” (WONG; PUGH, 2001).

As ideias desse filósofo serviram de base para a “utilização da metodologia de investigação no ensino de Ciências (ZÔMPERO; LABURÚ, 2017, p.13).

John Dewey defendia a educação progressiva. Esta educação tem como característica enfatizar a importância das relações socio-culturais para aprendizagem. Nesse sentido, ela se assemelha aos trabalhos de Vygotsky, que defendia o elementos sociais na aprendizagem (ZÔMPERO; LABURÚ, 2016).

Zômpero e Laburú (2017) apontam que as atividades investigativas podem ser desenvolvidas em diversas abordagens. Entretanto, esses autores relatam que existe consenso na literatura sobre algumas características da atividade investigativa. Entre essas características estão que essas atividades devem sempre partir de um problema analisado, e que a partir dele os alunos possam “emitir hipóteses, realizar um planejamento das atividades, interpretar as informações e comunicar os resultados” (ZÔMPERO; GONÇALVES; LABURÚ, 2017).

No que se refere às Ciências Naturais, mais especificamente à disciplina física, o que se espera é que o aluno ao concluir o ensino médio, tenha desenvolvido algumas habilidades que vão além da aprendizagem de conceitos e conhecimentos, mas que também apresentem o desenvolvimento de habilidades que são inerentes a essa área do conhecimento, como “capacidade de observar, registrar, analisar dados, comparar, perceber evidências, fazer inferências, concluir, aprimorar o raciocínio e argumentar” (ZÔMPERO; GONÇALVES; LABURÚ, 2017).

Ou seja, o ensino por investigação busca, entre outras coisas, que o aprendizado na escola básica se assemelhe ao trabalho dos pesquisadores. Entretanto, a função do ensino médio não é formar cientistas profissionais. Neste sentido, outro objetivo do ensino por investigação é proporcionar uma alfabetização científica para esses estudantes.

Essa alfabetização científica também é polissêmica podendo ser denominada de letramento científico. Ela tem por objetivo guiar o planejamento do ensino de ciências para que ele possa proporcionar a “construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio ambiente” (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Segundo Carvalho (2014), existem alguns requisitos que indicam que um cidadão esteja alfabetizada cientificamente,

É necessário compreender aspectos sobre este conhecimento e não apenas conceitos ou fórmulas, mas entender como se dá o desenvolvimento do mesmo, o que Sasseron e Carvalho (2011) compõe um dos eixos fundamentais para a Alfabetização Científica: *a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática*. (CARVALHO, 2014, p. 19).

Nesse sentido, essa alfabetização proporcionada pelo ensino por investigação, quando se assemelha ao modo como os cientistas trabalham, ajudaria as pessoas em seu dia a dia quando tivessem diante de situações que exigissem análise mais profunda ou reflexão antes de agir. Nas palavras de Sasseron e Carvalho (2008):

Deste modo, tendo em mente a forma como as investigações científicas são realizadas, podemos encontrar subsídios para o exame de problemas do dia a dia que envolvam conceitos científicos ou conhecimento advindos dele. (SASSERON; CARVALHO, 2008).

Essa modalidade de ensino possui características que sofrem pequenas variações de acordo com cada autor.

3.2.1 Algumas características do ensino por investigação

No ensino por investigação o professor possui papel essencialmente de orientador, incentivando o aluno para que assuma o papel ativo do seu aprendizado. O docente faz isso através da proposição de questões, estimulando os alunos a construir suas hipóteses, argumentações e possíveis explicações causais sobre a atividade proposta (CARVALHO, 2014).

Segundo Carvalho (2014), para que uma atividade possa ser chamada de investigativa ela precisa apresentar situações problematizadoras que estimulem o diálogo durante sua realização e que permitam também a introdução de conceitos.

Essa investigação, entretanto, precisa fazer sentido para o aluno. Deve ser fundamentada de tal forma que o discente tenha ciência do motivo de estar investigando aquele fenômeno. “Para isso é fundamental neste tipo de atividade que o professor apresente um problema relacionado ao que está sendo estudado” (CARVALHO, 2014, p. 47).

Ainda sobre as características do ensino por investigação, Gil-Perez e Valdes Castro (1996) apud Zômpero e Laburú (2016), apontam que elas são as seguintes:

Apresentar aos alunos situações problemáticas abertas em um nível de dificuldade adequado à zona de desenvolvimento potencial dos educandos; favorecer a reflexão dos alunos sobre a relevância das situações-problemas apresentadas; possibilitar a emissão de hipótese como procedimento indispensável à investigação científica; proporcionar a elaboração de um planejamento da atividade experimental; contemplar as implicações CTS do estudo realizado; proporcionar momentos para comunicação do debate das atividades desenvolvidas; potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico (ZÔMPERO; LABURÚ, 2016, p. 23).

É importante ter o domínio das teorias mencionadas anteriormente para usá-las de forma consciente, buscando a eficiência da aprendizagem tanto na elaboração como na aplicação das atividades investigativas, além de servirem de base para a análise e verificação da alfabetização científica.

No próximo capítulo será abordado alguns aspectos sobre eletromagnetismo com a intenção de embasar de forma teórica conceitos físicos utilizados durante a aplicação da atividade investigativa

Capítulo 4

Eletrromagnetismo

Neste capítulo serão abordados alguns conceitos relacionados com ondas eletromagnéticas. Serão discutidas inicialmente as quatro equações de Maxwell utilizadas para descrever fenômenos dessa natureza e, como solução delas para o caso de fontes externas nulas, será obtida a equação de onda associada com a radiação eletromagnética.

Para a revisão de ondas eletromagnéticas apresentada aqui foram utilizadas como referências básicas os textos de Halliday e Resnick (2016), Nussenzveig (2015) e Machado (2000).

4.1 Introdução

Embora as aplicações tecnológicas das ondas eletromagnéticas façam parte do cotidiano das pessoas há bastante tempo, esse comportamento se intensificou nos últimos anos. Hoje, por exemplo, é difícil viver sem estar conectado digitalmente com o mundo para grande parte da população mundial.

Essa conexão se popularizou nos anos de 1990 por meio da rede mundial de computadores, e vem crescendo desde então, passando por várias transformações, como nas conexões de internet que inicialmente utilizavam os fios telefônicos para a transmissão dos sinais, e que atualmente usam banda larga através de cabos de fibra ótica, ou inclusive sem precisar mais deles, podendo ser feita por sistema de satélite e sem fio (do inglês *wi-fi* ou *wireless*).

Além disso, uma parcela significativa dessa conexão migrou dos computadores de mesa para os *smartphones* e se popularizou de tal forma que hoje se pode fazer muitas coisas através desses aparelhos, como pagar contas, efetuar compras, comunicar-se com várias pessoas ao mesmo tempo, acessar imagens, assistir a filmes, realizar vídeo chamadas etc.

O que pouca gente sabe é que muitas dessas tecnologias, além de outras tantas como forno de micro-ondas, televisão, rádio etc, funcionam através da propagação das ondas eletromagnéticas.

Nesse sentido, parte do processo de alfabetização científica dos cidadãos no contexto escolar passa pelo entendimento dos fenômenos físicos associados com essas ondas e sua contextualização no cotidiano do estudante. Assim, é necessário que a escola do ensino médio esteja em sintonia com as necessidades impostas pela sociedade contemporânea. De acordo com a BNCC, para que isso seja possível a escola deve, entre outros:

Garantir o protagonismo dos estudantes em sua aprendizagem e desenvolvimento de suas capacidades de abstração, reflexão, interpretação, proposição e ação, essenciais à sua autonomia pessoal, profissional, intelectual e política. (BRASIL, 2019).

Assim, as metodologias ativas se tornam um dos possíveis caminhos para envolver os alunos em situações que se aproximem da realidade vivenciada por eles para que possam ir aos poucos se apropriando dos conceitos físicos e dessa forma conseguir alcançar a sua alfabetização científica.

4.2 Ondas Eletromagnéticas

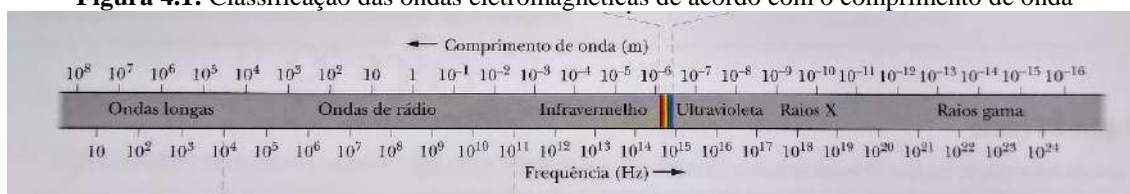
As ondas podem ser classificadas como ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. As primeiras são mais fáceis de se observar diretamente como, exemplo, as ondas formadas na superfície da água ou em uma corda. Elas necessariamente necessitam de um meio para se propagar, nos exemplos em questão, sendo eles respectivamente a água e a corda.

Já as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material para se propagar, ou seja, podem se propagar tanto no vácuo quanto na matéria. Neste trabalho abordaremos especificamente estas ondas.

4.2.1 Classificação das ondas eletromagnéticas

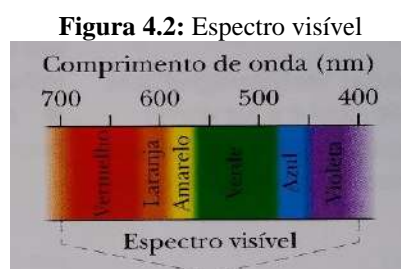
Segundo Halliday e Resnick (2016), as ondas eletromagnéticas se classificam de acordo com seu comprimento de onda, podendo ser “ondas longas, ondas de rádio, infravermelho, ultravioleta, raios X e raios gama”. Esse largo espectro de ondas é conhecido como arco-íris de Maxwell (HALLIDAY e RESNICK, 2016). A figura 4.1 a seguir ilustra esse espectro.

Figura 4.1: Classificação das ondas eletromagnéticas de acordo com o comprimento de onda



Fonte: Halliday; Resnick (2016) p. 2.

Do espectro de ondas eletromagnéticas, apenas uma pequena faixa, que varia entre 700 nm e 400 nm, é visível ao olho humano. Esta faixa está representada na figura 4.1 pelas faixas coloridas. Podemos vê-la de forma ampliada na Figura 4.2.



Fonte: Halliday e Resnick (2016) p. 2.

As ondas eletromagnéticas são um fenômeno explicado pela teoria eletromagnética, e portanto, obedecem às quatro equações de Maxwell no espaço livre (sem fontes eletromagnéticas). Por esse motivo essas equações serão abordadas na próxima seção.

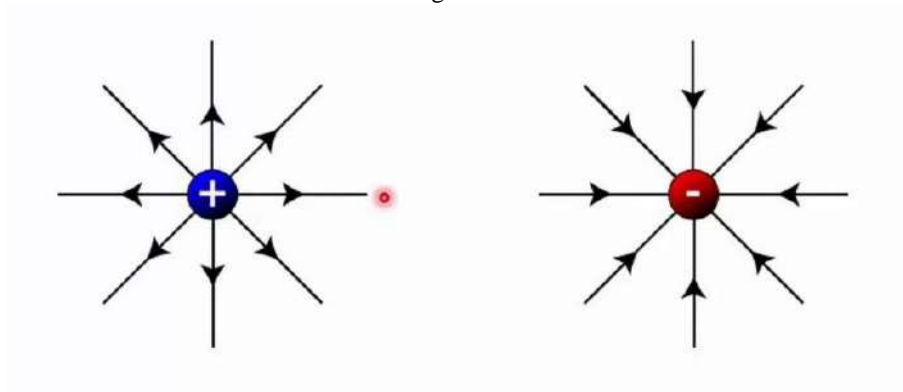
4.2.2 As equações de Maxwell

As equações de Maxwell resumem os princípios físicos que envolvem os campos elétricos e magnéticos. Vejamos de modo separado cada uma delas.

4.2.2.1 Primeira equação de Maxwell

Antes de abordar a primeira das equações de Maxwell, que envolve o conceito de campo elétrico, faz-se necessário explicar como surge esse campo. Ele surge no entorno de uma carga elétrica. Na figura 4.3 temos o campo elétrico gerado por cargas puntiformes, representados pelas linhas de força.

Figura 4.3: Representação das linhas de força de um campo elétrico para cargas puntiformes positivas e negativas.



Fonte: Google imagens.

Para efeito didático, imagine uma esfera de volume V e superfície S totalmente imersa em um campo elétrico E , de tal forma que as linhas que representam este campo estão passando através da esfera, entrando e saindo. Neste caso, teremos um fluxo do campo elétrico através da esfera, que será representado por Φ_s , e que é calculado por uma integral de superfície, ou seja:

$$\Phi_s = \oint_s \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} , \quad (1)$$

onde o vetor $d\mathbf{s}$ é perpendicular à superfície, e a integral de superfície é estendida a toda a superfície fechada S , ou seja, o fluxo do campo elétrico que entra é igual ao fluxo que sai. (NESSENZVEIG, 2015).

A lei de Gauss diz que esse fluxo é proporcional a carga Q , onde Q é carga total contida dentro do volume V interno a superfície S (NESSENZVEIG, 2015). Matematicamente:

$$\Phi_s = \oint_s \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = Q/\epsilon_0 , \quad (2)$$

onde ϵ_0 é a constante de permissividade que no Sistema Internacional de Unidades vale $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N.m}^2$, enquanto a unidade de fluxo do campo elétrico nesse mesmo sistema é $1 \text{ N.m}^2/\text{C}$.

Essa lei poderia ser escrita também na forma diferencial. Para isso, chamaremos $\rho(r)$ de densidade de carga por volume da esfera. Para calcular a carga em um elemento de volume dv basta multiplicar a densidade de carga $\rho(r)$ por dv , então teremos o valor de dq . Logo, a quantidade de carga interna da esfera será a soma dessas quantidades infinitesimais de cargas dq obtida através da integral de volume,

$$Q = \int_v \rho(r) \cdot dv \quad (3)$$

Comparando as Eqs. (2) e (3) obteremos:

$$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho(r) \cdot dV. \quad (4)$$

Aplicando o Teorema de Gauss (GUIDORIZZI, 2002) na Eq. (4) teremos:

$$\int_V (\nabla \cdot \mathbf{E}) dV = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho(r) \cdot dV, \quad (5)$$

que pode ser escrita na forma diferencial como:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}. \quad (6)$$

Esta equação é chamada Lei de Gauss ou Primeira Equação de Maxwell.

4. 2. 2. 2 A segunda equação de Maxwell

Poderíamos agora seguir a lógica apresentada acima, quando foi mostrado o campo elétrico produzido por duas cargas de sinais elétricos contrários, para introduzir o conceito de campo magnético, ou seja, utilizando duas “cargas magnéticas”, N e S, por analogia com as cargas elétricas + e -”. neste caso, N e S seriam os monopolos magnéticos. Entretanto, é fato no estudo do eletromagnetismo nunca haverem sido detectados monopolos magnéticos (NUSSENZVEIG, 2015; OTA, 2005).

A não existência de cargas magnéticas, ou melhor, monopólios magnéticos, está contida na segunda lei de Maxwell: “o fluxo magnético Φ_B através de qualquer superfície gaussiana fechada é zero”. Essa lei pode ser escrita matematicamente na forma integral como:

$$\Phi_B = \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 0. \quad (7)$$

Como visto Eq. (2), o fluxo elétrico que corta uma superfície gaussiana fechada é proporcional à sua carga interna, ou seja, a carga envolvida pela superfície. Para os campos magnéticos, entretanto, o fluxo será zero porque a superfície não pode envolver um monopolo magnético, pelo fato desse monopolo não existir (HALLIDAY e RESNICK, 2016). utilizando novamente o teorema de gauss, temos:

$$\Phi_B = \oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \int_V (\nabla \cdot \mathbf{B}) dV = 0. \quad (8)$$

Logo, a divergência do campo \mathbf{B} é igual a zero:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0. \quad (9)$$

Essa equação é a representação matemática da inexistência de monopólos magnéticos.

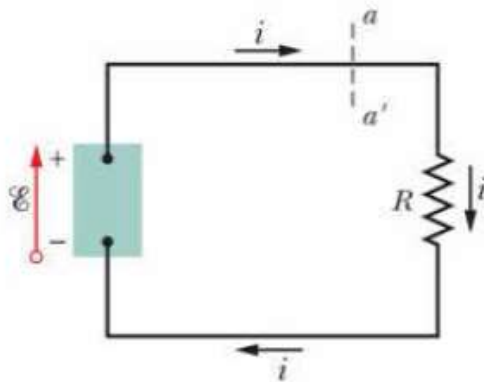
4. 2. 2. 3 Terceira equação de Maxwell

Também conhecida como Lei de Faraday, essa equação estabelece uma relação entre os campos elétricos e magnéticos. É conveniente primeiro apresentar alguns conceitos antes de chegar a ela.

Um desses conceitos é a força eletromotriz (fem) representada por \mathcal{E} . Segundo Halliday e Resnick (2006), a definição de força eletromotriz de uma fonte seria, “o trabalho por unidade de carga que a fonte realiza para transferir cargas do terminal de baixo potencial para o terminal de alto potencial”. No SI a unidade usada para medir a *fem* é o Joule por Coulomb (J/C) (HALLIDAY; RESNICK, 2016, p. 158).

A figura 4.4 a seguir representa um circuito simples onde aparece a força eletromotriz \mathcal{E} realizando trabalho para movimentar cargas dentro do circuito

Figura 4.4: Representação da \mathcal{E} no circuito elétrico.



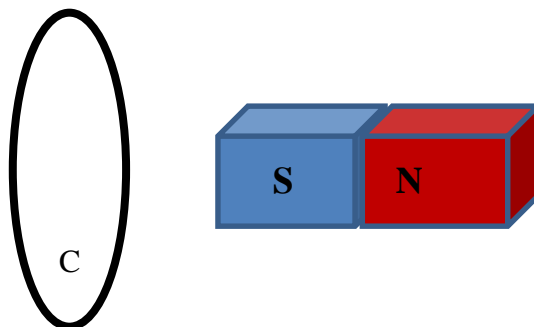
Fonte: Halliday e Resnick (2006) p. 158.

