

Universidade Federal de Juiz de Fora
Instituto de Ciências Exatas
Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Rafael José Pereira Vieira

ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO 9º ANO DO ENSINO
FUNDAMENTAL POR MEIO DE UMA SITUAÇÃO PROBLEMA

Juiz de Fora
2016

Rafael José Pereira Vieira

ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO 9º ANO DO ENSINO
FUNDAMENTAL POR MEIO DE UMA SITUAÇÃO PROBLEMA

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 24: Universidade Federal de Juiz de Fora e Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Dias
Menezes - UFJF

Juiz de Fora
Novembro de 2016

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Vieira, Rafael José Pereira.

Ensino de ondas eletromagnéticas no 9º ano do ensino fundamental por meio de uma situação problema / Rafael José Pereira Vieira. -- 2016.

104 f.

Orientador: Paulo Henrique Dias Menezes

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2016.

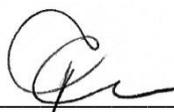
1. Ensino de física. 2. Ondas eletromagnéticas. 3. Situação problema. I. Menezes, Paulo Henrique Dias, orient. II. Título.

Rafael José Pereira Vieira

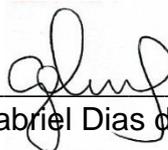
ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO 9º ANO DO ENSINO
FUNDAMENTAL POR MEIO DE UMA SITUAÇÃO PROBLEMA

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 24: Universidade Federal de Juiz de Fora e Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

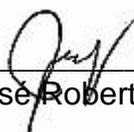
Aprovada em 03 de novembro de 2016 por:



Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes –
UFJF –Orientador



Prof. Dr. Gabriel Dias de Carvalho Júnior –
IFMG



Prof. Dr. José Roberto Tagliati – UFJF

Juiz de Fora
Novembro de 2016

A minha esposa que, por tantos dias, foi privada da minha companhia por conta do meu envolvimento no trabalho e aos meus pais que, mesmo distantes, sempre me incentivaram na busca do conhecimento.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus que me permitiu desfrutar de mais essa benção. Que eu possa retribuí-lo proporcionando aos meus alunos um ensino de melhor qualidade.

À minha família que sempre esteve presente, de alguma forma em minhas conquistas desde o início. Em especial à minha esposa que sempre me deu forças e me ajudou a acreditar no meu potencial.

Aos meus professores que acreditaram em mim e depositaram confiança em minhas aspirações. Em especial ao Professor Tagliati e ao Professor Paulo Henrique (orientador), que sempre me inspiraram profissionalmente por se mostrarem envolvidos e apaixonados pela educação.

Ao meu orientador que sempre se prontificou a me ajudar, sanando minhas dificuldades e a falta de experiência no campo da pesquisa.

À direção e coordenação do Colégio dos Santos Anjos – Juiz de Fora que permitiu a aplicação da sequência didática nas turmas de 9º ano. Ao professor de ciências Oscar que sempre se mostrou interessado a ajudar nas atividades com os alunos.

À CAPES pelo apoio financeiro que me permitiu um tempo maior de dedicação para a realização dos trabalhos referentes ao mestrado.

A todos, muito obrigado.

RESUMO

ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL POR MEIO DE UMA SITUAÇÃO PROBLEMA

Rafael José Pereira Vieira

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do polo UFJF / IF-Sudeste-MG 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.

Este trabalho apresenta o relato do desenvolvimento e da aplicação de uma sequência didática para o ensino de ondas eletromagnéticas no 9º ano do Ensino Fundamental a partir de uma situação-problema que questiona os riscos de se viver em um mundo imerso em ondas. Por meio dessa situação-problema os alunos foram instigados a investigar diversos fenômenos que envolvem o uso de radiações eletromagnéticas no dia a dia. A atividade foi dividida em quatro etapas: i) apresentação da situação-problema; ii) definição dos subtemas de pesquisa e proposta de investigação; iii) apresentação dos resultados; iv) confecção de vídeo informativo sobre o subtema investigado. Durante a execução dessas tarefas, os alunos tiveram a oportunidade de desenvolver competências e habilidades importantes para o entendimento do processo de construção da ciência e a aprendizagem de conceitos físicos, entre as quais destacamos o trabalho em equipe nos processos de pesquisa, a habilidade de reconhecer fontes de informação relevantes para a investigação de um problema, a capacidade de mobilizar recursos e pessoas e de ouvir e dar opiniões. Além disso, a sequência didática permitiu aos alunos tratar o conhecimento científico de forma multidisciplinar e contextualizada. Os resultados deste trabalho possibilitaram aprimorar a sequência didática desenvolvida que é reapresentada no Apêndice I na forma de um produto educacional para auxiliar professores de ciências do Ensino Fundamental na abordagem do conceito de ondas eletromagnéticas com seus alunos, podendo também ser apropriada para explorar outros temas, de acordo com a necessidade do professor.