A fem também pode ser escrita como sendo a derivada do fluxo do campo elétrico em função do tempo como mostra a Eq. (10) pela letra ε :

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_c}{dt}. \quad (10)$$

Além dos circuitos com fonte geradora como a figura acima, a fem também pode surgir por meio da indução. Isso acontece quando aproximamos ou afastamos um ímã de uma espira, por exemplo. A figura 4.5 ilustra o ímã de polos Norte e Sul que pode se aproximar ou afastar do centro da espira C.

Figura 4.5: Ímã se movimentando próximo ao centro da espira C



Fonte: Autor, 2019.

Ao se aproximar o ímã ao centro da espira há aumento do fluxo do campo magnético que atravessa a espira. Da mesma forma, ao se afastar da espira há diminuição do campo magnético que atravessa a espira. Essa variação do campo magnético faz surgir a força eletromotriz no interior da espira da espira. Essa força é induzida “quando o número de linhas de campo magnético que atravessam a espira varia” (HALLIDAY; RESNICK, 2016, p. 249).

O sinal negativo da equação 10 indica que essa força vai criar um campo magnético induzido na espira, de tal forma que ele irá se opor a aproximação ou ao afastamento do ímã. Assim como surge a *fem* na espira, essa aproximação do ímã faz surgir também um campo elétrico na espira. Esse campo elétrico muda de sentido conforme o ímã se aproxima ou se afasta da espira.

Esse fenômeno é conhecido como lei de Lenz. Segundo explica Nusseinzveig (2015), “a lei de Lenz está diretamente vinculada ao princípio da conservação da energia”. (NUSENZVEIG, 2015, p. 161).

A força eletromotriz ao longo do circuito C é determinada por:

$$\varepsilon = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}. \quad (11)$$

O fluxo magnético que atravessa a espira, como visto na seção anterior, é definido pela Eq. (8). Substituindo as Eqs. (11) e (8) na Eq. (10), obtemos:

$$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s}, \quad (12)$$

que é a forma integral da terceira equação de Maxwell. Assim, o fluxo varia se a intensidade do campo magnético varia ou se a geometria do circuito variar. Se apenas o

campo magnético \mathbf{B} variar permanecendo o circuito C constante, podemos introduzir a derivada temporal para dentro da integral, como sendo uma derivada parcial do tempo (NUSSENZVEIG, 2015), obtendo:

$$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = -\int_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{s}. \quad (13)$$

Utilizando o Teorema do Rotacional (GUIDORIZZI, 2002) na Eq. (13), temos:

$$\int_S (\nabla \times \mathbf{E}) \cdot d\mathbf{s} = -\int_S \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{s}. \quad (14)$$

Nussenzveig (2015) salienta que esse resultado vale para qualquer circuito C . Igualando as integrais obtemos a terceira equação de Maxwell na forma diferencial:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}. \quad (15)$$

Essa equação nos diz que a variação do campo magnético no tempo produz um campo elétrico \mathbf{E} . Ela é de fundamental importância visto que dela decorrem muitas aplicações como os aparelhos que dependem de energia elétrica para funcionar.

4. 2. 2. 4 A quarta equação de Maxwell

Foi descoberto em 1819 pelo físico dinamarquês Hans Christian Oersted que um fio retilíneo produzia um campo elétrico perpendicular a ele de tal forma que “as linhas de força magnéticas são círculos em planos perpendiculares ao fio” (NUSSENZVEIG, 2015, p. 137).

Da segunda equação de Maxwell, vimos que $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$, pelo fato das linhas de força magnéticas serem fechadas. Por esse motivo, o campo magnético em torno de um fio condutor percorrido por uma corrente é diferente de zero. Das experiências de Ampère, chegou-se a:

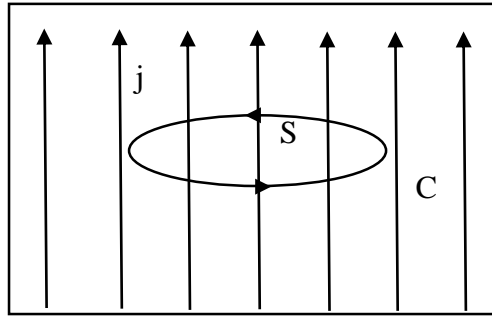
$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = ki. \quad (16)$$

onde a constante k pode ser medida em $N/(C/s)^2$ ou N/A^2 e i representa a corrente elétrica medida no SI em C/s. Para correntes estacionárias essa constante chama-se permeabilidade magnética do vácuo, cujo símbolo é μ_0 . A equação acima pode ser escrita na forma da equação 4.17,

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 i. \quad (17)$$

para uma superfície S fechada limitada pelo contorno C , conforme a figura 4.6.

Figura 4.6: Circuito interno a distribuição de corrente



Fonte: Nusseinzveig (2015) p. 139.

Maxwell corrigiu a lei de Ampère introduzindo mais um termo a equação devido ao que ele chamou de correntes de deslocamento. Para melhor entendimento do que são essas correntes, vamos imaginar um capacitor plano no vácuo ligado por fios condutores. Ao se ligar o capacitor as placas se carregam positiva e negativamente, variando a carga com o tempo. Entre as placas, temos um campo elétrico variando com o tempo, porém sem ter corrente elétrica atravessando o capacitor. Então, a lei de Ampère poderia ser escrita na forma a seguir:

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 i + \mu_0 i_{des}, \quad (18)$$

onde i_{des} é a corrente de deslocamento. Escrevendo a corrente i em termos de densidade de corrente \mathbf{J} teremos:

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \int_S \mathbf{J} \cdot d\mathbf{s} + \mu_0 \int_S \mathbf{J}_{desl} \cdot d\mathbf{s}, \quad (19)$$

onde \mathbf{J}_{desl} é pode ser escrito como $\epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$, e conseqüentemente:

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \int_S (\mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}) \cdot d\mathbf{s}. \quad (20)$$

Aplicando o teorema de Stokes no primeiro membro da equação acima temos:

$$\int_S \nabla \times \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \int_S (\mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}) \cdot d\mathbf{s}. \quad (21)$$

Igualando os integrandos obtemos finalmente:

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}, \quad (22)$$

que é a quarta equação de Maxwell. Assim como Faraday mostrou que a variação de um campo magnético produz campo elétrico, Maxwell mostrou na quarta equação que também, a variação de um campo elétrico é capaz de produzir um campo magnético, interligando eletricidade e magnetismo. A seguir temos a tabela 4.1, com as quatro equações de Maxwell na forma diferencial.

Tabela 4.1: As quatro equações de Maxwell no vácuo

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad \text{Eq. 6}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad \text{Eq. 9}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad \text{Eq. 15}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \quad \text{Eq. 22}$$

Fonte: A autor, 2019.

4.2.3 As ondas eletromagnéticas

Como visto na seção anterior, quase todos os conceitos que envolvem o eletromagnetismo podem ser expressos através de quatro equação que são conhecidas como equações de Maxwell. E uma das principais consequências dessas equações “é a previsão da existência de ondas eletromagnéticas relacionadas com as variações ou ondulações, dos campos eletromagnéticos” (MACHADO, 2006, p. 281).

Para entender como surgem as ondas eletromagnéticas, para efeito didático, imagine a situação mais simples, no vácuo, longe de cargas e correntes elétricas, onde as equações de Maxwell podem ser escritas da seguinte forma:

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = 0, \quad (23)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0, \quad (24)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}, \quad (25)$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}. \quad (26).$$

Aplicando o rotacional na Eq. (25) podemos reescrevê-la como:

$$\nabla X \nabla X \mathbf{E} = -\nabla X \left(\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right). \quad (27)$$

Como as coordenadas são independentes uma das outras, pode-se fazer a troca das derivadas espacial pela derivada temporal. Agora utilizamos a propriedade:

$$\nabla X (\nabla X \mathbf{A}) = \nabla \cdot (\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla^2 \mathbf{A}, \quad (28)$$

e substituindo em (27) chegamos a:

$$-\nabla^2 \mathbf{E} = -\frac{\partial}{\partial t} \left(\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right), \quad (29)$$

onde utilizamos a primeira equação de Maxwell no vácuo, Eq. (23). Esta equação normalmente é escrita na forma:

$$\nabla^2 \mathbf{E} - \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} = 0. \quad (30)$$

Essa última equação pode ser comparada à equação diferencial que representa uma onda $f(\mathbf{r}, t)$ com velocidade v se propagando:

$$\nabla^2 f(\mathbf{r}, t) - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f(\mathbf{r}, t)}{\partial t^2} = 0. \quad (31)$$

Assim, a equação diferencial que surge das equações de Maxwell no vácuo é a de uma onda com velocidade de propagação:

$$v = \sqrt{\frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0}}. \quad (32)$$

Substituindo os valores de μ_0 e ε_0 para valores atuais obtêm-se o valor de aproximadamente $3 \cdot 10^8$ m/s que é o valor da velocidade da luz no vácuo. De modo análogo ao que foi feito para se chegar à (31), partindo-se de (26), pode-se obter a equação diferencial para a evolução do campo magnético no vácuo,

$$\nabla^2 \mathbf{B} - \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} = 0, \quad (35)$$

onde a velocidade de propagação também é dada por $v = \sqrt{\frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0}}$.

Vemos assim que os campos \mathbf{E} e \mathbf{B} variando no vácuo formam ondas que se propagam com a velocidade da luz. Com esses cálculos Maxwell infere teoricamente que a luz seria uma onda eletromagnética. Assim, a ótica “passava a tornar-se um ramo do eletromagnetismo” (NUSSENZVEIG, 2015, p. 251).

Assim, os campos elétricos e magnéticos soluções das Eqs. (30) e (35) podem ser escritos como funções senoidais da posição x e do tempo t (HALLIDAY; RESNICK, 2016):

$$E = E_m \text{sen}(kx - \omega t), \quad (36)$$

e

$$B = B_m \text{sen}(kx - \omega t). \quad (37)$$

Aqui E_m e B_m são as amplitudes dos campos, k e ω são o número de onda e a frequência angular, respectivamente. O número de onda k pode ser obtido pela relação $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, ou seja, está relacionado com o comprimento de onda λ .

De acordo com Halliday e Resnick (2016) “a velocidade de propagação de qualquer onda progressiva é dada por $v = \omega/k$ ”. (HALLIDAY; RESNICK, 2016, p. 4). No caso específico das ondas eletromagnéticas essa velocidade v pode ser trocada pelo símbolo c . Ou seja, o ω pode ser substituído nas Eq. 36 e 37 por $\omega = k \cdot c$.

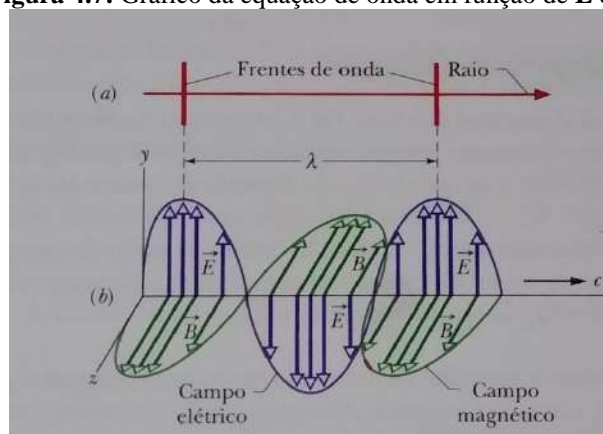
Comparando as Eqs. (37) e (36) obtemos a seguinte relação

$$\frac{E_m}{B_m} = c.$$

Os campos elétricos e magnéticos estão em fase. Quando o campo elétrico for máximo, o campo magnético também será máximo, da mesma forma quando o campo elétrico for nulo o outro também será.

A seguir temos uma figura esquemática da onda eletromagnética se propagando com velocidade c perpendicular ao plano que contém \mathbf{E} e \mathbf{B} (figura 4.5). Os campos elétrico e magnético são perpendiculares entre si.

Figura 4.7: Gráfico da equação de onda em função de **E** e **B**



Fonte: Halliday e Resnick, (2016) p. 5.

Este capítulo serviu de embasamento teórico a respeito dos conceitos físicos usados na sequência didática que será descrita no próximo capítulo.

Capítulo 5

Metodologia

Neste capítulo serão abordadas as características metodológicas deste trabalho, relacionadas com a escola, a turma participante e o projeto de que ela faz parte, os dados geográficos e econômicos do município em que a escola se situa, como foi a coleta dos dados e como foi feita a análise desses dados.

5.1 Lócus da pesquisa

Este trabalho trata de uma pesquisa qualitativa, especificamente um relato de experiência, que foi desenvolvida com uma turma do primeiro seguimento³ do ensino médio do Projeto Mundiar de uma Escola da rede Estadual situada no município de Ananindeua-PA, que pertence à região metropolitana de Belém.

5.1.1 O projeto Mundiar

Segundo a Secretaria de Estado de Educação do Pará -SEDUC-PA, o projeto Mundiar tem como objetivo a aceleração da aprendizagem dos alunos que se encontram em distorção série-idade. Ele existe tanto na modalidade ensino fundamental quanto no ensino médio. A sua implantação na rede estadual de ensino foi autorizada pela resolução nº 634 de 18 de novembro de 2013 expedida pelo Conselho Estadual de Educação -CEE. (PARÁ, 2015).

Este projeto contempla tanto as séries finais do ensino fundamental quanto o médio. Especificamente tratando do ensino médio, foco desta pesquisa, as três séries são divididas em quatro módulos, sendo que o primeiro e o segundo correspondem ao primeiro seguimento do curso (primeiro ano), enquanto o terceiro e o quarto módulos correspondem ao segundo seguimento (segundo ano). A duração do ensino médio nessa modalidade é de dois anos letivos.

Quando foi implantado em 2014, com financiamento do Banco Interamericano de Desenvolvimento -BID, este projeto tinha parceria da Secretaria de Educação do Estado (SEDUC) com a Fundação Roberto Marinho, que se utiliza da metodologia do telecurso.

³ Neste projeto as três séries do ensino médio são divididas em dois segmentos. Cada seguimento tem a duração de 1 (um) ano letivo. Ou seja, o aluno conclui o ensino médio em dois anos.

A metodologia telecurso, segundo esta fundação, abrange características locais e regionais, a partir de um currículo único “de maneira que o estudante descubra novas situações de aprendizagem a partir da sua experiência de vida”. (FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO, 2015).

O Mundiari se baseia basicamente na metodologia da telessala com o acompanhamento de um professor unidocente que tem a função de mediar os conteúdos das disciplinas com a turma. As vídeo aulas utilizadas, em sua grande maioria, são as mesmas utilizadas no telecurso da Fundação Roberto Marinho. Estes vídeos possuem duração média de quinze minutos, seguidos de atividades em sala de aula, que podem estar relacionadas com o livro didático, ou serem mais gerais como a confecção e apresentação de trabalhos.

Antes da apresentação dos vídeos, o professor utiliza dentro da metodologia do Mundiari o que é chamado de problematização, onde é feita a contextualização do assunto a ser abordado, buscando estimular a curiosidade do aluno.

Segundo o Conselho Nacional de Secretários de Educação (CONSED), “o uso dessa metodologia favorece a adequação aos diferentes contextos, com um desenho que garante, ao mesmo tempo estrutura, flexibilidade e inovação nas práticas docentes, com significativos resultados na aprendizagem e na permanência dos estudantes nas salas de aula” (CONSED, 2017).

O fato de a turma possuir um único professor, no caso o autor deste trabalho, para todas as disciplinas facilitou a abordagem interdisciplinar.

A turma participante do projeto tinha 35 alunos matriculados, sendo que apenas 26 frequentaram de fato o curso. Os alunos possuíam idade entre 18 e 21 anos.

5.1.2 O Município de Ananindeua - PA

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada no município de Ananindeua em 2019 é de 530. 598 pessoas, sendo a segunda cidade mais populosa do estado, com uma densidade demográfica de 2.477,55 habitantes por km² (IBGE, 2019).

A renda média *per capita* da população no ano de 2017, segundo o mesmo instituto, era em torno de 1,9 salários mínimos, sendo que a média de pessoas ocupadas era de 13,7 %. O percentual de pessoas com rendimento nominal mensal *per capita* de

até meio salário mínimo em 2010 era de 39,9%. Este fato a coloca na posição 71º de 144º no estado em termos de rendimentos.

No que se refere à educação, o município possui taxa de escolarização de crianças na faixa etária de 6 a 14 anos de 96,7 %, o que o coloca na posição 37º de 144 no estado, ficando à frente da capital, que ocupa a posição 53º. O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) nos anos finais do ensino fundamental das escolas públicas no ano de 2017 foi de 3,9, enquanto na capital ficou em 3,5 no mesmo ano. No ano de 2018, o município possuía 21.846 alunos matriculados no ensino médio (IBGE, 2018).

5.1.3 A Escola

A escola estadual onde foi realizada a pesquisa possui 527 alunos. Ela funciona nos turnos da tarde e noite com turmas do ensino médio, ficando ociosa no turno da manhã. Entretanto, para o ano de 2020 há previsão de funcionar nos três turnos. Ela fica localizada em uma área comercial. Segundo estabelecido no PPP da escola, possui como meta atingir nota 4,8 no IDEB no ano de 2019. A última nota registrada foi de 1,9 no ano de 2009. A escola não aparece nos registros dos anos seguintes pois não alcançou os 80% de participação dos alunos. (INEP, 2018).

Funcionando desde 2003, possui uma estrutura relativamente boa, com onze salas de aulas, um auditório equipados com centrais de ar condicionado e uma biblioteca. Conta com 68 servidores sendo destes 48 professores. A sala dos professores é relativamente confortável, possuindo um computador de mesa com acesso à *internet*, armários individuais e banheiro privativo, uma mesa com cadeiras para reuniões e um sofá.

A escola possui uma quadra de esportes, onde são realizadas além das atividades esportivas, os eventos culturais da escola. Além das turmas regulares de ensino médio, que funcionam no turno da tarde e noite, o colégio possui três turmas do projeto Mundiar, duas do segundo seguimento e uma do primeiro segmento. Estas turmas funcionam somente no turno da noite.. A escolha da escola se deu por conveniência, uma vez que o professor participante da pesquisa pertencer ao quadro efetivo da escola.

5.2 Coleta de dados e análise

A coleta de dados se deu principalmente através duas listas com cinco perguntas abertas cada. Cada lista foi entregue ao final de cada etapa. A primeira etapa consistiu na aplicação da Sequencia didática interdisciplinar (descrita no próximo capítulo)

envolvendo mapas, escala, localização, direção de propagação das ondas, e o funcionamento de GPS. Já a segunda envolveu a propagação das ondas eletromagnéticas e suas aplicações práticas.