Palavras-chave: ensino de física, ondas eletromagnéticas, situação-problema.

Juiz de Fora
Novembro de 2016

ABSTRACT

ELECTROMAGNETIC WAVES IN EDUCATION 9 TEACHING YEAR FUNDAMENTAL IN THE MIDDLE OF A PROBLEM SITUATION

Rafael José Pereira Vieira

Supervisor:

Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação (UFJF/IF - Sudeste-MG) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This work presents an account of the development and application of a didactic sequence for the teaching of electromagnetic waves in the 9th grade of elementary school from a problem situation that question the risks of living in a world immersed in waves. By means of this situation-problem students were instigated to investigate various phenomena which involve the use electromagnetic radiation on a daily basis. The activity was divided into four stages: i) presentation of the situation-problem; II) definition of subfields of research and research proposal iii) presentation of results; IV) making informative video on the subthemes investigated. During the execution of these tasks, the students had the opportunity to develop skills and abilities that are important for the understanding of the construction process of science and learning of physical concepts, among which we stress teamwork in research processes, the ability to recognize relevant sources for the investigation of a problem, the ability to mobilize resources and people and to hear and give opinions. In addition, the didactic sequence allowed students to take care of multi-disciplinary form scientific knowledge and contextualized. The results of this work made it possible to enhance the didactic sequence developed that is reintroduced in Appendix I in the form of an educational product to help science teachers of elementary school in the approach to the concept of electromagnetic waves with their students, and may also be appropriate to explore other themes, according to the needs of the teacher.

Keywords: Physics education, Electromagnetic waves, Problem situation

Juiz de Fora
November 2016

Sumário

Capítulo 1 Introdução	10
1.1 Breve histórico do meu percurso acadêmico-profissional.....	10
1.2 Justificativa.....	14
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2Objetivos específicos	16
1.4 Estrutura da dissertação	16
Capítulo 2 Referencial Teórico.....	18
2.1 Ondas Eletromagnéticas: de Tales a Maxwell – 1500 anos de história.....	18
2.2 O ensino de Ondas Eletromagnéticas no 9º ano do Ensino Fundamental.....	33
2.2.1. O conteúdo de ondas eletromagnéticas nos livros didáticos de ciências.	34
2.3. O uso de Situações-Problema no Ensino de Física.....	40
Capítulo 3 Metodologia	44
3.1. Contexto da Pesquisa.....	44
3.2. Roteiro da Sequência Didática	45
3.2.1. Descrição da situação-problema	46
3.2.2. Planejamento da 1ª Aula.....	46
3.2.3. Planejamento da 2º Aula.....	47
3.2.4. Planejamento da 3ª Aula.....	47
3.2.5. Planejamento da 4ª Aula.....	47
3.2.6. O contexto da aplicação da sequência didática	48
Capítulo 4 Resultados.....	49
4.1. Aplicação da Sequência Didática em Sala de Aula.....	49
4.1.1. Descrição da 1ª Aula.....	49
4.1.2. Descrição da 2ª Aula.....	51
4.1.3. Descrição da 3ª Aula.....	52
4.1.4. Descrição da 4ª Aula.....	57
Capítulo 5 Análise dos Resultados	61
5.1 Pesquisa de opinião sobre radiação	65
Capítulo 6 Considerações Finais	70
Referências	73
Apêndice I Produto Educacional	76

Apêndice II Pesquisa de Opinião Sobre Radiação	99
Apêndice III Modelo de projeto	101

Capítulo 1

Introdução

1.1 Breve histórico do meu percurso acadêmico-profissional

Quando era apenas um adolescente no ensino médio, não imaginava que seria um educador. Nunca me vi ocupando o lugar de um dos meus professores. Tampouco um professor de física. Não tinha a menor desconfiança de onde eu poderia chegar com todas aquelas informações que me eram transmitidas.