Além das perguntas escritas, foram gravados e filmados pelo professor da turma alguns momentos das atividades, que foram transcritos e analisados de acordo com as teorias abordadas no referencial teórico.

Capítulo 6

Descrição da Sequência Didática e sua aplicação

A aplicação da Sequência Didática foi dividida em duas etapas - ou missões, na linguagem apresentada aos alunos - cada uma com seis momentos. A primeira etapa consistiu basicamente em achar a localização do emissor de um sinal (por exemplo, de um celular) em um mapa utilizando os materiais disponibilizados. A segunda etapa tratou de ondas eletromagnéticas, e teve como objetivo levar os alunos a encontrar um meio de impedir que uma onda eletromagnética, no caso o sinal de um celular, se propagasse.

Nos dias 08 e 09 de outubro de 2019 foram aplicadas respectivamente as duas etapas da Sequência Didática. No primeiro dia ocorreu a primeira etapa (Missão I), que consistiu na atividade interdisciplinar envolvendo Geografia, mais especificamente estudando o tema cartografia, e o uso do GPS. No segundo dia ocorreu a atividade envolvendo ondas eletromagnéticas (Missão II). Essas atividades se dividiram em seis momentos cada uma. Todas essas etapas serão relatados a seguir.

6.1 Missão I - Triangulação em mapas

6.1.1 1º Momento: Fundamentação teórica e Contextualização - problematização

O professor da turma iniciou os trabalhos fazendo uma breve introdução do tema, falando das grandes navegações e de como as pessoas se orientavam para se deslocar por grandes distâncias antigamente, utilizando instrumentos como a bússola e o astrolábio, bem como destacando a importância de se saber a localização precisa das coisas e das pessoas. Depois argumentou que o aparelho celular possui aplicativos que simulam as bússolas e permitem fazer a localização de uma pessoa com bastante precisão por meio do GPS. Neste momento foram distribuídas para a turma imagens de astrolábios, como as mostradas nas figuras 6.1 e 6.2.

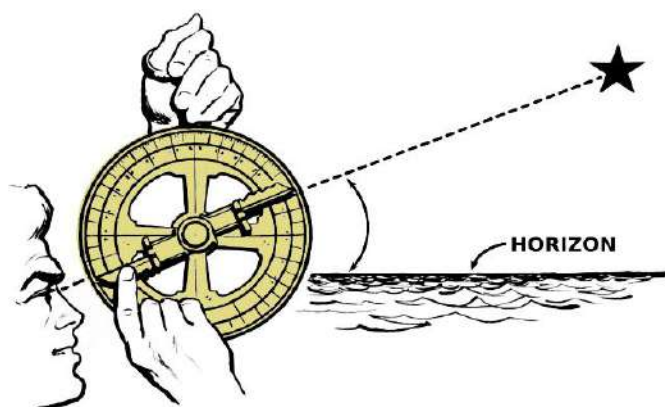
Este primeiro momento é chamado pela metodologia do Mundiar e pelos autores que defendem o ensino por investigação de problematização. Nele se busca aguçar a curiosidade do aluno. Ela é usada antes de se iniciar cada conteúdo novo.

Figura 6.1: Exemplo de astrolábio



Fonte: Google imagens

Figura 6.2: Imagem de astrolábio usado nas navegações



Fonte: Google imagens

6.1.2 2º Momento: Descrição das missões - Propondo o problema da Missão

Foram formados quatro grupos e após a distribuição dos materiais foram lidas em voz alta as tarefas que os alunos tinham que realizar nessa primeira missão.

O desafio consistia em encontrar a localização em um mapa de um aluno perdido que possuía um aparelho capaz de emitir sinais de alerta. Como dado inicial fornecidos às equipes, o professor informava que o sinal de alerta havia sido captado por três torres nas proximidades do bairro em que a escola se localiza.

A missão 1 consistiu na localização no mapa de um aluno perdido que possuía um aparelho capaz de emitir sinais de alerta. O sinal foi captado por três torres nas

proximidades do bairro em que a escola se localiza. A seguir temos o comando que foi distribuído aos alunos, ou seja, a situação problema:

MISSÃO 1

*Um aluno da escola está perdido e dispõe de um aparelho eletrônico que emite sinais. Uma equipe de busca está à sua procura e captou o seu sinal de socorro através de três torres. Sua missão é encontrar no **mapa** o local de onde está sendo emitido o sinal de socorro usando apenas o compasso, a régua e as seguintes informações:*

*1.O sinal foi captado em uma torre localizada no **Juizado Especial Cível de Ananindeua** a uma distância de 250 m;*

*2.O sinal foi captado por uma torre localizada na **UFPA – Campus Ananindeua** a uma distância de 305 m;*

*3.O sinal foi captado por uma torre localizada na **Paróquia de Nossa Senhora do Amparo** a uma distância de 270 m.*

Na figura 6.3 temos o mapa que foi utilizado para localizar o emissor de sinal.

Figura 6.3 Mapa da região próxima à escola



Fonte: Google Maps

Para localizar o ponto do mapa em que estava sendo emitido o sinal, eles tinham que fazer, ao final da atividade, três círculos de tal forma que a interseção deles seria a possível localização do emissor.

A escolha por um mapa menos abrangente, ao invés de usar o mapa da cidade ou do estado por exemplo, se deu com a finalidade de contextualizar o aluno a pontos de referência que ele pudesse reconhecer na sua localidade.

A ideia inicial era utilizar o mapa da região metropolitana de Belém, porém os pontos iriam ficar difíceis de visualizar. Outra opção seria utilizar uma folha de papel de tamanho maior, porém ficaria mais difícil imprimir, então se utilizou a folha de papel A4, por ser de fácil acesso e de menor custo.

6.1.3 3º Momento: Interagindo com os materiais

Um dos objetivos da atividade foi fazer com que os alunos chegassem à conclusão de que a distância do sinal para as torres poderia estar em qualquer direção, por isso o uso da régua não seria adequado. Outro objetivo foi levar o aluno a perceber o caráter tridimensional da emissão da onda, mesmo que no papel seja visto apenas em duas dimensões. Como se conhecia apenas a distância e não a direção, seria viável o uso do compasso para delimitar a área onde poderia se encontrar o emissor.

Outro objetivo era que ele pudesse associar que com a interseção dos círculos maiores seriam as chances de encontrar o emissor. No caso foram utilizados três círculos e a intenção era fazer com que eles chegassem à conclusão de que o emissor se encontrava na interseção desses três círculos.

A proposta era fazer a gravação de parte das atividades com auxílio de aparelhos celulares ou gravadores espalhados entre os grupos, principalmente das interações entre os alunos e o aplicador e entre os alunos. Na ocasião, foram gravados alguns momentos da atividade e outros filmados.

Os materiais disponibilizados aos alunos foram réguas, compassos; mapas; folhas com o comando do desafio (Tabela 6.1).

Tabela 6.1: Materiais utilizados na primeira etapa.

Materiais	Quantidade por equipe
Comando do desafio	1
Compasso	1
Mapas	1
Réguas	1

Fonte: Autor, 2019

Neste momento surgiram as primeiras hipóteses de como os estudantes poderiam solucionar o problema proposto. Também apareceram dúvidas quanto ao manuseio dos materiais, principalmente o compasso e o mapa. Quanto ao mapa, a maior dúvida era sobre a escala. Na figura 6.4 a seguir temos os alunos de um grupo interagindo sobre a possibilidade de uso da régua para delimitar o campo de atuação do sinal.

Figura 6.4: Alunos interagindo para solucionar o problema proposto



Fonte: Autor, 2019

6.1.4 4º Momento: Como conseguiram resolver o problema?

Após todos grupos chegarem à conclusão de que a possível localização do emissor é a interseção dos três círculos, os alunos foram estimulados a relatar como conseguiram resolver o problema proposto. A intenção desse momento foi fazer com que os alunos desenvolvessem a habilidade de relatar os resultados de suas ações.

6.1.5 5º Momento: Construindo relações causais

Neste momento os alunos foram indagados do por quê utilizaram o compasso ao invés da régua, se a quantidade de torres interfere na precisão da localização do emissor e se o sinal se propaga em várias direções ou apenas em uma direção, bem como se ele ocorre em duas dimensões, como as ondas do mar ou em tres dimensões, como em um radar.

O objetivo desse momento foi dar a oportunidade para que os alunos pudessem argumentar a partir das suas ações e observações, pois de acordo com Oliveira e Carvalho apud Zompero e Laburú (2016, p. 29) “os alunos, enquanto discutem e argumentam sobre um determinado fenômeno, estão processando cognitivamente a compreensão da atividade”.

Em seguida, foi perguntado à turma onde poderia ser aplicado um sistema que funcione mais ou menos dessa maneira. A ideia é que nessa fase eles pudessem responder que o aparelho GPS funciona com tecnologia semelhante, o que de fato aconteceu.

Após relatarem e argumentarem sobre a atividade, foi distribuído uma folha com perguntas, onde os alunos puderam desenvolver além da fala também a habilidade de escrita.

6.1.6 6º Momento: Aprofundando o tema

Logo após foi distribuído e lido de forma coletiva um material que explica de forma simplificada o funcionamento do GPS.

6.2 Missão II - Ondas Eletromagnéticas

A missão II consistiu em fazer, utilizando os materiais disponibilizados, e sem desligar o aparelho celular ou mexer em sua configuração, com que o sinal do celular emissor não chegue ao celular receptor. Os celulares utilizados como receptores foram os dos próprios alunos e o emissor foi o aparelho do professor. Antes de iniciar a atividade foi feito o teste para saber se os aparelhos estavam funcionando e dentro da área de cobertura.

6.2.1 1º Momento: Contextualizando o tema

Inicialmente o professor falou das diversas aplicações cotidianas das ondas eletromagnéticas, como nos aparelhos de micro-ondas, sinal de celulares, *wifi*, sinais de televisão e rádio. O objetivo dessa etapa foi fazer com que o aluno começasse a ter consciência de que as ondas eletromagnéticas fazem parte do seu dia a dia e começasse a pensar sobre elas. Como dito anteriormente, esse momento seria a problematização do assunto.

6.2.2 2º Momento: Propondo o problema

Após a leitura do material feita pelos grupos, o professor apresentou para os alunos os materiais que eles poderiam utilizar: folhas de papel A4 e folhas de papel alumínio. Esses materiais estão dispostos na tabela 6.2.

Tabela 6.2: Materiais utilizados na segunda etapa.

Materiais	Quantidade
Papel A4	4
Papel alumínio	4

Fonte: Autor, 2019

6.2.3 3º Momento: Interagindo com os materiais disponíveis

Neste momento, foi disponibilizado um tempo para que os alunos pudessem interagir com os materiais, elaborar hipóteses e refutá-las entre si, tendo o professor como mediador, até resolverem o problema. Esse tempo foi breve, pois alguns alunos já tinham esse conhecimento prático.

6.2.4 4º Momento: Como conseguiram resolver o problema?

Nesse momento os alunos foram estimulados a relatar o que e como fizeram para resolver o problema proposto, desenvolvendo, dessa forma, a habilidade de comunicar resultados.

6.2.5 5º Momento: Construindo relações causais

Nesse momento os alunos foram indagados do por quê a folha de papel não conseguir isolar o celular do sinal e se poderiam ser utilizados outros materiais e/ou outras maneiras para isolar o sinal do celular?

A intenção desse momento foi proporcionar aos estudantes a oportunidade de argumentarem sobre suas ações, suas hipóteses e suas conclusões.

6.2.6 6º Momento: Aprofundando o tema

Nesse momento foi distribuído aos alunos um texto sobre ondas eletromagnéticas, onde são vistos aspectos históricos, características das ondas eletromagnéticas, principais diferenças entre elas e as ondas mecânicas, a relação entre ondas e o transporte de energia e suas principais aplicações na atualidade. A figura 6.5 mostra os alunos socializando como grupo as suas respostas escritas.

Figura 6.5: Alunos socializando as explicações causais



Fonte: Autor, 2019

A seguir são apresentadas os quadros 6.1 e 6.2 que sintetizam as duas etapas e os seus respectivos momentos.

Quadro 6.1: 1ª etapa e seus seis momentos**1ª ETAPA: LOCALIZAÇÃO DO EMISSOR DE SINAIS****1º MOMENTO: CONTEXTUALIZANDO O TEMA**

Neste momento é trazido para os alunos que a necessidade de saber se localizar é bastante antiga e remonta a época das grandes navegações, com a utilização das constelações, astrolábios e bússolas. Também são apresentadas imagens de astrolábios e bússolas para que possam manipular.

2º MOMENTO: PROPONDO O PROBLEMA (MISSÃO 1)

Um sinal é captado por três torres. Onde é a possível localização do emissor no mapa?

3º MOMENTO: INTERAGINDO COM OS MATERIAIS DISPONÍVEIS

São disponibilizados réguas, compassos e mapas para que os alunos possam manusear. Nesse momento as possíveis hipóteses são escutadas e refutadas com o objetivo de chegar ao objetivo.

4º MOMENTO: COMO CONSEGUIRAM RESOLVER O PROBLEMA?

Os alunos são estimulados a relatar o que fizeram.

5º MOMENTO: CONSTRUINDO AS RELAÇÕES CAUSAIS

Por que se utilizou o compasso e não a régua?

Se tivessem mais torres a localização seria mais precisa?

6º MOMENTO: APROFUNDANDO O TEMA

Nesse momento é apresentado um pequeno texto falando sobre o funcionamento do GPS

Quadro 6.2: 2ª etapa e seus seis momentos**2ª ETAPA: ONDAS ELETROMAGNÉTICAS****1º MOMENTO: CONTEXTUALIZANDO O TEMA**

Neste momento é trazido para os alunos um pequeno texto tratando das diversas aplicações das ondas eletromagnéticas. O objetivo é mostrar que as ondas fazem parte de nossa vida cotidiana

2º MOMENTO: PROPONDO O PROBLEMA (MISSÃO 2)

Utilizando diferentes tipos de folhas de papel, de alumínio etc e dois celulares encontre uma maneira do sinal do celular emissor não chegar ao celular receptor.

3º MOMENTO: INTERAGINDO COM OS MATERIAIS DISPONÍVEIS

Após os materiais serem distribuídos é dado um tempo para que possam elaborar hipótese e refutá-las entre si, tendo o professor como mediador.

4º MOMENTO: COMO CONSEGUIRAM RESOLVER O PROBLEMA?

Os alunos são estimulados a relatar o que fizeram

5º MOMENTO: CONSTRUINDO AS RELAÇÕES CAUSAIS

Por que que com a folha de papel não foi possível isolar o celular?

Poderia ser utilizado outros materiais e outras maneiras?

6º MOMENTO: APROFUNDANDO O TEMA

Nesse momento é lido coletivamente um pequeno texto falando sobre as ondas eletromagnéticas.

Capítulo 7

Análise dos Resultados

Neste capítulo é apresentada a análise dos dados coletados durante a aplicação da proposta didática. Foram utilizados para a análise os textos escritos pelos alunos ao final de cada uma das duas etapas da Sequência Didática, bem como a transcrição dos vídeos e dos áudios produzidos durante a aplicação da proposta didática. Embora nas perguntas escritas os alunos tenham sido identificados pelo nome, neste trabalho foi feita a opção de identificá-los pela letra A seguida de sequência numérica (A1, A2, A3 e assim por diante) de forma aleatória com a intenção de dificultar as suas identificações. Essa nomenclatura foi mantida nas duas etapas.

7.1 Missão I - Triangulação em mapas

A proposta inicial era que, após finalizadas as tarefas, os alunos pudessem sistematizar suas ideias, abrindo para debate em um grande grupo. Nesse momento seriam introduzidos os conceitos físicos envolvidos no GPS. Tinha-se a intenção de fazer com que eles próprios pudessem chegar a esses conceitos, inicialmente se utilizando do senso comum e, com a mediação do professor, e depois gradualmente ir construindo conceitos aceitos cientificamente.

A primeira pergunta feita à turma foi em forma de missão, a missão I. Ela consistiu em “encontrar no mapa o local onde está sendo emitido um sinal de socorro usando apenas o compasso e a régua”. A partir de três pontos de referência onde estariam localizadas as torres, o aluno tinha que chegar à conclusão de que a interseção dos três círculos formados pelo compasso no mapa seria a possível localização do emissor. A fim de facilitar e ao mesmo tempo contextualizar a atividade, as torres foram colocadas em pontos supostamente conhecidos por eles dentro do mapa impresso.

A fim de transformar a distância real das torres até o emissor para a distância entre as torres o emissor no mapa, foi desenhada pelo professor essas três distâncias usando a escala de conversão do mapa. Essa distância deveria ser usada na abertura dos compassos representando a área de cobertura de cada torre.

7.1.1 Análise das filmagens

Os grupos se formaram de forma espontânea, o que talvez os tenha deixado desequilibrados em termos de desenvolvimento cognitivo pois, como a atividade estava valendo nota, os próprios alunos se classificavam, procurando aqueles que poderiam se sair melhor na avaliação.

As tabelas 7.1 a 7.4 apresentam a transcrição de trechos filmados nas equipes. Especificamente na primeira, é apresentando um momento de diálogo entre o professor e um dos estudantes, durante a etapa de localização do emissor.

Até esse momento da atividade nem todos os alunos estavam seguros quanto à melhor maneira de encontrar o emissor, se deveriam utilizar a régua ou o compasso, embora a maioria já tivesse percebido que a possível localização do emissor seria a interseção dos três círculos.

Isso fica perceptível a partir da leitura da fala do aluno A3 na linha 11 - *Dá onde tá vindo? Que direção?... como a gente vai saber?* Ou seja, a **característica tridimensional da onda eletromagnética**, no caso o sinal emitido, ainda não havia sido percebida pela maioria dos alunos. Entretanto, o mesmo aluno na linha 13 começa a reconstruir sua resposta através da reflexão, mas ainda trabalhando com a hipótese de o sinal viajar em uma única direção. As tabelas a seguir são apresentados alguns trechos da sequência didática onde os números à esquerda simbolizam os turnos das falas.

Tabela 7.1: Fala de um dos grupos na primeira etapa da Sequência Didática Parte I

Linhas	Falante	
1	Aplicador	<i>Onde o emissor está?</i>
2	A3	<i>Ele tá por aqui, ele tá entre...ele tá nesse espacinho aqui oh, ele tá nisso aqui assim, ele tá por aqui [se referindo a interseção dos três círculos no mapa]</i>
3	Aplicador	<i>Mas por que ele tá aí?</i>
4	A3	<i>Porque aqui é a área selada aqui oh, um ponto daqui, daqui um ponto dos três</i>
5	A4	<i>Fazendo os cálculos...</i>
6	A2	<i>A gente somou aqui oh, tudinho, 270, 250, 305. Puxando de cada ponto fixo e deu aqui oh, nessa areazinha aqui oh [apontando para a interseção dos três círculos]</i>

7	Aplicador	<i>Podia usar a régua aí?</i>
8	A2	<i>Dá...[sem muita firmeza]</i>
9	Aplicador	<i>Dá? Sim ou não?</i>
10	Aplicador	<i>Mas, como é que vai saber a direção que tá vindo o sinal?</i>
11	A3	<i>Dá onde tá vindo? Que direção?... como a gente vai saber?... [Expressa dúvida na fala, tentando achar a resposta]</i>
12	A2	<i>Na verdade, aqui tem vários tipos de rua aqui, entendeu? Tem mais ruas... [tentando responder a pergunta]</i>
13	A3	<i>É por causa que a direção é do ponto mais mais é....do ponto ... que liga os três. Do ponto que vai ligar os três. [Tentando construir a resposta]. Tipo, daqui pra cá tem um ponto, e aí vai dá um ... daqui ... daqui do primeiro daqui, onde eles vão chegar mais perto dos três pontos. Então daqui da ...do Juizado Especial vai ter um ponto aqui.... mais perto. A Ufpa vai ter um ponto.... mais perto aqui do juizado, vai ser da Paróquia vai dar bem aqui assim... [traçando linhas retas a partir dos pontos onde estavam localizadas as torres]</i>

Fonte: Autor, 2019

Na tabela 7.2, o aplicador questiona o grupo se a quantidade de torres influencia na precisão da localização. A partir da linha da linha 16, o aluno A3 começa associar a localização do emissor a algo tridimensional. O que ele chama de “volta”, que na verdade seria mais um círculo. Na linha 17, o aluno A4 acredita que mais uma torre facilitaria a localização - *Acho que melhoraria!* Da mesma forma, na linha 22 o mesmo aluno acredita que com menos torres iria dificultar a localização - *Acho que com menos torres fica mais difícil de encontrar.* Na linha 19 o aluno A4 associa a quantidade de torres com a precisão da localização - *Ah! Mais um ponto de referência!* Na linha 21 o aluno A3 complementa - *Aí a gente ia tentar ligar, tentar interligar o ponto que chegaria mais perto delas.*

Tabela 7.2 Fala de um dos grupos na primeira etapa da Sequência Didática. Parte II

Linhas	Falante	
14	Aplicador	<i>Se tivesse mais uma torre ia melhorar ou piorar?</i>
15	A4	<i>Mais uma torre de ligação?</i>

16	A3	<i>Poderia melhorar, poderia melhorar pelo fato de que se ele estivesse por aqui [apontando para o canto inferior esquerdo do mapa] ela ia dar mais um sinal, ele ia dá por aqui, ele ia dá no centro. Ia da mais uma volta.</i>
17	A4	<i>Acho que melhoraria!</i>
18	Aplicador	<i>Por que ia melhorar?</i>
19	A4	<i>Ah! Mais um ponto de referência!</i>
20	Aplicador	<i>E se tivessem só duas torres?</i>
21	A3	<i>Aí a gente ia tentar ligar, tentar interligar o ponto que chegaria mais perto delas</i>
22	A4	<i>Acho que com menos torres fica mais difícil de encontrar</i>
23	Aplicador	<i>Mais torres mais precisa ne?</i>
24	A3	<i>Mais torres, mais fácil de encontrar</i>
25	Aplicador	<i>Certo, beleza.</i>

Fonte: Autor, 2019

Vemos do diálogo da tabela 7.2 que no decorrer da atividade é perceptível uma mudança gradual dos conceitos dos alunos.

A tabela 7.3 a seguir ilustra a relação que os alunos fazem dos conceitos aprendidos na atividade desenvolvida com as situações por eles vivenciadas em seu cotidiano.

Tabela 7.3: Fala de um dos grupos na primeira etapa da Sequência Didática. Parte III

Linhas	Falante	
26	Aplicador	<i>Agora, isso aí. Quem que usa isso pra localização? Tem alguma coisa que usa esse princípio pra localização?</i>
27	A3	<i>Como assim?</i>
28	Aplicador	<i>Um aparelho, sei lá o que....</i>
29	O grupo	<i>GPS?</i>
30	Aplicador	<i>GPS!</i>
31	A2	<i>GPS e o mapa!</i>
32	A4	<i>GPS, Google maps</i>

- 33 A1 *O GPS usa a referência de vários satélites*
- 34 Aplicador *Vários satélites. Mas tu sabes quantos são?*
- 35 A1 *É como se fosse várias torres aqui. Onde tá o ponto é onde tu tá.*
- 36 Aplicador *Seriam quantos? Três? Quatro? Pra ficar mais preciso*
- 37 O grupo *Uns quatro*
- 38 Aplicador *Beleza!*
- 39 Aplicador *O Uber? Ele se baseia por aí?*
- 40 A3 *Sim!*
- 41 Aplicador *Ele tem GPS?*
- 42 O grupo *Ele tem GPS!*
- 43 A3 *Ele dá a localização exata pra achar a gente*
- 44 Aplicador *Certo!*

Fonte: Autor, 2019

No decorrer da atividade eles conseguem associar o mecanismo utilizado na atividade com o funcionamento do GPS como mostra a linha 29 onde o grupo responde “GPS”.

Fazendo analogia ao funcionamento do GPS, as torres que recebem o sinal fariam o papel dos satélites e o emissor do sinal faria o papel do aparelho celular, no caso o GPS contido no aparelho. Na linha 33 o aluno A1 se refere a isso quando diz que - *O GPS usa a referência de vários satélites*, e na linha 35 o mesmo aluno complementa - *É como se fosse várias torres aqui. Onde tá o ponto é onde tu tá*”.

Quanto à precisão da localização do emissor, o grupo associou isso à quantidade de satélites, no caso da atividade a quantidade de torres, como ilustra a linha 37, onde o grupo responde que seriam necessários - *uns quatro* - para ficar mais preciso.

O fato de a grande maioria dos alunos possuir aparelho celular com acesso à internet e usarem aplicativos que facilitam a localização como o *Google Maps* e similares, e também aplicativos de transporte enriqueceu a atividade, pois essa tecnologia, o GPS, faz parte do contexto em que eles estão inseridos.

Isso está de acordo com um dos objetivos da interdisciplinaridade que segundo Ostermann e Mozena (2016) é “esclarecer uma situação, resolver um problema ou

compreender algo em seu contexto o mais próximo possível do real ou cotidiano” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 297).

A tabela 7.4 ilustra as falas dos alunos quanto a localização do mapa em relação aos pontos cardeais. Quando perguntados pelo aplicador sobre a localização do mapa quanto aos pontos cardeais, na linha 46 o aluno A5 responde que seria - *pela bússola* - se referindo na verdade ao símbolo da Rosa dos Ventos presente nos mapas que servem justamente para a orientação dos mapas quanto aos referidos pontos cardeais. Na linha 52 o aluno A3 demonstra um conhecimento prévio de orientação dos mapas. Sabe que existe um padrão, porém não consegue explicar o porquê - *Pra cá eu sei que é Norte! Sei lá, pra cá é Norte!*

Tabela 7.4: Fala dos alunos quanto a localização dos Pontos Cardeais

Linhas	Falante	
45	Aplicador	<i>Olha só. A gente pode mexer o mapa assim? Pra cá pra lá. [Girando o mapa] não pode mexer? Como é que tu vai saber quem é o norte quem é sul?</i>
46	A5	<i>Pela bússola!</i>
47	A3	<i>Bem aqui tem uma bússola [procurando no mapa] por aqui... tem que ter. [pausa média]. Cadê a bússola daqui? [se referindo ao símbolo da Rosa dos ventos que orientam os mapas]. Tem bússola aqui?</i>
48	Aplicador	<i>Tá apagada, mas tem sim [Se referindo ao símbolo procurado]</i>
49	Aplicador	<i>Tem um padrão? Tem um padrão no mapa pra dizer quem é o Norte quem é o Sul?</i>
50	A3	<i>Tem!</i>
51	Aplicador	<i>Qual é o padrão?</i>
52	A3	<i>Pra cá eu sei que é Norte! Sei lá, pra cá é Norte! [se referindo a parte superior do mapa]</i>
53	A2	<i>É sim!</i>
54	A4	<i>Pra cá é norte!</i>
55	A3	<i>Pra cá leste...eu não sei se é oeste ou sul ou sul e leste</i>

7.1.2 Análise das respostas escritas

Quanto à parte escrita, as respostas foram mais objetivas se comparadas com as respostas gravadas. De um modo geral, a maioria dos alunos entendeu que o compasso seria a melhor forma de delimitar a área de alcance do sinal dentro do mapa, porém alguns terminaram a atividade ainda acreditando que com a régua também seria possível, embora mais difícil, como podemos perceber pela leitura dos textos contidos nas figuras 7.1 e 7.2.

Figura 7.1: Registro do aluno

1) Por que se você utilizou o compasso ao invés da régua para medir as distâncias entre o emissor e o receptor? A régua poderia ser utilizada? Por quê?

Não, sim, porém com compasso é uma forma mais simples de encontrar o sinal.

Fonte: Avaliação da aprendizagem, 2019

Na figura 2.2 o aluno, embora não utilize a unidade de medida adequada, associa o compasso a ideia de ângulo - 360° .

Figura 7.2: Registro do aluno

1) Por que se você utilizou o compasso ao invés da régua para medir as distâncias entre o emissor e o receptor? A régua poderia ser utilizada? Por quê?

Porque é mais pratico pois temos a 360° pra poder achar onde a pessoa tá

Fonte: Avaliação da aprendizagem, 2019

A segunda pergunta escrita tinha a finalidade de fazer os alunos relatarem como conseguiram resolver a situação proposta. Para Carvalho (2014), essa etapa é importante pois é nela que “os alunos vão tomando consciência de suas ações” (CARVALHO, 2014, p. 9). Ao contrário do esperado, as respostas foram bem diretas, o que evidencia a falta de costume com atividades desse tipo. Na figura 7.3, um dos alunos relata que utilizou uma das habilidades esperadas nesse tipo de atividade investigativa que é a reflexão (CARVALHO, 2014).

Figura 7.3: Registro do aluno

2) Como conseguiu resolver o problema? Faça um pequeno relato

BOM CONSIGUI FAZER COM O COMPASSO A
BOBÓIA É UM POUCO DE RACIONIO

Fonte: Avaliação da aprendizagem, 2019

Na figura 7.4 a seguir é possível observar a negociação de significados pelo grupo – *entrando em acordo com a equipe a melhor forma para resolver é...* De acordo com Carvalho, esse momento “será importante para a construção do conhecimento” (CARVALHO 2014, p. 9).

Figura 7.4: Registro do aluno

2) Como conseguiu resolver o problema? Faça um pequeno relato

sem entrando em acordo com a
equipe a melhor forma para resolver,
é com a ajuda da compassa consig
uimos achar de qual o sinal estava vindo.

Fonte: Avaliação da aprendizagem, 2019

A terceira pergunta versava sobre o aspecto tridimensional do sinal. “Que explicação você daria para o fato de o sinal poder ser recebido em qualquer direção da torre?”. Essa pergunta tinha como objetivo dar a oportunidade para que os alunos pudessem argumentar com base em suas ações e observações, pois de acordo com Oliveira e Carvalho *apud* Zompero e Laburú (2016) “os alunos, enquanto discutem e argumentam sobre um determinado fenômeno, estão processando cognitivamente a compreensão da atividade” (ZOMPERO; LABURÚ, 2016, p. 29). Todos os alunos responderam que o sinal poderia ser emitido em todas as direções. A figura 7.5 ilustra esse fato. Muitos utilizaram a palavra “expande” se referindo a emite.

Figura 7.5: Registro do aluno

3) Que explicação você daria para o fato do sinal poder ser recebido em qualquer direção da torre?

Porque o sinal se expande em todas as direções e foram capturados por vários torres (torres) e com esse giro faz a busca na região.

Fonte: Avaliação da aprendizagem, 2019

Na quarta pergunta foi pedido para os alunos associassem a atividade desenvolvida a alguma situação prática. Quase todos se referiram ao GPS, a um aplicativo de transporte e ao *Google Maps* (figura 7.6).

Figura 7.6: Registro do aluno

4) Cite outras situações onde ocorre algo parecido com a atividade que você desenvolveu

quando utilizamos APPS como uber

Fonte: Avaliação da aprendizagem, 2019

Na quinta e última pergunta foi pedido para que desenhassem a situação vivenciada na atividade. Essa questão tinha como objetivo fazer com que os alunos utilizassem outras formas de se expressar que não fosse a escrita formal. Dessa forma, uma eventual dificuldade de escrita poderia ser minimizada.

Quase todos utilizaram círculos para representar a atividade desenvolvida. A figura 7.7 ilustra uma das respostas.

Figura 7.7: Registro do aluno

5) Faça um desenho que mostre as situações da atividade



Fonte: Avaliação da aprendizagem, 2019

7.2 Missão 2 - Ondas Eletromagnéticas

Da mesma forma que ocorreu na primeira etapa, após os grupos se formarem e ser entregue o material, no caso um pedaço de papel alumínio e uma folha de papel A4, foi distribuída a tarefa que os alunos teriam que realizar. Foi perguntado a turma qual dos materiais deveria ser utilizado para bloquear o sinal do celular.

7.2.1 Análise das filmagens

A tabela 7.5 a seguir ilustra algumas das falas dos alunos no momento da interação entre eles e o aplicador da atividade.

Tabela 7.5: Fala dos alunos na segunda etapa da Sequência Didática

Linhas	Falante	
1	Aplicador	<i>Qual desses materiais vocês irão utilizar?</i>
2	A7	<i>O alumínio. Ele esquenta</i>
3	Aplicador	<i>Como assim?</i>
4	A7	<i>Porque o alumínio por ele mesmo ele esquenta. Ele é um.... ele é um ...um papel que esquenta, que serve pra esquentar, tanto é que a gente usa na ..no cabelo, pra tintura e tudo, que ele ajuda a que ele esquentando ele abre o cabelo, a cor do cabelo. Ele vai ele vai.... é..... como é? Vai deixar loiro?</i>
5	A7	<i>O alumínio ele esquenta. Tanto que a gente usa pro cabelo, pra quando a gente vai descolorir o cabelo porque ele esquenta muito, então ele ajuda a clarear o cabelo. Então eu acho que ele é o papel que esquenta, entendeu?</i>
6	Aplicador	<i>[Registrando um relato paralelo do aluno]</i>
7	A2	<i>[risos] não! Não professor [rindo] porque quando os assaltante vão roubar alguém, eles usam esse papel alumínio pra embrulhar a mercadoria pra não gerar área, entendeu? É isso entendeu?</i>

Fonte: Autor, 2019

Nas linhas 2, 4 e 5 o aluno A7 levanta uma primeira hipótese. Para ele, o alumínio deveria ser usado para deixar o celular fora de área, ou seja, impedir que o sinal do celular

emissor chegasse até o celular receptor, pelo fato de ele esquentar. O estudante associou esse fato ao seu conhecimento do dia a dia, pois observou que o alumínio esquenta ao ser usado para descolorir cabelo - *Tanto que a gente usa pro cabelo, pra quando a gente vai descolorir o cabelo porque ele esquenta muito, então ele ajuda a clarear o cabelo.*

Nesse momento, os alunos começam a associar seus conhecimentos e experiências de vida com a atividade. O aluno A2 na linha 7, meio que constrangido e apenas falou pela insistência do aplicador, relatou que existem pessoas que se utilizam desse artifício para poder burlar sensores, bloqueando assim o sinal, a fim de furtar objetos - *porque quando os assaltante vão roubar alguém, eles usam esse papel alumínio pa embrulhar a mercadoria pa não gerar área.*

Outro aluno, em situação que não foi registrada, relatou que existe uma série que ela acompanha no aplicativo Netflix, “Vis a vis”, em que os personagens também fazem algo parecido.

Na tabela 7.6 os alunos continuam a elaborar suas hipóteses.

Tabela 7.6: Hipóteses levantadas pelos alunos

Linhas	Falante	
8	Aplicador	<i>E aí? O que vocês acham [se referindo a hipótese da aluna A7]</i>
9	A2	<i>Como é isso aí professor?</i>
10	Aplicador	<i>Ela disse que... não chega lá o sinal porque ele vai esquentar. Não é isso A7?</i>
11	A7	<i>Ele esquenta!</i>
12	A2	<i>Ele esquenta!</i>
13	Aplicador	<i>Vocês concordam com a hipótese dela?</i>
14	A7	<i>Porque quando a gente vai descolorir o cabelo, a gente a passa a descoloração, e pra... pra ele pegar mais rápido no cabelo, a gente coloca alumínio porque ele esquenta, tanto é que quando tu tira ele tá pegando fogo o cabelo. Ou a sacola normal ou o alumínio, mas o alumínio ele é mais perigoso, pode cair o cabelo.</i>
15	Aplicador	<i>Vocês concordam com ela?</i>

16	A2	<i>Rapaz, eu não sei negócio de cabelo não [rindo] mas deve ser verdade esse negócio aí, porque isso aqui realmente é um metal, se colocar energia, ele vai transmitir energia. Se pegar um fio descascado e colocar aqui oh! Se tu pegar nessa parte superior ele vai passar energia</i>
----	----	---

Fonte: Autor, 2019

Na linha 16 ,o aluno A2 diz que a hipótese do aluno A7 pode ser verdadeira. Sua hipótese é que o material que deveria ser utilizado seria o alumínio pois ele, por ser um metal, conduz corrente elétrica - *isso aqui realmente é um metal, se colocar energia, ele vai transmitir energia.*

Na linha 20 da tabela 7.7, o aluno A6 aponta outra hipótese, a que o material utilizado deveria ser o alumínio por ele refletir o sinal - *Eu acho que ele reflete o sinal e não consegue chegar no aparelho.*

Tabela 7.7: Fala dos alunos fazendo associações com o cotidiano

Linhas	Falante	
17	Aplicador	<i>Ele conduz eletricidade né?</i>
18	A2	<i>Conduz</i>
19	Aplicador	<i>O que tu achas?</i>
20	A6	<i>Eu acho que ele reflete o sinal e não consegue chegar no aparelho</i>
21	Aplicador	<i>Outra hipótese! Ela disse que é aquecimento, e a outra hipótese é que ele reflete</i>
22	A6	<i>É, reflete!</i>
23	Aplicador	<i>Reflete o sinal</i>
24	A2	<i>Isso aqui é usado também na comida né professor!</i>
25	A?	<i>Ulha! Isso né?</i>
26	A2	<i>Isso que me lembrei agora!</i>
27	A6	<i>No micro-ondas!</i>

Fonte: Autor, 2019

Na linha 24, o aluno A2 associa mais uma vez a atividade desenvolvida com os fatos cotidianos - *Isso aqui é usado também na comida né professor*. Na linha 25, um aluno, que não foi possível ser identificado, reage mostrando envolvimento com a atividade, ao associar um fato que vivencia com a atividade desenvolvida na escola - *Ulha! Isso né! Isso que me lembrei agora!* e o aluno A6 na linha 27 complementa – *No micro-ondas*.