No terceiro ano do ensino médio tive a oportunidade de conhecer alguns conceitos de eletromagnetismo e, digo com toda certeza, que somente naquele momento entendi um pouco do significado e importância da física. Tive naquele ano um professor mais empenhado que, com nossa turma, chegou a montar uma sala onde se encontravam vários experimentos simples de física. Isso me despertou a curiosidade em compreender um pouco mais sobre aqueles fenômenos. Somente quatro anos após o término do ensino médio decidi prestar vestibular e não me restaram dúvidas. O contato rápido e ingênuo com a física do 3º ano foi o suficiente para influenciar minha escolha pela graduação em física.

Por meio de um processo seletivo da prefeitura da cidade onde residia, consegui uma bolsa integral em um curso preparatório para o vestibular. Fui aprovado e, em 2004, ingressei no curso de graduação em física da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Logo percebi que a física ia muito além daqueles poucos e simples conceitos que compreendi no ensino médio. Tive que cursar muitas disciplinas da matemática que não imaginava que seriam tão complicadas e ao mesmo tempo essenciais para a compreensão da física. A graduação, não foi fácil. Porém, sempre tive a comprovação de que, independentemente da disciplina, estudando com assiduidade, era possível alcançar a aprovação. Infelizmente, este ânimo não foi frequente e isso contribuiu para que os obstáculos das reprovações se configurassem em verdadeiras montanhas a serem transpostas. Na graduação havia a possibilidade de cursar física nas modalidades licenciatura ou bacharelado. Cursava as disciplinas comuns das duas grades e algumas específicas da licenciatura. Foi somente quando tive as primeiras oportunidades de estágio que percebi o quanto me sentia atraído pela prática docente.

Meu primeiro estágio, na área de ensino, foi em um cursinho popular da Prefeitura de Juiz de Fora (CPC), no ano de 2007. Foi um momento desafiador. Além

da minha inexperiência, tive que encarar alunos com bases de aprendizado extremamente precárias. Muitos deles, já adultos, não estudavam há mais de vinte anos. Permaneci estagiando neste cursinho por cerca de dois anos e a experiência obtida foi notável. No CPC adquiri desenvoltura frente aos alunos. Na prática, fui percebendo que a forma de abordagem do conteúdo, variava com o perfil do educando. Ao final dessa experiência, tive o prazer de tomar conhecimento de que muitos daqueles alunos haviam alcançado seus objetivos ingressando no ensino superior.

Em 2009, por meio do programa de apoio estudantil da Universidade Federal de Juiz de Fora, tive uma nova oportunidade de estágio. Agora no Centro de Ciências da instituição, onde permaneci até 2012. Trata-se de um museu interativo de ciências com exposições e visitas agendadas por escolas da região. Lá desempenhei a função de mediador. Recepcionava crianças e adolescentes apresentando, de forma lúdica, alguns experimentos no laboratório de física. Também acompanhava os visitantes na visita aos experimentos expostos no salão. No Centro de Ciências tive a oportunidade de presenciar o enorme interesse das crianças pelos fenômenos físicos. Pude perceber que os estudantes da faixa etária de 6 a 10 anos tinham grande facilidade em expor suas dúvidas e curiosidades. Isso fazia com que eles abstraíssem mais informações e conhecimento. Tive aí uma prova contundente de como seria importante inserir o aluno no “mundo da física”, já nos primeiros anos do ensino fundamental. Nesse estágio tive contato com o aprendizado em um ambiente não formal de educação. Compreendi a importância dessas outras possibilidades educativas na complementação do conteúdo apresentado em sala de aula dando significado prático para toda aquela teoria que, muitas vezes, não parece fazer muito sentido para os estudantes.

Durante a graduação participei de vários cursos, palestras e seminários na área de ensino de física, entre os quais destaco o curso de extensão: “Física das Interações Fundamentais e de Partículas”, ministrado pelo Professor Doutor Thales Costa Soares do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais. Tratava-se de um curso direcionado a professores de física do ensino médio interessados em buscar subsídios para trabalhar o tema em sala de aula. A forma de abordagem dessa temática foi muito interessante, pois o professor seguia uma linha histórica. Isso me fez perceber que a abordagem cronológica da física pode facilitar a compreensão do desenvolvimento da ciência pelo aluno, entendendo-a como um processo em constante evolução. Como a verdade que hoje parece ser absoluta pode, amanhã, ser um simples equívoco ou uma verdade restrita apenas a um determinado contexto.