Nesse momento o aplicador aproveita para contextualizar a reflexão das ondas eletromagnéticas com situações práticas vivenciadas pelos alunos, no caso associadas a cozinha, pois na turma existia uma aluna que é cozinheira (tabela 7.8).

Tabela 7.8: Contextualizando o tema

Linhas	Falante	
28	Aplicador	<i>Certo. Na comida. Olha só! Tem a parte fosca, e a parte brilhosa. Na comida, a gente usa que parte?</i>
29	A8	<i>A opaca!</i>
30	A2	<i>Como é isso aí professor?</i>
31	Aplicador	<i>Olha só! Tem uma parte que é mais fosca e uma parte que é mais brilhosa, certo?</i>
32	A8	<i>A brilhosa é pra dentro e a opaca é pra trás.</i>
33	Aplicador	<i>Por quê?</i>
34	A2	<i>Esquenta mais rápido a comida?</i>
35	A8	<i>Porque ele esquenta desse jeito do outro jeito não ...</i>
36		<i>Acho que esse lado esquenta mais</i>
37	Aplicador	<i>Qual?</i>
38	A7	<i>Esse, o opaco.</i>
39	A8	<i>Isso! O brilhoso não.</i>
40	Aplicador	<i>E tu A9 que é cozinheira? [risos] o que tu acha A9? Os teus conhecimentos de cozinha lá? Pra fazer o frango tu usa que lado?</i>
41	A9	<i>O opaco!</i>
42	Aplicador	<i>O opaco pra fora?</i>

43	A8	<i>Sim</i>
44	Aplicador	<i>Certo. Olha lá! Temos duas hipóteses aqui. A primeira hipótese da A7, que ele ia esquentar, por isso não deixa passar o sinal né? Tu disse [A2] que por ele ser metal conduz não é? e o A6 disse que ele reflete. Certo.</i>

Fonte: Autor, 2019

Os alunos tinham o conhecimento empírico que o lado “brilhoso” do papel alumínio deveria ficar para dentro quando usado para cozinhar, por exemplo um frango. A ideia de que o papel alumínio reflete os sinais que chegam ao celular, assim como acontece com outras ondas, começa a ficar mais clara para eles. Mas uma vez percebe-se a construção gradual de conceitos por parte dos alunos.

A seguir o aplicador tenta associar a atividade desenvolvida com outras situações que envolvem ondas eletromagnéticas (tabela 7.9). Uma das estratégias foi usar um emissor laser com a intenção de fazer os alunos visualizarem a reflexão da luz.

A partir das hipóteses levantadas, o aplicador testa, junto com os alunos, a hipótese levantada pelo aluno A6 de que o papel alumínio - *reflete o sinal e não consegue chegar no aparelho*. Para isso, utiliza um aparelho emissor de laser, tentando fazer analogia da luz com o sinal do celular, ambos ondas eletromagnéticas.

Tabela 7.9 Introduzindo os conceitos de ondas eletromagnéticas.

Linhas	Falante	
43	Aplicador	<i>Olha só! [se referindo ao emissor de laser] ele chega daqui pra lá, certo? [do emissor até a parede] a luz também de lá pra cá. [da parede até os olhos]. O sinal de celular tem haver com isso?</i>
44	A2	<i>Com certeza! Se gera área...se ele gera área, entendeu? Independente do chip</i>
45	Aplicador	<i>Então isso aqui é igual o sinal do celular. É isso?</i>
46	A2	<i>Pra mim é!</i>
47	Aplicador	<i>Olha só! Se isso aqui refletir a luz [se referindo ao papel alumínio], quer dizer o que?</i>
48	A?	<i>Reflete o sinal do celular</i>

49	aplicador	<i>Bora ver, um teste [incidindo a luz no papel alumínio]</i>
50	A7	<i>Ele refletiu só que...</i>
51	A2	<i>Ele refletiu.</i>
52	A7	<i>Pro lado</i>
53	A2	<i>Oh! Tá aqui oh! Tá pegando no meio [se referindo ao papel alumínio]</i>
54	Aplicador	<i>Refletiu?</i>
55	A8	<i>Aham</i>
56	Aplicador	<i>Quer dizer o que então isso?</i>
57	A6	<i>Que o sinal reflete! [confirmando sua hipótese]</i>
58	Aplicador	<i>Que o sinal reflete né!</i>
59	A8	<i>Bate e...[gesticulando com as mãos]</i>
60	Aplicador	<i>Então olha só. O que a gente fez aqui? A gente levantou a hipótese, não foi? Testou a hipótese. O que gente fez depois?</i>
	A2	<i>Fez o experimento, né! [se referindo ao teste da hipótese]</i>
	Aplicador	<i>Fez o experimento, testou a hipótese. O que a gente viu lá? Que vai refletir. [trecho incompreensível].</i>
	A7	<i>Aham</i>
	Aplicador	<i>Agora não, ele vai bater aqui e refletir, né? Vai fluir. Por quê? O sinal, esse sinal aqui do celular ele é quase que um sinal do laser. É uma onda eletromagnética. Quando vocês estão assim, em baixo do túnel, do shopping lá, o sinal chega?</i>
	A2	<i>Não!</i>
	Aplicador	<i>Por quê?</i>
	A2	<i>Porque ... tem muito metal em cima</i>
	A6	<i>Fica fraco o sinal</i>
	Aplicador	<i>Certo.</i>
Fonte: Autor, 2019		

7.2.2 Análise das respostas escritas

Quanto à parte escrita, as respostas foram objetivas. Na primeira pergunta foi pedido para os alunos relatarem quais foram suas hipóteses iniciais. A título de ilustração, a figura 7.8 mostra uma das respostas. O aluno associou o bloqueio do sinal ao fato do papel alumínio esquentar.

Figura 7.8: Registro do aluno

1) Quais foram as hipóteses iniciais que você utilizou para tentar resolver o problema proposto? Faça um pequeno relato sobre isso.

O alumínio é um papel metálico, e a minha hipótese inicial, era de que o papel por esquentar, volta a sinal da cobertura.

Fonte: Avaliação da aprendizagem, 2019

A segunda pedia para fazer um pequeno relato de como conseguiram resolver o problema. Um dos alunos se referiu ao experimento com o *laser* para chegar à conclusão de que o papel alumínio reflete o sinal do celular. ou seja, chegou a essa conclusão testando uma das hipóteses levantadas, como mostra a figura 7.9 a seguir.

Figura 7.9: Registro do aluno

2) Como conseguiu resolver o problema? Faça um pequeno relato

fazendo experimento com laser, refletindo sobre o papel alumínio que chegou a conclusão de que, papel alumínio reflete.

Fonte: Avaliação da aprendizagem, 2019

Na terceira pergunta foi pedido para os alunos darem uma explicação para o fato de o papel alumínio isolar o telefone. Uns responderam que seria uma “proteção” para que o celular não seja rastreado e nem receba ligação. Outros disseram que é “por conta de o alumínio refletir o sinal emitido da torre”. A figura 7.10 ilustra uma das respostas.

Figura 7.10: Registro do aluno

3) Que explicação você daria para o fato do papel alumínio isolar o telefone?

Por que o sinal vem e bate no alumínio e volta, ele não ultrapassa o papel alumínio.

Fonte: Avaliação da aprendizagem, 2019

A quarta pergunta dessa etapa pedia para os alunos relacionarem a atividade desenvolvida com outras situações vividas por eles. A figura 7.11 ilustra uma resposta inusitada.

Figura 7.11: Registro do aluno

4) Cite outras situações onde ocorre algo parecido com a atividade que você desenvolveu

Quando e pra se passar celulas para dentro do presidio

Fonte: Avaliação da aprendizagem, 2019

A quinta e última pergunta pedia para fazerem um desenho que representasse as situações da atividade. Essa pergunta tinha como objetivo abordar outra linguagem que não fosse a escrita. A figura 7.12 ilustra a resposta de um aluno.

Figura 7.12: Registro do aluno

5) Faça um desenho que mostre as situações da atividade

The drawing shows a tower on the left labeled 'Torre'. A line labeled 'Sinal' connects the tower to a mobile phone on the right labeled 'celular'. The phone is also labeled 'papel aluminio' and 'interferencia'.

Fonte: Avaliação da aprendizagem, 2019.

Capítulo 8

Considerações Finais

A intenção desse trabalho foi desenvolver uma proposta didática, especificamente uma Sequência de Ensino por Investigação, em uma perspectiva interdisciplinar envolvendo as disciplinas Geografia e Física, visando contribuir com a melhoria do ensino dessas disciplinas.

Um dos objetivos da Sequência Didática era que, partindo da solução de dois problemas propostos em forma de missões, o aluno fosse instigado a pensar em aplicações práticas relacionadas com a propagação de ondas eletromagnéticas, bem como entender alguns aspectos conceituais, como seu carácter tridimensional e sua interação com a matéria.

Além disso, o diálogo entre as diferentes disciplinas na solução dos problemas também foi potencializado, muitas vezes sendo necessário uma união completa entre saberes de Geografia e Física, onde não se fazia clara a divisão entre os dois (uso de mapas e entendimento de características de propagação de ondas eletromagnéticas), para resolver o desafio proposto. Considerando os resultados do levantamento bibliográfico realizado, que indicam uma porcentagem muito baixa de propostas didáticas interdisciplinares (abaixo de 5% do material analisado) e nenhuma atividade interdisciplinar envolvendo Física e Geografia, a importância de propostas dessa natureza fica ainda mais evidenciada.

Com os resultados obtidos nessa pesquisa, foi possível perceber que o uso de novas abordagens metodológicas, principalmente as metodologias ativas, ou seja, aquelas que trazem o aluno da condição de expectador para a condição de efetivo participante na construção de seu conhecimento, são de grande valia na melhoria do ensino, não apenas da Física, mas também de outras disciplinas, como foi o caso da Geografia.

A resolução dos problemas propostos aos alunos se mostrou motivante, o que está de acordo com que pensam Zômpero e Laburú sobre atividades investigativas. Para eles “é necessário que os alunos se interessem pelo problema a ser investigado, de forma a serem motivados a resolvê-lo (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Como os problemas propostos faziam parte do contexto em que os alunos estavam inseridos - tanto o GPS, utilizado nos aplicativos de transporte e localização, quanto as ondas eletromagnéticas usadas no sinal dos celulares - enriqueceram a pesquisa, aguçando a curiosidade deles e fazendo-os participar ativamente das atividades.

Vale ressaltar a questão da construção dos conceitos por parte dos alunos a partir de hipóteses iniciais. No caso das ondas eletromagnéticas, isso ficou mais evidente no momento em que foi testada uma das hipóteses com a reflexão da luz do laser no papel alumínio. A partir desse fato eles puderam associar a reflexão do sinal do celular com outras situações como no cozimento de alimentos utilizando o papel alumínio, por exemplo.

Outro momento importante foi a construção do conceito de tridimensionalidade da onda eletromagnética. Embora contido nos livros de texto, fica evidente na análise dos resultados, a complexidade de tal conceito e a dificuldade de se quebrar conceitos espontâneos preexistentes na estrutura cognitiva dos estudantes, como o de propagação unidimensional. Isso fica claro ao se constatar, ao final da aplicação da primeira missão, que alguns estudantes ainda acreditavam que somente com uma régua seria possível localizar o emissor.

Outro ponto positivo da atividade foi proporcionar a interação das equipes, de forma que um dos grupos tentou explicitamente chegar a um consenso para poder responder às perguntas escritas.

Não se pode deixar de destacar que quando se trata de ensino, não só os conteúdos das disciplinas são importantes, mas também não pode ser esquecido, como salientam Zômpero e Laburú os “conteúdos procedimentais que envolvem a construção do conhecimento científico” (ZÔMPERO; LABURÚ, 2016, p. 27). Na aplicação da proposta se discute a experimentação como um possível mecanismo para o teste de hipóteses, como o da reflexão das ondas eletromagnéticas em metais.

Por fim, no que se refere à contextualização, pode-se inferir que foi alcançada no decorrer da atividade. De acordo com o entendimento de Lago et al., uma das funções da interdisciplinaridade é proporcionar ao aluno condições para que ele possa construir “um conhecimento aplicável no contexto sociocultural, considerando, assim, suas vivências, expectativas do seu dia a dia, proporcionando a esse estudante, subsídios e ferramentas para que possa ‘ler o mundo’” (LAGO ET AL, 2015).

Isso pode ser percebido no depoimento de um dos alunos que participou ativamente das atividades demonstrando engajamento com a aula, o aluno A6:

É bom a gente fazer esse tipo de experimento dentro da sala de aula. Porque é até... é bom pra nós que são coisa que, tá ligado, tipo, a gente vai levar, entendeu? Tipo, a gente vai aprender, entendeu? Como fazer assim, a gente aprende a... tipo, a gente vai logo entrando no assunto assim, entendeu? Experimento, tipo, é uma coisa legal, entendeu? De saber, entendeu? Porque a gente muita das vezes a gente não se liga nisso, entendeu? A gente só fala por falar mas nunca vai a fundo daquela relação do tema, entendeu? Tipo isso daí, do papel alumínio. É um tema que quase ninguém sabia, a gente já vê isso aí agora, é um tema que eu gosto muito entendeu? É bacana.

Concluimos este trabalho sabendo que ele foi uma etapa árdua, mas ao mesmo tempo necessária, pois servirá de alicerce para o desenvolvimento de futuros trabalhos na área do ensino de ciências onde se possa pesquisar temas considerados relevantes para o processo de aprendizagem do aluno, entre eles a metacognição, visando seu desenvolvimento pleno como cidadão.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, A. S. M. **Uma proposta interdisciplinar: Compreendendo o mundo das cores e as ilusões produzidas pelo cérebro.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal Fluminense. 2016.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de ciências: unindo pesquisa e prática.** Editora Cengage. São Paulo, 2004.

BICALHO, L. Interações disciplinares presentes na pesquisa em ciência da informação. **Transinformação**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 113-126, ago. 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-37862011000200003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 06 de dez. 2019.

BRASIL, Ministério da Educação. **Base nacional Curricular Comum – BNCC.** 2019. Disponível <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>> Acesso em: 28 nov. 2019.

BRASIL, Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais/ Secretaria de Educação Fundamental.** – Brasília: MEC/ SEF, 1998. 138 p.

CARVALHO, A. M. P. (org). **Calor e temperatura: um ensino por investigação.** Editora Livraria da Física. São Paulo, 2014.

CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de ciências: unindo pesquisa e prática.** Editora Cengage. São Paulo, 2004.

CONSED. Disponível em <<http://www.consed.org.br/central-de-conteudos/estudantes-do-para-recebem-formacao-pelo-projeto-mundiar>>. Acesso em: 08 dez 2019.

FAZENDA, I. C. A. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia.** 4 ed. Editora edições Loyola. São Paulo, 1996.

FREITAS, S. K. M. **Física da alface? – uma proposta para o ensino de Física aplicada aos cursos técnicos de informática e floricultura.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal Rural do Semi-árido. 2016.

FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO. Disponível em <<https://frm.org.br/acoes/telecurso-mundiar/>>. Acesso em: 08 dez. 2019.

GALLIANO, A. G. **O método científico: teoria e prática.** Editora Mosaico. São Paulo, 1979

GUIDORIZZI, H. L. **Um curso de cálculo.** v. 3. Editora LTZ. Rio de Janeiro, 2002

HALLIDAY; RESNICK. **Fundamentos de Física: óptica e física moderna.** Editora LTC. Rio de Janeiro, 2016.

IBGE. **Instituto brasileiro de geografia e estatística**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/anandindeua/panorama>>. Acesso em: 08 dez. 2019.

INEP. **Instituto nacional de pesquisas educacionais Anísio Teixeira**. Disponível em <<http://ideb.inep.gov.br/resultado/>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Editora Imago. Rio de Janeiro, 1976.

JAPIASSU, H.; MARCONDES, D. **Dicionário básico de filosofia**. 3 ed. Jorge Zahar Editor. Rio de Janeiro, 2001.

LAGO, W. L. A.; ARAÚJO, J. M.; SILVA, L. B. Interdisciplinaridade e ensino de ciências: perspectivas e aspirações atuais do ensino. Issn 1984-3879. **SABERES**. Natal -RN. v. 1, n. 11, fev. 2015. p. 52-63. Disponível em <<https://periodicos.ufrn.br/saberes/article/view/6629>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

MACHADO, K. D. **Teoria do eletromagnetismo**. v. 3. Editora UEPG. Ponta Grossa, 2006.

MANGINI, F. N. R.; MIOTO, R. C. T. A interdisciplinaridade na sua interface com o mundo do trabalho. **Rev. katálisis**, Florianópolis, v. 12, n. 2, p. 207-215, Dez. 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-49802009000200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 Jul. 2019.

NESSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: eletromagnetismo**. v. 3. 2 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2015.

OLIVEIRA, V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Resolução de problemas abertos no ensino de física: uma revisão da literatura. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 39, n. 3, e3402, 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172017000300502&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08 abr. 2019.

OSTERMANN, F.; MOZENA, E. Interdisciplinaridade, multidisciplinaridade e integração curricular no ensino de física no nível médio: qual escola queremos? In: **Diálogos entre as múltiplas perspectivas na pesquisa em ensino de física**. São Paulo: livraria da Física, 2016.

OTA, M. I. N. Eletromagnetismo e Relatividade: continuidade formal – ruptura conceitual. **Revista Brasileira de História da Matemática**. v. 05. n. 10, p. 27-42, jul. 2005. Disponível em <<http://www.rbhm.org.br/vo5-no10.html>> Acesso em: 05 dez. 2019.

PRAIA, J.; GIL-PEREZ, D.; VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. **Ciênc. educ. (Bauru)**, v. 13, n. 2, p. 141-156, Ago. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132007000200001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 14 abr. 2019.

RODRIGUES, R. **Interdisciplinaridade no ensino de Física: uma abordagem por TIC**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Goiás. 2016.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e Interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre: Editora Artes médicas, 1998.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID199/v13_n3_a2008.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2018.

SICILIANI, I. D. S. **Elaboração, aplicação e avaliação de um Curso Online Aberto e Massivo (MOOC) interdisciplinar entre Física e Matemática**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. 2016,

SILVA, I. B.; TAVARES, O. A. O. Uma pedagogia multidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinar para o ensino/aprendizagem da física. **HOLOS**, [S.I.], v. 1, p. 4-12, dez. 2007. ISSN 1807-1600. Disponível em <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/52/56>>. Acesso em: 06 mar. 2019.

SOMMERMAN, A. A inter a e transdisciplinaridade. In: **X seminário internacional de educação**. Interdisciplinaridade como forma de inclusão numa educação mundial. 08, 09 e 10 de junho de 2005. Cachoeira do Sul, 2005.

VANNUCCHI, A. I. A relação ciência, tecnologia e sociedade no ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências: unindo pesquisa e a prática**. Editora Cengage. São Paulo, 2004.

VARELA, L. E. C. **Interdisciplinaridade entre Física e Biologia em turmas de 8º ano do ensino fundamental**: Possibilidade para o ensino de Ciências. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. 2016.

WONG, D; PUGH, K. Learning Science: A Deweyan Perspective. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 38, n. 3, p. 317-333, 2001. Disponível em <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1098-2736%28200103%2938%3A3%3C317%3A%3AAID-TEA1008%3E3.0.CO%3B2-9>> Acesso em: 10 abr. 2019.

ZOMPERO, A. F.; GONCALVES, C. E. S.; LABURU, C. E. Atividades de investigação na disciplina de Ciências e desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas a funções executivas. **Ciênc. educ. (Bauru)**, v. 23, n. 2, pp. 419-436, jun 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132017000200419&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1516-7313. Acesso em: 10 out. 2018.

ZOMPERO, A. F.; LABURU, C. E. Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, Dec. 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172011000300067&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 abri. 2019.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades investigativas para as aulas de ciências: um diálogo com a teoria da aprendizagem significativa**. Curitiba: Appris, 2016.

Apêndice A

Produto educacional

Física e Geografia juntas na sala de aula? Estudando GPS, eletromagnetismo e mapas no ensino médio

David Jonathas Borges de Castro,

Silvana Perez

Simone da Graça de Castro Fraiha

Universidade Federal do Pará (UFPA)

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

Apoio:



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Belém – PA

2019

© David Jonathas Borges de Castro, Silvana Perez e Simone de Castro Fraiha – 2019

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores ou produção de livre acesso. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

Apresentação

O Material aqui apresentado é o resultado do trabalho desenvolvido ao longo de dois anos e consiste no produto elaborado para o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo UFPA. O principal instrumento educacional confeccionado é um texto de apoio a professor de física que discute aspectos gerais do uso de abordagens investigativas no ensino de física, bem como apresenta uma Sequência de Ensino Investigativa em que se trabalham os conceitos básicos do funcionamento do GPS e a propagação das ondas eletromagnéticas de maneira interdisciplinar com conceitos de Geografia, como mapas e Rosa dos Ventos. Nada impede que seja usado pelo professor de geografia ou até mesmo em conjunto por dois ou mais professores de outras disciplinas. Ele é resultado da dissertação de mestrado cujo tema é: O ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO PROJETO MUNDIAR DO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR ENVOLVENDO FÍSICA E GEOGRAFIA.

A interdisciplinaridade na sala de aula: realidade ou ideal inalcançável?

A interdisciplinaridade é usada na escola com o objetivo de fazer o aluno vivenciar experiências que sejam parecidas com sua realidade, tais como “esclarecer uma situação, resolver um problema ou compreender algo em seu contexto o mais próximo possível do real ou cotidiano” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 297). No Brasil, os pioneiros a pesquisar a interdisciplinaridade são Ivani Fazenda (1996) e Hilton Japiassu (1976).

Na realidade, o mundo e as diversas situações que surgem no dia-a-dia e que pedem soluções embasadas em conhecimentos científicos quase sempre não são tão simples e idealizadas como as apresentadas nas salas de aula da educação básica.

Nas aulas, principalmente nas de física, é comum o professor desconsiderar algumas variáveis que poderiam dificultar a resolução dos exercícios propostos, como o atrito, a resistência do ar, entre outras. Porém, quando se trata de situações reais, essas variáveis, assim como outras, precisam ser levadas em consideração. E não é raro a necessidade de se recorrer a mais de uma disciplina para poder chegar a uma solução adequada. Por esse motivo, é importante que o aluno tenha contato com um ensino que se aproxime cada vez mais de situações reais desde a educação básica.

Os próprios PCNs em 1998 já previam que o ensino de ciências deveria ter uma abordagem mais próxima à realidade do estudante, bem como utilizar os enfoques interdisciplinar e multidisciplinar (BRASIL, 1998).

A interdisciplinaridade busca a integração das disciplinas, ou seja, a unidade do saber, quer seja através das comunicações de ideias entre elas, quer seja compartilhando os seus métodos, utilizando-se da interação entre elas.

A tendência à especialização que ocorreu durante o século XX favoreceu também o processo inverso, o da unificação das disciplinas, pois as fronteiras cada vez mais tênues entre as disciplinas favoreceram a transferência de métodos de umas para as outras.

Na proposta didática apresentada nesse trabalho, buscamos o diálogo entre as disciplinas de Física e Geografia na solução de alguns problemas da realidade do estudante.

De maneira geral, as disciplinas nas escolas da educação básica ainda são estudadas de maneira desconexa. Esse fato torna o estudo dessas disciplinas sem muito sentido para o aluno, e isso acaba gerando desinteresse neles, principalmente nas disciplinas como a Física e afins.

Além do mais, a escolha dos temas que irão nortear as atividades interdisciplinares da escola deve estar de acordo com “os sujeitos envolvidos, o entorno social, além dos

objetivos pedagógicos do professor que necessariamente devem ser atrelados ao projeto político pedagógico da escola” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 298-299).

Isso é verdade, visto que “a interdisciplinaridade é encarada, mesmo com relação à escola, como uma atitude, uma maneira de lidar com o conhecimento, que extrapola os conteúdos e prioriza o ser humano” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, 302-303).

Nesse sentido, os estudos envolvendo a interdisciplinaridade da física com outras disciplinas, principalmente aquelas que não são de ciências da natureza, são de fundamental importância, pois embora esse tema não seja tão recente, ainda existe pouca experiência prática dos professores na sua aplicação no contexto escolar.

O ensino por investigação e a interdisciplinaridade

Da mesma forma que a interdisciplinaridade se preocupa em resolver problemas reais, o ensino por investigação, mais especificamente através de resolução de situações-problema, também se preocupa em envolver o aluno em situações mais próximas de sua realidade, favorecendo o seu engajamento nas atividades escolares.

Essas atividades também serão importantes na vida profissional desses estudantes, pois os mais valorizados profissionais no mercado de trabalho são aqueles que conseguem resolver problemas abertos, ou seja, “médicos capazes de fazer diagnósticos de doenças difíceis de serem identificados, políticos capazes de controlar conflitos locais e internacionais, engenheiros capazes de elaborar projetos com uso de novos materiais” (OLIVEIRA et al, 2017).

Para resolver esses problemas é necessário que o aluno desenvolva algumas competências que vão além da memorização de conteúdos, como criar idealizações, fazer uso de “estimativas, aproximações, lançar hipóteses, testar a solução, monitorar e regular os procedimentos metodológicos e as próprias atividades cognitivas durante a tentativa de resolução do problema” (OLIVEIRA et al, 2017).

De acordo com Zômpero e Laburú (2011), esse ensino se baseia na investigação e possibilita “o aprimoramento do raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, e também a cooperação entre eles, além de possibilitar que compreendam a natureza do trabalho científico” (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011). Aqui consideramos o termo ensino por investigação para se referir a essa perspectiva de ensino.

Zômpero e Laburú (2011) apontam que as atividades investigativas podem ser desenvolvidas em diversas abordagens. Entretanto, esses autores relatam que existe consenso na literatura sobre algumas características da atividade investigativa. Entre essas características estão que essas atividades devem sempre partir de um problema analisado, e que a partir dele os alunos possam “emitir hipóteses, realizar um planejamento das atividades, interpretar as informações e comunicar os resultados” (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

No que se refere às Ciências Naturais, mais especificamente à disciplina física, o que se espera é que o aluno ao concluir o ensino médio, tenha desenvolvido algumas habilidades que vão além da aprendizagem de conceitos e conhecimentos, mas que também apresentem o desenvolvimento de habilidades que são inerentes a essa área do conhecimento, como “capacidade de observar, registrar, analisar dados, comparar, perceber evidências, fazer inferências, concluir, aprimorar o raciocínio e argumentar”. (ZÔMPERO; GONÇALVES; LABURÚ, 2017).

Ou seja, o ensino por investigação busca, entre outras coisas, que o aprendizado na escola básica se assemelhe ao trabalho dos pesquisadores. Entretanto, a função do ensino médio não é formar cientistas profissionais. Neste sentido, outro objetivo do ensino por investigação é proporcionar uma alfabetização científica para esses estudantes.

Essa alfabetização tem por objetivo guiar o planejamento do ensino de ciências para que ele possa proporcionar a “construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio ambiente” (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Nesse sentido, essa alfabetização proporcionada pelo ensino por investigação, quando se assemelha ao modo como os cientistas trabalham, ajudaria as pessoas em seu dia a dia quando tivessem diante de situações que exigissem análise mais profunda ou reflexão antes de agir. (SASSERON e CARVALHO, 2013).

Essa modalidade de ensino possui características que sofrem pequenas variações de acordo com cada autor.

Algumas características do ensino por investigação

No ensino por investigação o professor possui papel essencialmente de orientador, incentivando o aluno para que assuma o papel ativo do seu aprendizado. O docente faz isso através da proposição de questões, estimulando os alunos a construir suas hipóteses, argumentações e possíveis explicações causais sobre a atividade proposta (CARVALHO, 2014).

Segundo Carvalho (2014), para que uma atividade possa ser chamada de investigativa ela precisa apresentar situações problematizadoras que estimulem o diálogo durante sua realização e que permitam também a introdução de conceitos.

Essa investigação, entretanto, precisa fazer sentido para o aluno. Deve ser fundamentada de tal forma que o discente tenha ciência do motivo de estar investigando aquele fenômeno. “Para isso é fundamental neste tipo de atividade que o professor apresente um problema relacionado ao que está sendo estudado” (CARVALHO, 2014).

É importante que o professor tenha noção das teorias mencionadas anteriormente para usá-las de forma consciente, buscando a eficiência da aprendizagem tanto na elaboração como na aplicação das atividades investigativas, além de servirem de base para a análise e verificação da alfabetização científica.

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO: Geografia e Física na localização de pessoas

A proposta didática está dividida em duas etapas, cada uma com seis momentos. Chamamos cada etapa de Missão, uma vez que no decorrer dela a equipe tem como objetivo, ou missão, responder a uma pergunta específica, ou um desafio.

A primeira missão consiste basicamente em achar a localização do emissor de um sinal em um mapa utilizando os materiais disponibilizados. Nela são trabalhadas algumas características de ondas eletromagnéticas, bem como conceitos de Geografia, especificamente mapas e rosa dos ventos. Já a segunda missão dá continuidade ao estudo de ondas eletromagnéticas, e tem como desafio levar os alunos a encontrar um meio de impedir que uma onda eletromagnética, no caso o sinal de um celular, se propague. No decorrer de sua aplicação, são abordados conceitos como refração e reflexão das ondas eletromagnéticas e tipos de materiais.

O tempo estimado para a realização de cada missão é de três aulas horas aulas de aproximadamente 45 minutos cada uma. Como sugestão, poderia também ser realizada em forma de oficina no contra turno, por exemplo. O quadro a seguir apresenta o tempo total estimado para execução da proposta.

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

MISSÃO I	3 h/a (135 min)
MISSÃO 2	3 h/a (134 min)

As missões, em particular a primeira delas, foram escolhidas de forma a integrar, de maneira interdisciplinar, as disciplinas de Física e Geografia. Assim, recomenda-se que os dois professores participem da aplicação da proposta. Além disso, a metodologia do ensino por investigação também é utilizada, de tal forma que os integrantes das equipes tem que assumir o papel de investigadores na solução do desafio, formulando hipóteses e testando-as por meio de experimentos.

MISSÃO 1: TRIANGULAÇÃO EM MAPAS

Objetivo geral: Proporcionar condições para que os alunos participantes possam desenvolver as habilidades próprias da metodologia do Ensino por Investigação, tais

como criar hipóteses, relatar suas ações, refletir, argumentar, além de estimular o diálogo entre eles.

Conteúdos abordados: Propagação de ondas eletromagnéticas, mapas, rosa dos ventos, triangulação de sinais para localização em mapas, funcionamento de GPS

Público alvo: Estudantes de ensino fundamental maior e ensino médio.

Duração estimada: 3 horas aula (135 minutos).

Materiais utilizados: mapa, compasso e régua.

1º Momento: Fundamentação teórica e Contextualização - problematização

O professor da turma faz uma breve introdução do tema falando das grandes navegações e de como as pessoas se orientavam para se deslocar por grandes distâncias antigamente, utilizando instrumentos como a bússola e o astrolábio, bem como destacando a importância de se saber a localização precisa das coisas e pessoas. Depois ele discute os instrumentos para localização da atualidade, como os celulares, que possuem aplicativos que simulam as bússolas e que permitem fazer a localização de uma pessoa com bastante precisão por meio do GPS.

É interessante neste momento que o professor distribua para a turma imagens de astrolábios como os mostrados a seguir, visto que a maioria dos estudantes não conhece esses instrumentos.



Este primeiro momento tem a finalidade de aguçar a curiosidade do aluno.

2º Momento: Descrição da missão - Propondo o problema

Neste momento a turma é dividida em grupos de quatro a cinco participantes. Uma sugestão é que o professor use alguma técnica para que os grupos se formem de maneira aleatória, como sorteio ou algo parecido, impedindo que os grupos se formem por afinidade. Assim, se dá a oportunidade dos alunos trabalharem com outros integrantes da turma, bem como se impede que as equipes fiquem muito desequilibradas em termos de desenvolvimento cognitivo.

Após a distribuição dos materiais é lida em voz alta em conjunto com a turma a tarefa que as equipes tem que realizar. A missão 1 consiste na localização no mapa de um aluno perdido que possuía um aparelho capaz de emitir sinais de alerta. O sinal foi captado por três torres nas proximidades do bairro em que a escola se localiza.

Para efeito didático, é dado um exemplo de como se poderia ser feito o comando da tarefa, que poderá ser adaptada pelo professor.

MISSÃO 1

*Um aluno da escola está perdido e dispõe de um aparelho eletrônico que emite sinais. Uma equipe de busca está à sua procura e captou o seu sinal de socorro através de três torres. Sua missão é encontrar no **mapa** o local de onde está sendo emitido o sinal de socorro usando apenas o compasso, a régua e as seguintes informações:*

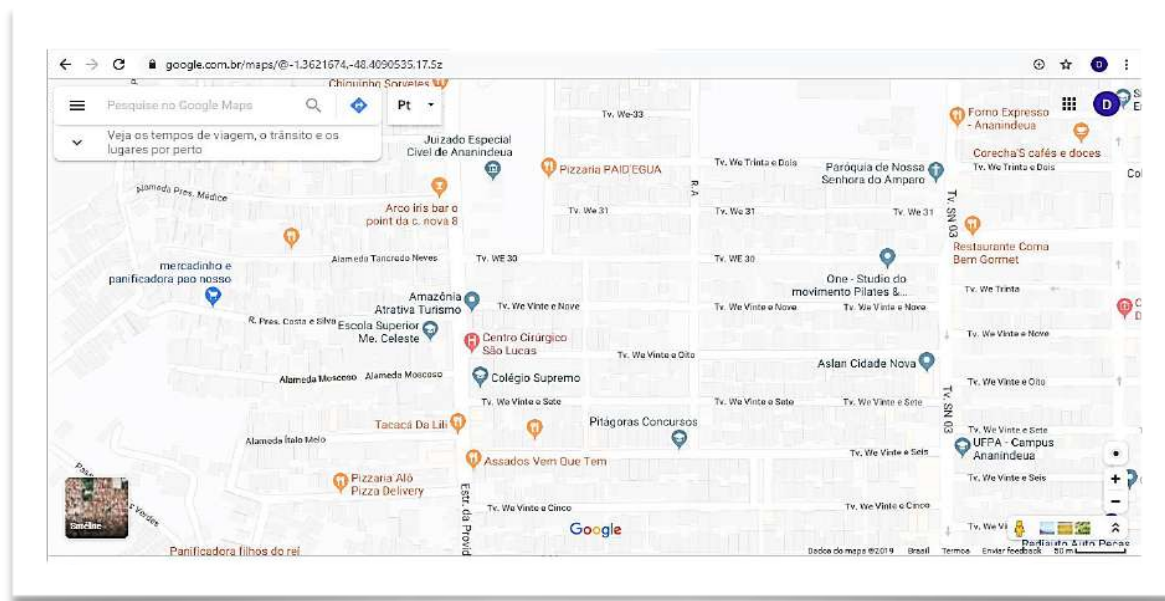
*4.O sinal foi captado em uma torre localizada no **Juizado Especial Cível de Ananindeua** a uma distância de 250 m;*

*5.O sinal foi captado por uma torre localizada na **UFPA – Campus Ananindeua** a uma distância de 305 m;*

*6.O sinal foi captado por uma torre localizada na **Paróquia de Nossa Senhora do Amparo** a uma distância de 270 m.*

Na figura 3 temos um exemplo de mapa que pode ser utilizado para localizar o emissor de sinal.