Em 2010, mais uma oportunidade de aprendizado profissional surgiu. Agora no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência (PIBID). Nesse projeto tive a oportunidade de trabalhar em equipe com outros bolsistas e com uma professora supervisora que nos auxiliava no ambiente escolar. Essa nova experiência permitiu ampliar e adquirir inúmeros conhecimentos sobre a prática docente. Nos encontros semanais do subprojeto na universidade, tínhamos a oportunidade de ler e discutir artigos de diversos autores, enriquecendo nossa base teórica sobre diversas vertentes do conhecimento docente. Com a professora supervisora da escola podíamos planejar e elaborar atividades para aplicar em sala de aula com alunos do ensino médio. Um fato marcante dessa experiência foi a oportunidade que tive de colaborar, por dois anos seguidos, na organização de uma feira de física na escola, onde os alunos apresentavam diversos experimentos, sob nossa orientação. As ações do PIBID envolviam toda comunidade escolar: pais, professores, alunos e gestores. Com isso, pude compreender um pouco mais da complexidade da prática docente e o valor do trabalho em grupo.

Foi no PIBID que pela primeira vez tive a oportunidade de entender a importância de ser um professor-pesquisador. Participei da produção e apresentação de alguns trabalhos que foram submetidos em simpósios e congressos da área de ensino de física. As aulas ministradas nas turmas amparadas pelo projeto eram abundantes em metodologias inovadoras de ensino, tornando-se um ambiente riquíssimo para o desenvolvimento de pesquisas. Ficou claro para mim que um professor que avalia suas atividades em sala de aula com o devido suporte teórico é capaz de estar sempre renovando e inovando suas ações como educador.

Em 2012 iniciei minha carreira como professor regente. Como estava ainda terminando a graduação assinei um contrato de poucas aulas semanais em uma escola pública estadual, instalada em um Centro de Remanejamento do Sistema Prisional – CERESP. Por mais inusitado que possa parecer ter a primeira oportunidade como professor dentro de um sistema prisional, tal experiência me possibilitou testemunhar algo extraordinário. Mesmo em uma situação adversa, o conhecimento ainda pode ser algo atraente. Alguns alunos apresentavam uma curiosidade notável pelos fenômenos físicos. Sem dúvidas, foi uma experiência rara e singular. Na mesma época, surgiu a oportunidade de um novo contrato em outra escola estadual, também em turmas da EJA (Educação de Jovens e Adultos), na qual atuei até o final do ano letivo.

Até então, estava acostumado com turmas da EJA que, por serem formadas em sua grande maioria por adultos, eram mais tranquilas de reger devido à maturidade e

comprometimento dos alunos. Essas características, muitas vezes ofuscavam as dificuldades de compreensão do conteúdo, uma vez que muitos estavam afastados da escola há vários anos. O contato com alunos do ensino regular só ocorreu em 2013 por meio de outro contrato em escola estadual. Pela primeira vez tive turmas formadas apenas por adolescentes. Já no início percebi que a abordagem do conteúdo teria que ser diferente. Mesmo contando com uma facilidade maior de compreensão, quando comparados aos adultos, os adolescentes deixavam a desejar em capacidade de concentração. Motivado por essa característica, tive a chance de elaborar aulas mais interativas em que os alunos pudessem ser mais participativos e colaboradores na construção do próprio conhecimento. Nessa escola, também atuei até o final do ano letivo.

Em 2014 continuei com os contratos, atuando como professor substituto de física em escolas públicas do município de Juiz de Fora e região. Em 2015 além de continuar o trabalho em uma escola pública, tive minha primeira experiência em uma escola particular. Fui contratado como professor de física de um tradicional colégio particular de Juiz de Fora. Nessa escola, na qual atuo até o presente momento, sou responsável pelas turmas de primeiro ano do ensino médio. Com a experiência adquirida em todas as instituições educacionais por onde passei percebi a importância de aproximar o conteúdo de física da vida cotidiana dos alunos. Considero importante fazê-los compreender que a física está presente em todos os instantes de suas vidas e que sua compreensão pode torná-los pessoas mais bem preparadas para a tomada de decisões nos desafios do dia a dia. Isso torna a disciplina mais atraente. A partir da discussão de problemas fundamentais, novas dúvidas vão surgindo e o interesse pelo conhecimento vai aumentando.

Com a experiência adquirida até então, percebi a necessidade, não apenas de trabalhar conceitos de física, mas sim de despertar o interesse do aluno para o conhecimento. Além disso, o ato de ensinar transcende a simples transmissão de informações sobre algum conteúdo específico. Por isso, entendo que cabe também ao professor auxiliar o aluno na obtenção da autonomia para a busca do seu conhecimento.

Levando em consideração os preconceitos que chegam com os alunos no ensino médio em relação aos conteúdos de física, dizendo frases do tipo: “física é coisa de maluco”; “física é muito difícil”, além da imaturidade na busca e apuração do seu próprio conhecimento, decidimos pela elaboração de um trabalho que envolvesse alunos do 9º ano do ensino fundamental em atividades de pesquisa e investigação. Para isso,

foi elaborada uma sequência didática com o intuito de proporcionar ao discente a busca de informações sobre um determinado conteúdo, com o intuito de desenvolver habilidades e competências que permita que ele se aproprie do processo de construção de seu saber e que tenha a oportunidade de ver a ciência como algo mais próximo do seu cotidiano, conhecendo as possibilidades da aplicação dos conceitos estudados em sala de aula no dia a dia.

1.2 Justificativa

Todos os trabalhos realizados, sem dúvidas, influenciaram para a escolha do tema desta pesquisa. Porém, gostaria de destacar dois deles: a atuação no PIBID e o estágio no Centro de Ciências da UFJF. O primeiro me fez perceber a importância da prática docente aliada à pesquisa, pois, dessa forma o professor tem a oportunidade de qualificar suas práticas em sala de aula, revendo-as e ressignificando-as quando necessário. Já a atuação no Centro de Ciências me permitiu conhecer o interesse que alunos dos anos iniciais do ensino fundamental têm pelas ciências naturais. Isso me instigou a entender melhor o que ocorre nos anos finais do ensino fundamental que faz com que boa parte dos alunos chegue ao ensino médio desinteressado e cheio de preconceitos em relação aos conteúdos de ciências, principalmente de física.

Com base nessa inquietação decidimos (meu orientador e eu), explorar a possibilidade de se trabalhar os conteúdos de física do 9º ano do ensino fundamental de forma diferente, que possibilitasse resgatar o interesse e a curiosidade dos alunos para o aprendizado dessa disciplina. Para isso era necessário colocar o aluno em uma posição de destaque na busca de seu próprio conhecimento. Decidimos então explorar metodologias ativas de ensino que permitissem aos alunos esse protagonismo. Uma atividade que os auxiliassem a explorar sua autonomia na busca do conhecimento e na seleção e organização de informações. Nesse sentido optamos por desenvolver uma sequência didática, sobre o tema ondas eletromagnéticas, orientada por uma situação-problema (Apêndice I).

Tínhamos em mente, que professores de ciências do 9º ano, geralmente, possuem formação na área de ciências biológicas e, por isso, costumam ter alguma dificuldade em abordar conteúdos de física. Por isso, pensamos em uma sequência didática que também pudesse orientá-los no entendimento do conteúdo de uma forma simples, mas consistente. Além disso, era importante destacar que a abordagem

didático-metodológica da proposta serve não só para o tema apresentado, mas pode ser utilizada para explorar outros conteúdos de física e de ciências de um modo geral.

Na maioria das escolas a disciplina de ciências do nono ano do ensino fundamental é dividida em conteúdos de química e de física. Conceitos básicos dessas duas áreas de conhecimentos são abordados de forma superficial, uma vez que as possibilidades de aprofundamento deverão ocorrer durante todo o ensino médio. Alguns livros costumam organizar esses conteúdos de forma mais tradicional como podemos notar em alguns títulos utilizados: “As ondas e o Som”, “Eletricidade e Magnetismo” e “Funções Químicas: ácidos e bases”. Por outro lado, existem livros didáticos de ciências que organizam esses conteúdos em torno de possíveis aplicações práticas, como se pode observar nos seguintes títulos: “Garrafa Térmica, Estufa e Aquecimento Global”, “Bússolas, Ímãs, Discos Rígidos e Magnetismo Terrestre”, “Geração e Aproveitamento de Energia Elétrica”.