FIGURA 3: MAPA DA REGIÃO PRÓXIMA À ESCOLA



Fonte: Google Maps

Para localizar o ponto do mapa de onde está sendo emitido o sinal, os alunos tem de fazer, ao final da atividade, três círculos de raios distintos, de tal forma que a interseção entre eles é a possível localização do emissor.

A escolha por um mapa menos abrangente, ao invés de usar o mapa da cidade ou do estado por exemplo, tem a finalidade de contextualizar o aluno a pontos de referência que ele supostamente possam reconhecer na sua localidade. Outro ponto negativo ao se utilizar um mapa de uma região metropolitana ou do estado é que este dificultaria a visualização dos pontos, fato que poderia ser minimizado utilizando-se folhas de papel de tamanho maior, porém ficaria mais difícil de imprimir. Então, a opção de melhor custo benefício é a folha de papel A4 por ser de fácil acesso e de menor custo.

3º Momento: interagindo com os materiais

Um dos objetivos da atividade é fazer com que os alunos cheguem à conclusão de que o sinal que chega a cada uma das torres a partir de uma certa distância poderia estar sendo emitido de qualquer direção, por isso o uso da régua não seria o mais adequado. Com isso, naturalmente o aluno é levado a perceber o caráter tridimensional da emissão da onda, mesmo que no papel seja visto apenas em duas dimensões. Como se conhece apenas a distância e não a direção da emissão do sinal, é necessário o uso do compasso

para delimitar a área onde pode se encontrar o emissor, ou seja, a área de abrangência de cada torre.

A fim de transformar a distância real das torres até o emissor para a distância entre as torres o emissor no mapa, o professor pode desenhar essas três distâncias usando a escala de conversão do mapa. Essa distância deverá ser usada na abertura dos compassos representando a área de cobertura de cada torre.

Outro objetivo é que o estudante possa associar que dentro da interseção dos círculos as chances de encontrar o emissor são maiores. No caso específico aqui apresentado, são utilizados três círculos e a intenção é fazer com que eles cheguem à conclusão de que o emissor se encontra na interseção desses três círculos. Como sugestão, o professor poderá usar mais ou menos torres.

Caso queira, o professor poderá gravar ou filmar as atividades, pois assim poderá visualizar melhor o desenvolvimento das habilidades utilizadas pelos alunos, bem como poderá visualizar posteriormente como os conceitos foram construídos por eles.

É importante que o professor interaja com os grupos no decorrer da atividade sempre instigando-os, mas tendo a preocupação de não fornecer a resposta, o que estaria em desacordo com os fins dessa atividade.

Os materiais disponibilizados aos alunos em uma turma com 30 alunos por exemplo, são: 6 régua; 6 compassos; 6 mapas; 6 folhas com o comando do desafio, conforme mostra a tabela a seguir:

Materiais	Quantidade total
Folha com o comando do desafio	6
Compasso	6
Mapas	6
Régua	6
Folhas com imagens do astrolábio	4

Neste momento é provável que surjam as primeiras hipóteses de como os alunos poderiam solucionar o problema proposto. Também poderão aparecer dúvidas quanto

ao manuseio dos materiais, principalmente o compasso. Quanto ao mapa, a dúvida mais frequente é de como representar a distância fornecida no comando no mapa.

Na figura a seguir temos um exemplo onde os alunos de um grupo interagem e discutem sobre o possível uso da régua para delimitar o campo de atuação do sinal.



4º Momento: Como conseguiram resolver o problema?

Após cada grupo chegar à conclusão de que a possível localização do emissor é a interseção dos três círculos, os alunos são estimulados a relatar como conseguiram resolver o problema. O relato pode ser feito dentro do grupo ou para a turma, que conforme a possibilidade pode ser disposta em semi círculo. A intenção desse momento é fazer com que os alunos desenvolvam a habilidade de relatar os resultados de suas ações.

5º Momento: dando as explicações causais

Neste momento os alunos devem ser indagados sobre:

- 1 Por quê utilizaram o compasso ao invés da régua?*
- 2. A quantidade de torres interfere na precisão da localização do emissor?*
- 3. O sinal de propaga em todas as direções ou em apenas uma como a onda em uma corda?*

O objetivo desse momento é dar a oportunidade para que os alunos possam argumentar a partir das suas ações e observações, pois de acordo com Oliveira e Carvalho apud Zompero e Laburú (2016) “os alunos enquanto discutem e argumentam sobre um determinado fenômeno estão processando cognitivamente a compreensão da atividade” (ZOMPERO; LABURÚ 2016).

Em seguida, é perguntado à turma onde poderia ser aplicado um sistema que funcione mais ou menos dessa maneira. Espera-se que nessa fase eles possam responder que o aparelho GPS funciona com tecnologia semelhante.

Avaliação

Após relatarem e argumentarem sobre a atividade, é distribuída uma folha escrita com as perguntas acima para os alunos possam desenvolver, além da fala, também a escrita.

6º Momento: Aprofundamento

Logo após é distribuído e lido de forma coletiva um material que explica de forma simplificada o funcionamento do GPS.

Disponível em:

<https://www.sofisica.com.br/conteudos/curiosidades/gps.php>

MISSÃO II: Ondas Eletromagnéticas.

Objetivo geral: Proporcionar condições para que os alunos participantes possam desenvolver as habilidades próprias da metodologia do Ensino por Investigação, tais como criar hipóteses, relatar suas ações, refletir, argumentar, além de estimular o diálogo entre eles.

Conteúdos abordados: Interação das eletromagnéticas com a matéria, tipos de materias.

Público alvo: Estudantes de ensino fundamental maior e ensino médio.

Duração estimada: 3 horas aula (135 minutos).

Materiais utilizados: folhas de diferentes materiais, celular, laser.

1º Momento: Contextualizando o tema

Inicialmente o professor deve falar das diversas aplicações cotidianas das ondas eletromagnéticas, como por exemplo nos aparelhos de micro-ondas, sinal de celulares, *wifi*, sinais de televisão e rádio. O objetivo dessa etapa é fazer com que o aluno comece a ter consciência de que as ondas eletromagnéticas fazem parte do seu dia a dia e comece a pensar sobre elas. Como dito anteriormente, esse momento tem a finalidade de aguçar a curiosidade do aluno sobre o tema.

2º Momento: Propondo o problema

A formação dos grupos, que poderá ser feita pelo professor de forma a tornar os grupos heterogêneos, ou na forma de sorteio, por exemplo, com a finalidade de os grupos não se formarem apenas pelo critério da afinidade, o que poderia torná-los desiguais em termos cognitivos.

A seguir são distribuídos aos alunos os materiais que podem ser utilizados: folhas de papel A4, papel celofane, papel alumínio etc. Além disso, recomenda-se que o professor forneça também fontes de laser, para que os estudantes experimentem os diferentes materiais e testem suas hipóteses. Para uma turma de 30 alunos, por exemplo, o professor pode utilizar os seguintes materiais:

Materiais	Quantidade
Papel A4	6
Papel alumínio	6
Papel celofane	6
Emissor de laser	1 ou mais
Folha com o comando da missão	

Fonte: Autor, 2019

MISSÃO 2

Utilizando os materiais disponibilizados, e sem desligar o aparelho celular ou mexer em sua configuração, faça com que o sinal do celular emissor não chegue ao celular receptor.

Os celulares utilizados como emissores e receptores podem ser os dos próprios alunos, pois a grande maioria possui. Antes de iniciar a atividade é importante testar os aparelhos para ver se estão dentro da área de cobertura e funcionando para dar mais credibilidade a atividade. Esse teste pode ser feito através de ligação telefônica entre os aparelhos ou verificando se uma mensagem de aplicativo chega do celular emissor até o receptor.

3º Momento: Interagindo com os materiais disponíveis

Nesse momento é disponibilizado um tempo para que os alunos possam interagir com os materiais e elaborar hipóteses e refutá-las entre si, tendo o professor como mediador, até resolverem o problema. Esse tempo geralmente é curto pois alguns alunos já conhecem esse artifício através de seriados de TV e livros.

É provável que surjam as primeiras hipóteses nesse momento. O professor pode testá-las em conjunto com a turma, ou individualmente com cada equipe, refletindo o *laser* da caneta sobre o papel alumínio e associando essa reflexão ao sinal do celular.

4º Momento: Como conseguiram resolver o problema?

O objetivo desse momento é estimular os alunos a relatarem como fizeram para resolver o problema proposto, desenvolvendo, dessa forma, a habilidade de comunicar resultados.

5º Momento: Dando explicações causais

Nesse momento os alunos são indagados sobre:

- 1. Por quê a folha de papel não conseguiu isolar o sinal do celular?*
- 2. O que acontece com o papel celofane? E com o alumínio?*
- 3. Poderiam ser utilizados outros materiais e outras maneiras para isolar o sinal do celular?*

O objetivo desse momento é proporcionar aos estudantes a oportunidade de argumentarem sobre suas ações, suas hipóteses e suas conclusões.

6º Momento: Aprofundamento

O objetivo aqui é, após o aluno perceber que as ondas eletromagnéticas fazem parte de seu cotidiano, oportunizar o aprofundamento sobre o tema ondas eletromagnéticas através de texto, onde são vistos aspectos históricos, características das ondas eletromagnéticas, principais diferenças entre elas e as ondas mecânicas, a relação entre ondas e o transporte de energia e suas principais aplicações na atualidade.

O professor poderá conseguir o texto que disponível em:

<http://www.conteudoseducar.com.br/conteudos/arquivos/3387.pdf>

ou outro de sua preferência para essa finalidade.

Avaliação

Após relatarem e argumentarem sobre a atividade, é distribuída folha com as perguntas acima para os alunos possam desenvolver além da fala, também a escrita.

A seguir é apresentado um quadro que sintetiza as duas missões e os seus respectivos momentos.

Missão I e seus seis momentos

1ª ETAPA: LOCALIZAÇÃO DO EMISSOR DE SINAIS

1º MOMENTO: CONTEXTUALIZANDO O TEMA

Neste momento é trazido para os alunos que a necessidade de saber se localizar é bastante antiga e remonta a época das grandes navegações, com a utilização das constelações, astrolábios e bússolas. Nesse momento são apresentadas imagens de astrolábios e bússolas para que possam manipular.

2º MOMENTO: PROPONDO O PROBLEMA (MISSAO 1)

Um sinal é captado por três torres. Onde é a possível localização do emissor no mapa?

3º MOMENTO: INTERAGINDO COM OS MATERIAIS DISPONÍVEIS

São disponibilizados réguas, compassos e mapas para que os alunos possam manusear. Nesse momento as possíveis hipóteses são escutadas e refutadas com o objetivo de chegar ao objetivo.

4º MOMENTO: COMO CONSEGUIRAM RESOLVER O PROBLEMA?

Os alunos são estimulados a relatar o que fizeram

5º MOMENTO: DANDO AS EXPLICAÇÕES CAUSAIS

Por que se utilizou o compasso e não a régua?

Se tivessem mais torres a localização seria mais precisa?

6º MOMENTO: APROFUNDANDO A APRENDIZAGEM

Nesse momento é apresentado um pequeno texto falando sobre o funcionamento do GPS

Missão II e seus seis momentos

2ª ETAPA: ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

1º MOMENTO: CONTEXTUALIZANDO O TEMA

O professor fará breve explanação sobre o tema mostrando que as ondas fazem parte de nossa vida cotidiana

2º MOMENTO: PROPONDO O PROBLEMA (MISSÃO 2)

Utilizando folhas de papel A4 e papel alumínio e dois celulares encontre uma maneira do sinal do celular emissor não chegar ao celular receptor.

3º MOMENTO: INTERAGINDO COM OS MATERIAIS DISPONÍVEIS

Após os materiais serem distribuídos é dado um tempo para que possam elaborar hipótese e refutá-las entre si, tendo o professor como mediador.

4º MOMENTO: COMO CONSEGUIRAM RESOLVER O PROBLEMA?

Os alunos são estimulados a relatar o que fizeram

5º MOMENTO: DANDO AS EXPLICAÇÕES CAUSAIS

Por que que com a folha de papel não foi possível isolar o celular?

Poderia ser utilizado outros materiais e outras maneiras?

6º MOMENTO: APROFUNDANDO A APRENDIZAGEM

Nesse momento é lido coletivamente um pequeno texto falando sobre as ondas eletromagnéticas.

Apêndice A

Produto educacional

**Física e Geografia juntas na sala de aula?
Estudando GPS, eletromagnetismo e mapas no
ensino médio**

David Jonathas Borges de Castro,

Silvana Perez

Simone da Graça de Castro Fraiha

Universidade Federal do Pará (UFPA)

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

Apoio:



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



Belém – PA

2019

© David Jonathas Borges de Castro, Silvana Perez e Simone de Castro Fraiha – 2019

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores ou produção de livre acesso. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

Apresentação

O Material aqui apresentado é o resultado do trabalho desenvolvido ao longo de dois anos e consiste no produto elaborado para o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo UFPA. O principal instrumento educacional confeccionado é um texto de apoio a professor de física que discute aspectos gerais do uso de abordagens investigativas no ensino de física, bem como apresenta uma Sequência de Ensino Investigativa em que se trabalham os conceitos básicos do funcionamento do GPS e a propagação das ondas eletromagnéticas de maneira interdisciplinar com conceitos de Geografia, como mapas e Rosa dos Ventos. Nada impede que seja usado pelo professor de geografia ou até mesmo em conjunto por dois ou mais professores de outras disciplinas. Ele é resultado da dissertação de mestrado cujo tema é: O ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO PROJETO MUNDIAR DO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR ENVOLVENDO FÍSICA E GEOGRAFIA.

A interdisciplinaridade na sala de aula: realidade ou ideal inalcançável?

A interdisciplinaridade é usada na escola com o objetivo de fazer o aluno vivenciar experiências que sejam parecidas com sua realidade, tais como “esclarecer uma situação, resolver um problema ou compreender algo em seu contexto o mais próximo possível do real ou cotidiano” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 297). No Brasil, os pioneiros a pesquisar a interdisciplinaridade são Ivani Fazenda (1996) e Hilton Japiassu (1976).

Na realidade, o mundo e as diversas situações que surgem no dia-a-dia e que pedem soluções embasadas em conhecimentos científicos quase sempre não são tão simples e idealizadas como as apresentadas nas salas de aula da educação básica.

Nas aulas, principalmente nas de física, é comum o professor desconsiderar algumas variáveis que poderiam dificultar a resolução dos exercícios propostos, como o atrito, a resistência do ar, entre outras. Porém, quando se trata de situações reais, essas variáveis, assim como outras, precisam ser levadas em consideração. E não é raro a necessidade de se recorrer a mais de uma disciplina para poder chegar a uma solução adequada. Por esse motivo, é importante que o aluno tenha contato com um ensino que se aproxime cada vez mais de situações reais desde a educação básica.

Os próprios PCNs em 1998 já previam que o ensino de ciências deveria ter uma abordagem mais próxima à realidade do estudante, bem como utilizar os enfoques interdisciplinar e multidisciplinar (BRASIL, 1998).

A interdisciplinaridade busca a integração das disciplinas, ou seja, a unidade do saber, quer seja através das comunicações de ideias entre elas, quer seja compartilhando os seus métodos, utilizando-se da interação entre elas.

A tendência à especialização que ocorreu durante o século XX favoreceu também o processo inverso, o da unificação das disciplinas, pois as fronteiras cada vez mais tênues entre as disciplinas favoreceram a transferência de métodos de umas para as outras.

Na proposta didática apresentada nesse trabalho, buscamos o diálogo entre as disciplinas de Física e Geografia na solução de alguns problemas da realidade do estudante.

De maneira geral, as disciplinas nas escolas da educação básica ainda são estudadas de maneira desconexa. Esse fato torna o estudo dessas disciplinas sem muito sentido para o aluno, e isso acaba gerando desinteresse neles, principalmente nas disciplinas como a Física e afins.

Além do mais, a escolha dos temas que irão nortear as atividades interdisciplinares da escola deve estar de acordo com “os sujeitos envolvidos, o entorno social, além dos

objetivos pedagógicos do professor que necessariamente devem ser atrelados ao projeto político pedagógico da escola” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, p. 298-299).

Isso é verdade, visto que “a interdisciplinaridade é encarada, mesmo com relação à escola, como uma atitude, uma maneira de lidar com o conhecimento, que extrapola os conteúdos e prioriza o ser humano” (OSTERMANN; MOZENA, 2016, 302-303).

Nesse sentido, os estudos envolvendo a interdisciplinaridade da física com outras disciplinas, principalmente aquelas que não são de ciências da natureza, são de fundamental importância, pois embora esse tema não seja tão recente, ainda existe pouca experiência prática dos professores na sua aplicação no contexto escolar.

O ensino por investigação e a interdisciplinaridade

Da mesma forma que a interdisciplinaridade se preocupa em resolver problemas reais, o ensino por investigação, mais especificamente através de resolução de situações-problema, também se preocupa em envolver o aluno em situações mais próximas de sua realidade, favorecendo o seu engajamento nas atividades escolares.

Essas atividades também serão importantes na vida profissional desses estudantes, pois os mais valorizados profissionais no mercado de trabalho são aqueles que conseguem resolver problemas abertos, ou seja, “médicos capazes de fazer diagnósticos de doenças difíceis de serem identificados, políticos capazes de controlar conflitos locais e internacionais, engenheiros capazes de elaborar projetos com uso de novos materiais” (OLIVEIRA et al, 2017).

Para resolver esses problemas é necessário que o aluno desenvolva algumas competências que vão além da memorização de conteúdos, como criar idealizações, fazer uso de “estimativas, aproximações, lançar hipóteses, testar a solução, monitorar e regular os procedimentos metodológicos e as próprias atividades cognitivas durante a tentativa de resolução do problema” (OLIVEIRA et al, 2017).

De acordo com Zômpero e Laburú (2011), esse ensino se baseia na investigação e possibilita “o aprimoramento do raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, e também a cooperação entre eles, além de possibilitar que compreendam a natureza do trabalho científico” (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011). Aqui consideramos o termo ensino por investigação para se referir a essa perspectiva de ensino.

Zômpero e Laburú (2011) apontam que as atividades investigativas podem ser desenvolvidas em diversas abordagens. Entretanto, esses autores relatam que existe consenso na literatura sobre algumas características da atividade investigativa. Entre essas características estão que essas atividades devem sempre partir de um problema analisado, e que a partir dele os alunos possam “emitir hipóteses, realizar um planejamento das atividades, interpretar as informações e comunicar os resultados” (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011).

No que se refere às Ciências Naturais, mais especificamente à disciplina física, o que se espera é que o aluno ao concluir o ensino médio, tenha desenvolvido algumas habilidades que vão além da aprendizagem de conceitos e conhecimentos, mas que também apresentem o desenvolvimento de habilidades que são inerentes a essa área do conhecimento, como “capacidade de observar, registrar, analisar dados, comparar, perceber evidências, fazer inferências, concluir, aprimorar o raciocínio e argumentar”. (ZÔMPERO; GONÇALVES; LABURÚ, 2017).

Ou seja, o ensino por investigação busca, entre outras coisas, que o aprendizado na escola básica se assemelhe ao trabalho dos pesquisadores. Entretanto, a função do ensino médio não é formar cientistas profissionais. Neste sentido, outro objetivo do ensino por investigação é proporcionar uma alfabetização científica para esses estudantes.

Essa alfabetização tem por objetivo guiar o planejamento do ensino de ciências para que ele possa proporcionar a “construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio ambiente” (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Nesse sentido, essa alfabetização proporcionada pelo ensino por investigação, quando se assemelha ao modo como os cientistas trabalham, ajudaria as pessoas em seu dia a dia quando tivessem diante de situações que exigissem análise mais profunda ou reflexão antes de agir. (SASSERON e CARVALHO, 2013).

Essa modalidade de ensino possui características que sofrem pequenas variações de acordo com cada autor.

Algumas características do ensino por investigação

No ensino por investigação o professor possui papel essencialmente de orientador, incentivando o aluno para que assuma o papel ativo do seu aprendizado. O docente faz isso através da proposição de questões, estimulando os alunos a construir suas hipóteses, argumentações e possíveis explicações causais sobre a atividade proposta (CARVALHO, 2014).

Segundo Carvalho (2014), para que uma atividade possa ser chamada de investigativa ela precisa apresentar situações problematizadoras que estimulem o diálogo durante sua realização e que permitam também a introdução de conceitos.

Essa investigação, entretanto, precisa fazer sentido para o aluno. Deve ser fundamentada de tal forma que o discente tenha ciência do motivo de estar investigando aquele fenômeno. “Para isso é fundamental neste tipo de atividade que o professor apresente um problema relacionado ao que está sendo estudado” (CARVALHO, 2014).

É importante que o professor tenha noção das teorias mencionadas anteriormente para usá-las de forma consciente, buscando a eficiência da aprendizagem tanto na elaboração como na aplicação das atividades investigativas, além de servirem de base para a análise e verificação da alfabetização científica.

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO: Geografia e Física na localização de pessoas

A proposta didática está dividida em duas etapas, cada uma com seis momentos. Chamamos cada etapa de Missão, uma vez que no decorrer dela a equipe tem como objetivo, ou missão, responder a uma pergunta específica, ou um desafio.

A primeira missão consiste basicamente em achar a localização do emissor de um sinal em um mapa utilizando os materiais disponibilizados. Nela são trabalhadas algumas características de ondas eletromagnéticas, bem como conceitos de Geografia, especificamente mapas e rosa dos ventos. Já a segunda missão dá continuidade ao estudo de ondas eletromagnéticas, e tem como desafio levar os alunos a encontrar um meio de impedir que uma onda eletromagnética, no caso o sinal de um celular, se propague. No decorrer de sua aplicação, são abordados conceitos como refração e reflexão das ondas eletromagnéticas e tipos de materiais.

O tempo estimado para a realização de cada missão é de três aulas horas aulas de aproximadamente 45 minutos cada uma. Como sugestão, poderia também ser realizada em forma de oficina no contra turno, por exemplo. O quadro a seguir apresenta o tempo total estimado para execução da proposta.

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

MISSÃO I	3 h/a (135 min)
MISSÃO 2	3 h/a (134 min)

As missões, em particular a primeira delas, foram escolhidas de forma a integrar, de maneira interdisciplinar, as disciplinas de Física e Geografia. Assim, recomenda-se que os dois professores participem da aplicação da proposta. Além disso, a metodologia do ensino por investigação também é utilizada, de tal forma que os integrantes das equipes tem que assumir o papel de investigadores na solução do desafio, formulando hipóteses e testando-as por meio de experimentos.

MISSÃO 1: TRIANGULAÇÃO EM MAPAS

Objetivo geral: Proporcionar condições para que os alunos participantes possam desenvolver as habilidades próprias da metodologia do Ensino por Investigação, tais

como criar hipóteses, relatar suas ações, refletir, argumentar, além de estimular o diálogo entre eles.

Conteúdos abordados: Propagação de ondas eletromagnéticas, mapas, rosa dos ventos, triangulação de sinais para localização em mapas, funcionamento de GPS

Público alvo: Estudantes de ensino fundamental maior e ensino médio.

Duração estimada: 3 horas aula (135 minutos).

Materiais utilizados: mapa, compasso e régua.

1º Momento: Fundamentação teórica e Contextualização - problematização

O professor da turma faz uma breve introdução do tema falando das grandes navegações e de como as pessoas se orientavam para se deslocar por grandes distâncias antigamente, utilizando instrumentos como a bússola e o astrolábio, bem como destacando a importância de se saber a localização precisa das coisas e pessoas. Depois ele discute os instrumentos para localização da atualidade, como os celulares, que possuem aplicativos que simulam as bússolas e que permitem fazer a localização de uma pessoa com bastante precisão por meio do GPS.

É interessante neste momento que o professor distribua para a turma imagens de astrolábios como os mostrados a seguir, visto que a maioria dos estudantes não conhece esses instrumentos.



Este primeiro momento tem a finalidade de aguçar a curiosidade do aluno.

2º Momento: Descrição da missão - Propondo o problema

Neste momento a turma é dividida em grupos de quatro a cinco participantes. Uma sugestão é que o professor use alguma técnica para que os grupos se formem de maneira aleatória, como sorteio ou algo parecido, impedindo que os grupos se formem por afinidade. Assim, se dá a oportunidade dos alunos trabalharem com outros integrantes da turma, bem como se impede que as equipes fiquem muito desequilibradas em termos de desenvolvimento cognitivo.

Após a distribuição dos materiais é lida em voz alta em conjunto com a turma a tarefa que as equipes tem que realizar. A missão 1 consiste na localização no mapa de um aluno perdido que possuía um aparelho capaz de emitir sinais de alerta. O sinal foi captado por três torres nas proximidades do bairro em que a escola se localiza.

Para efeito didático, é dado um exemplo de como se poderia ser feito o comando da tarefa, que poderá ser adaptada pelo professor.

MISSÃO 1

*Um aluno da escola está perdido e dispõe de um aparelho eletrônico que emite sinais. Uma equipe de busca está à sua procura e captou o seu sinal de socorro através de três torres. Sua missão é encontrar no **mapa** o local de onde está sendo emitido o sinal de socorro usando apenas o compasso, a régua e as seguintes informações:*

*1.O sinal foi captado em uma torre localizada no **Juizado Especial Cível de Ananindeua** a uma distância de 250 m;*

*2.O sinal foi captado por uma torre localizada na **UFPA – Campus Ananindeua** a uma distância de 305 m;*

*3.O sinal foi captado por uma torre localizada na **Paróquia de Nossa Senhora do Amparo** a uma distância de 270 m.*

Na figura 3 temos um exemplo de mapa que pode ser utilizado para localizar o emissor de sinal.

para delimitar a área onde pode se encontrar o emissor, ou seja, a área de abrangência de cada torre.

A fim de transformar a distância real das torres até o emissor para a distância entre as torres o emissor no mapa, o professor pode desenhar essas três distâncias usando a escala de conversão do mapa. Essa distância deverá ser usada na abertura dos compassos representando a área de cobertura de cada torre.

Outro objetivo é que o estudante possa associar que dentro da interseção dos círculos as chances de encontrar o emissor são maiores. No caso específico aqui apresentado, são utilizados três círculos e a intenção é fazer com que eles cheguem à conclusão de que o emissor se encontra na interseção desses três círculos. Como sugestão, o professor poderá usar mais ou menos torres.

Caso queira, o professor poderá gravar ou filmar as atividades, pois assim poderá visualizar melhor o desenvolvimento das habilidades utilizadas pelos alunos, bem como poderá visualizar posteriormente como os conceitos foram construídos por eles.

É importante que o professor interaja com os grupos no decorrer da atividade sempre instigando-os, mas tendo a preocupação de não fornecer a resposta, o que estaria em desacordo com os fins dessa atividade.

Os materiais disponibilizados aos alunos em uma turma com 30 alunos por exemplo, são: 6 régua; 6 compassos; 6 mapas; 6 folhas com o comando do desafio, conforme mostra a tabela a seguir:

Materiais	Quantidade total
Folha com o comando do desafio	6
Compasso	6
Mapas	6
Réguas	6
Folhas com imagens do astrolábio	4

Neste momento é provável que surjam as primeiras hipóteses de como os alunos poderiam solucionar o problema proposto. Também poderão aparecer dúvidas quanto

ao manuseio dos materiais, principalmente o compasso. Quanto ao mapa, a dúvida mais frequente é de como representar a distância fornecida no comando no mapa.

Na figura a seguir temos um exemplo onde os alunos de um grupo interagem e discutem sobre o possível uso da régua para delimitar o campo de atuação do sinal.



4º Momento: Como conseguiram resolver o problema?

Após cada grupo chegar à conclusão de que a possível localização do emissor é a interseção dos três círculos, os alunos são estimulados a relatar como conseguiram resolver o problema. O relato pode ser feito dentro do grupo ou para a turma, que conforme a possibilidade pode ser disposta em semi círculo. A intenção desse momento é fazer com que os alunos desenvolvam a habilidade de relatar os resultados de suas ações.

5º Momento: dando as explicações causais

Neste momento os alunos devem ser indagados sobre:

- 1 Por quê utilizaram o compasso ao invés da régua?*
- 2. A quantidade de torres interfere na precisão da localização do emissor?*
- 3. O sinal de propaga em todas as direções ou em apenas uma como a onda em uma corda?*

O objetivo desse momento é dar a oportunidade para que os alunos possam argumentar a partir das suas ações e observações, pois de acordo com Oliveira e Carvalho apud Zompero e Laburú (2016) “os alunos enquanto discutem e argumentam sobre um determinado fenômeno estão processando cognitivamente a compreensão da atividade” (ZOMPERO; LABURÚ 2016).

Em seguida, é perguntado à turma onde poderia ser aplicado um sistema que funcione mais ou menos dessa maneira. Espera-se que nessa fase eles possam responder que o aparelho GPS funciona com tecnologia semelhante.

Avaliação

Após relatarem e argumentarem sobre a atividade, é distribuída uma folha escrita com as perguntas acima para os alunos possam desenvolver, além da fala, também a escrita.

6º Momento: Aprofundamento

Logo após é distribuído e lido de forma coletiva um material que explica de forma simplificada o funcionamento do GPS.

Disponível em:

<https://www.sofisica.com.br/conteudos/curiosidades/gps.php>

MISSÃO II: Ondas Eletromagnéticas.

Objetivo geral: Proporcionar condições para que os alunos participantes possam desenvolver as habilidades próprias da metodologia do Ensino por Investigação, tais como criar hipóteses, relatar suas ações, refletir, argumentar, além de estimular o diálogo entre eles.

Conteúdos abordados: Interação das eletromagnéticas com a matéria, tipos de materias.

Público alvo: Estudantes de ensino fundamental maior e ensino médio.

Duração estimada: 3 horas aula (135 minutos).

Materiais utilizados: folhas de diferentes materiais, celular, laser.

1º Momento: Contextualizando o tema

Inicialmente o professor deve falar das diversas aplicações cotidianas das ondas eletromagnéticas, como por exemplo nos aparelhos de micro-ondas, sinal de celulares, *wifi*, sinais de televisão e rádio. O objetivo dessa etapa é fazer com que o aluno comece a ter consciência de que as ondas eletromagnéticas fazem parte do seu dia a dia e comece a pensar sobre elas. Como dito anteriormente, esse momento tem a finalidade de aguçar a curiosidade do aluno sobre o tema.

2º Momento: Propondo o problema

A formação dos grupos, que poderá ser feita pelo professor de forma a tornar os grupos heterogêneos, ou na forma de sorteio, por exemplo, com a finalidade de os grupos não se formarem apenas pelo critério da afinidade, o que poderia torná-los desiguais em termos cognitivos.

A seguir são distribuídos aos alunos os materiais que podem ser utilizados: folhas de papel A4, papel celofane, papel alumínio etc. Além disso, recomenda-se que o professor forneça também fontes de laser, para que os estudantes experimentem os diferentes materiais e testem suas hipóteses. Para uma turma de 30 alunos, por exemplo, o professor pode utilizar os seguintes materiais:

Materiais	Quantidade
------------------	-------------------

Papel A4	6
Papel alumínio	6
Papel celofane	6
Emissor de laser	1 ou mais
Folha com o comando da missão	

Fonte: Autor, 2019

MISSÃO 2

Utilizando os materiais disponibilizados, e sem desligar o aparelho celular ou mexer em sua configuração, faça com que o sinal do celular emissor não chegue ao celular receptor.

Os celulares utilizados como emissores e receptores podem ser os dos próprios alunos, pois a grande maioria possui. Antes de iniciar a atividade é importante testar os aparelhos para ver se estão dentro da área de cobertura e funcionando para dar mais credibilidade a atividade. Esse teste pode ser feito através de ligação telefônica entre os aparelhos ou verificando se uma mensagem de aplicativo chega do celular emissor até o receptor.

3º Momento: Interagindo com os materiais disponíveis

Nesse momento é disponibilizado um tempo para que os alunos possam interagir com os materiais e elaborar hipóteses e refutá-las entre si, tendo o professor como mediador, até resolverem o problema. Esse tempo geralmente é curto pois alguns alunos já conhecem esse artifício através de seriados de TV e livros.

É provável que surjam as primeiras hipóteses nesse momento. O professor pode testá-las em conjunto com a turma, ou individualmente com cada equipe, refletindo o *laser* da caneta sobre o papel alumínio e associando essa reflexão ao sinal do celular.

4º Momento: Como conseguiram resolver o problema?

O objetivo desse momento é estimular os alunos a relatarem como fizeram para resolver o problema proposto, desenvolvendo, dessa forma, a habilidade de comunicar resultados.

5º Momento: Dando explicações causais

Nesse momento os alunos são indagados sobre:

- 1. Por quê a folha de papel não conseguiu isolar o sinal do celular?*
- 2. O que acontece com o papel celofane? E com o alumínio?*
- 3. Poderiam ser utilizados outros materiais e outras maneiras para isolar o sinal do celular?*

O objetivo desse momento é proporcionar aos estudantes a oportunidade de argumentarem sobre suas ações, suas hipóteses e suas conclusões.

6 Momento: Aprofundamento

O objetivo aqui é, após o aluno perceber que as ondas eletromagnéticas fazem parte de seu cotidiano, oportunizar o aprofundamento sobre o tema ondas eletromagnéticas através de texto, onde são vistos aspectos históricos, características das ondas eletromagnéticas, principais diferenças entre elas e as ondas mecânicas, a relação entre ondas e o transporte de energia e suas principais aplicações na atualidade.

O professor poderá conseguir o texto que disponível em:

<http://www.conteudoseducar.com.br/conteudos/arquivos/3387.pdf>

ou outro de sua preferência para essa finalidade.

Avaliação

Após relatarem e argumentarem sobre a atividade, é distribuída folha com as perguntas acima para os alunos possam desenvolver além da fala, também a escrita.

A seguir é apresentado um quadro que sintetiza as duas missões e os seus respectivos momentos.

Missão I e seus seis momentos

1ª ETAPA: LOCALIZAÇÃO DO EMISSOR DE SINAIS

1º MOMENTO: CONTEXTUALIZANDO O TEMA

Neste momento é trazido para os alunos que a necessidade de saber se localizar é bastante antiga e remonta a época das grandes navegações, com a utilização das constelações, astrolábios e bússolas. Nesse momento são apresentadas imagens de astrolábios e bússolas para que possam manipular.

2º MOMENTO: PROPONDO O PROBLEMA (MISSAO 1)

Um sinal é captado por três torres. Onde é a possível localização do emissor no mapa?

3º MOMENTO: INTERAGINDO COM OS MATERIAIS DISPONÍVEIS

São disponibilizados réguas, compassos e mapas para que os alunos possam manusear. Nesse momento as possíveis hipóteses são escutadas e refutadas com o objetivo de chegar ao objetivo.

4º MOMENTO: COMO CONSEGUIRAM RESOLVER O PROBLEMA?

Os alunos são estimulados a relatar o que fizeram

5º MOMENTO: DANDO AS EXPLICAÇÕES CAUSAIS

Por que se utilizou o compasso e não a régua?

Se tivessem mais torres a localização seria mais precisa?

6º MOMENTO: APROFUNDANDO A APRENDIZAGEM

Nesse momento é apresentado um pequeno texto falando sobre o funcionamento do GPS

Missão II e seus seis momentos

2ª ETAPA: ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

1º MOMENTO: CONTEXTUALIZANDO O TEMA

O professor fará breve explanação sobre o tema mostrando que as ondas fazem parte de nossa vida cotidiana

2º MOMENTO: PROPONDO O PROBLEMA (MISSÃO 2)

Utilizando folhas de papel A4 e papel alumínio e dois celulares encontre uma maneira do sinal do celular emissor não chegar ao celular receptor.

3º MOMENTO: INTERAGINDO COM OS MATERIAIS DISPONÍVEIS

Após os materiais serem distribuídos é dado um tempo para que possam elaborar hipótese e refutá-las entre si, tendo o professor como mediador.

4º MOMENTO: COMO CONSEGUIRAM RESOLVER O PROBLEMA?

Os alunos são estimulados a relatar o que fizeram

5º MOMENTO: DANDO AS EXPLICAÇÕES CAUSAIS

Por que que com a folha de papel não foi possível isolar o celular?

Poderia ser utilizado outros materiais e outras maneiras?

6º MOMENTO: APROFUNDANDO A APRENDIZAGEM

Nesse momento é lido coletivamente um pequeno texto falando sobre as ondas eletromagnéticas.