O que se pode observar é que, apesar das diferenças nos títulos, os fenômenos e conceitos abordados são praticamente os mesmos e a forma de trabalhá-los em sala de aula não se diferencia muito da forma tradicional de aulas expositivas que primam pela conceituação. Além disso, perde-se a oportunidade de uma abordagem interdisciplinar que contemple conteúdos de física, química e até biologia, quando da abordagem tradicional no 9º ano que trabalha fenômenos físicos totalmente desconectados dos fenômenos químicos. Por isso, consideramos importante a busca de estratégias metodológicas que possibilitem um ensino mais eficaz voltado para uma aprendizagem mais significativa por parte dos alunos. A isso se propõe a sequência didática que desenvolvemos e apresentamos neste trabalho.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver e aplicar uma sequência didática para o ensino de conteúdos de ciências no 9º ano do Ensino Fundamental a partir de uma situação-problema que permitisse trabalhar conteúdos de física envolvendo também, conceitos de Química e Biologia de forma multidisciplinar.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Investigar os conteúdos de ensino de Ciências do Ensino Fundamental para avaliar as possibilidades de trabalho;
- ✓ Elaborar uma sequência didática que tenha como tema gerador uma situação-problema que permita desenvolver os conteúdos de ciências de forma multidisciplinar, levando em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e seu contexto social;
- ✓ Aplicar a sequência didática em turmas de 9º ano do Ensino Fundamental de escolas da rede pública ou privada;
- ✓ Avaliar o potencial educativo da proposta levando em conta sua contribuição para a compreensão da natureza de forma integral por parte dos alunos;
- ✓ Formalizar e estruturar a metodologia desenvolvida para divulgação entre professores de ciências do ensino fundamental.

1.4 Estrutura da dissertação

Para alcançar os objetivos elencados na seção anterior, foi elaborada uma sequência didática para o ensino de ondas eletromagnéticas a partir de uma situação-problema que questiona os alunos sobre os riscos de se viver em um mundo imerso em ondas. O intuito dessa proposta foi questioná-los sobre a influência que os fenômenos eletromagnéticos têm em nossas vidas e instigá-los a investigar aspectos bons e ruins relacionados a esses fenômenos. Nos capítulos seguintes passamos a relatar os desdobramentos dessa proposta.

O capítulo 2 trata do referencial teórico e está dividido em três seções. Na primeira traçamos um breve histórico da teoria eletromagnética desde as primeiras observações de Tales de Mileto até as equações de Maxwell. Na segunda seção analisamos a situação do ensino de ondas eletromagnéticas no 9º ano do ensino fundamental a partir de documentos normativos e de alguns livros didáticos. A terceira seção é dedicada ao estudo do uso de situações-problema no ensino de física.

O capítulo 3, intitulado “Metodologia”, foi dividido em duas seções. A primeira descreve o contexto da pesquisa e a segunda, dividida em subseções, trata do roteiro da sequência didática. Iniciando com a descrição da situação-problema e seguindo com o roteiro de cada aula utilizada na aplicação da sequência didática.

Os resultados do estudo são abordados no capítulo 4 que relata, de forma minuciosa, os acontecimentos de cada aula, desde a introdução da situação-problema, até a apresentação dos vídeos produzidos pelos grupos, dando ênfase a atuação dos alunos em todas as etapas.

No capítulo 5 apresentamos as respostas dadas a uma pesquisa de opinião que foi feita com os alunos a respeito das radiações eletromagnéticas presentes em nosso cotidiano. E, por fim, no capítulo 6, foram feitas as considerações sobre o trabalho realizado, iniciando com uma recapitulação da proposta desenvolvida, passando, em seguida, ao apontamento das evidências que nos permitiu atestar a relevância da sequência didática para o aprendizado dos alunos. Ao final destacamos algumas atitudes que podem ser tomadas para evitar contratempos na aplicação do produto didático apresentado no Apêndice I, com o intuito de garantir melhores resultados.

Capítulo 2

Referencial Teórico

Este capítulo está dividido em três seções. A seção 2.1 apresenta um breve relato sobre o desenvolvimento do conceito de ondas eletromagnéticas, destacando as primeiras observações do fenômeno, sua evolução através dos tempos e a descrição matemática da propagação e da velocidade desse tipo de onda. Na seção 2.2 tratamos da forma de abordagem das ondas eletromagnéticas no ensino fundamental em alguns livros didáticos e o que é recomendado pelos documentos oficiais nas instâncias, federais, estaduais e municipais. A terceira seção apresenta uma breve incursão teórica sobre situação-problema, suas características e benefícios que podem favorecer o aprendizado de conteúdos científicos.

2.1 Ondas Eletromagnéticas: de Tales a Maxwell – 1500 anos de história

As primeiras evidências de estudos na área do eletromagnetismo ocorreram na Grécia, ainda durante o período da antiguidade, pelo filósofo, engenheiro e astrônomo, Tales de Mileto (640-550 a.C.), que percebeu que o âmbar, (resina fossilizada de pinheiros pré-históricos), atritado com lã ou pele de animal, era capaz de atrair pequenos materiais. Ele também observou que um óxido de ferro, conhecido como magnetita, atraía pedaços de ferro. Os gregos não aceitavam muito bem as interações à distância e imaginavam uma entidade invisível que envolvia esses materiais que batizaram de “eflúvio”.

Durante a Idade Média, nada de tão relevante ocorreu a respeito dos fenômenos do eletromagnetismo, a não ser a chegada, na Europa, de uma invenção chinesa: a bússola. No Renascimento, muitos cientistas voltaram suas atenções para o tema. A começar por Willian Gilbert (1501 - 1576), que em seu tratado, “De Magnete”, relatou que outras substâncias gozavam da mesma propriedade do âmbar depois de atritada com peles ou tecidos. Batizou essas substâncias de elétricas. Percebeu também que metais não se eletrizavam por atrito. Na área do magnetismo também surgiram novidades. Ao colocar uma bússola próxima a bolas de ferro magnetizadas, Gilbert traçou o formato das linhas de indução magnética. Também mostrou que, ao partir um ímã, não era possível obter um “monopolo” magnético.

O alemão Otto Von Guericke (1602 - 1686), somou às observações dos fenômenos elétricos, a repulsão de partículas de mesma carga, o poder das pontas de corpos eletrizados, a eletrização por indução, entre outras descobertas de menor repercussão. Em 1731, Stephen Gray (1679 - 1736), demonstrou a condução elétrica e discriminou os materiais em condutores e não condutores. Assim a ideia do eflúvio grego foi abandonada e pelo fato dessas emanções poderem ser transferidas de um corpo para outro, passou a ser chamada de “fluido elétrico”.

No campo dos estudos sobre a natureza da Luz houve um confronto de ideias entre Isaac Newton (1643 - 1727), e Christiaan Huygens (1629 - 1695). Newton acreditava que a luz era constituída de várias partículas oriundas da fonte. Segundo ele, a luz se propagava em linha reta e, quando refletida em um espelho, se comportava como uma bola ao ser lançada em uma parede. Porém, apesar de defender a característica corpuscular, ele mesmo afirmava fazer isso sem absoluta certeza. Enquanto isso, Huygens foi o maior defensor da teoria ondulatória da luz. Ele propôs que as ondas de luz se propagavam em um meio universal que enchia todo o espaço e sem a dependência de massa. Em sua teoria a onda de luz se propagava em uma espécie de “éter luminífero”. Enquanto Huygens poderia ser considerado pioneiro com sua teoria ondulatória, a teoria corpuscular de Newton já era cogitada desde o século I a.C. por Lucrécio que escreveu que a luz solar e o seu calor eram compostos de pequenas partículas.

O francês Charles Du Fay (1698 - 1739), por meio de seus experimentos, percebeu que todos os corpos são eletrizáveis. Não apenas os, até então, ditos elétricos. Também observou que, ao passar próximo a corpos eletrizados, ocorriam alguns estalidos e centelhas. Du Fay foi o primeiro a notar formas diferentes de eletrização que as intitulou por “vítreas” e “resinosas”. Corpos eletrizados com um bastão de vidro se repeliam e ao serem aproximados de corpos atritados com âmbar, se atraíam. Por fim, definiu que corpos neutros, não eletrizados, tinham a mesma quantidade dos dois fluidos.

Ewald Georg von Kleist (1700 - 1748), e Pieter van Musschenbroek (1692 - 1761), se ocuparam na tentativa de armazenamento do fluido elétrico. Este último foi responsável pelo aparato conhecido como “Garrafa de Leyden”. Trata-se de uma espécie rústica de capacitor constituída com uma garrafa de vidro, uma rolha e uma haste metálica que tocava certa quantidade de água presente no recipiente. Esse dispositivo, assim como num capacitor, era capaz de armazenar carga elétrica nas

paredes da garrafa. Mais tarde, através de estudos e experimentos com este equipamento, o americano Benjamin Franklin (1707 - 1790) observou correntes que fluíam em sentidos opostos por partes distintas do equipamento. Diferente de Du Fay, Benjamin acreditava em apenas um fluido elétrico comum a todos os corpos. Tendo este fluido em excesso, o corpo era chamado de positivo e quando de menos, negativo. Esta teoria foi rejeitada pela comunidade científica da época. Benjamin também foi o responsável por determinar a natureza elétrica dos relâmpagos.

John Michell (1724 - 1793), contribuiu com os estudos de magnetismo, sendo pioneiro ao perceber que a interação de forças entre polos magnéticos diminuía com o quadrado da distância entre eles.

Uma nova etapa desses estudos surge em meados do século XVIII quando, Joseph Priestley (1733-1804), inspirado pela descoberta de Henry Cavendish (1731-1810), percebeu evidências da existência de forças entre partículas carregadas. Naquela época Cavendish havia descoberto que a carga em um condutor ocupava integralmente sua superfície ficando seu interior livre de qualquer interação elétrica. Na época essa descoberta não foi devidamente valorizada.

Foi Charles Augustin Coulomb (1736 - 1806), que, utilizando uma balança de torção, definiu a força de interação entre duas cargas elétricas por meio de uma lei que hoje leva seu nome: a Lei de Coulomb, segundo a qual, a força de interação entre duas cargas é diretamente proporcional à intensidade dessas cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas. Coulomb também observou a blindagem do condutor em seu interior mesmo sem conhecer as pesquisas de Cavendish.

Joseph-Louis Lagrange (1736 - 1813), em 1777, definiu que, em um dado ponto do espaço, as componentes de forças atrativas poderiam ser expressas como as derivadas de uma função “V” a qual era obtida pela soma das massas de todas as partículas pelas suas respectivas distâncias das massas ao ponto. Poucos anos depois Pierre Simon Laplace (1749 - 1827), demonstrou a equação que satisfazia esta função “V” na ausência da matéria.

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0$$

Porém, Simeon Denis Poisson (1781 - 1840), em 1813 mostrou que, num ponto interno do corpo atrativo, a equação de Laplace deveria ser igualada a $-4\pi\rho$, onde ρ é a densidade da matéria no ponto.

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -4\pi\rho$$

A mesma equação poderia ser utilizada em cálculos de eletricidade se chamassem ρ de densidade de carga. Seu valor era constante na superfície de condutores. Mais adiante Poisson (1781 - 1840), completou sua teoria sobre magnetostática envolvendo magnetização e momento magnético. Em 1828 George Green (1793 - 1841) generalizou essa equação e nomeou a função “V” de *potencial*.

Enquanto isso, nos estudos sobre a natureza da luz, somente no início do século XIX foi que a teoria de Huygens começou a ser aceita quando o inglês Thomas Young (1773 – 1829), demonstrou o fenômeno da interferência. Em uma sala escura Young deixou a luz solar passar por dois furos pontuais separados em 1,0 cm. Em uma tela localizada a 1,0 m de distância dos furos ele observou regiões ocupando uma largura aproximada de 0,6 milímetros. Este experimento ficou conhecido como “Experimento de Dupla Fenda de Young”.

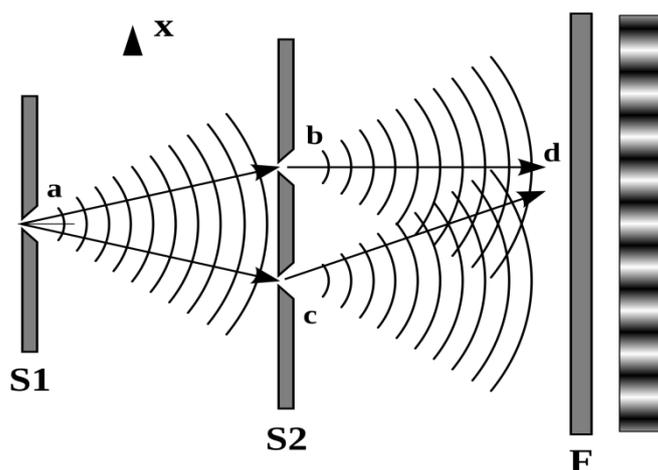


Figura 2.1: Experimento de dupla fenda de Young. Fonte: wikipedia¹

¹Disponível em:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Ebohr1_IP.svg/2000px-Ebohr1_IP.svg.png

Em 1800, William Herschel (1738 - 1822), em seus experimentos que tentavam compreender melhor a relação entre calor e luz, descobriu a existência de raios solares invisíveis. Segundo ele, esses raios vindos do Sol que são menos refrangíveis do que aqueles que afetam a visão e possuem alto poder de aquecimento e nenhum de iluminar (OLIVEIRA, 2014).

Em 1808, o francês Dominique Arago (1786 - 1853) direcionou seus estudos para o fenômeno de polarização da luz e, em seguida, Augustin Fresnel (1788 - 1827) concluiu que as ondas luminosas eram transversais e a polarização foi explicada baseada na teoria ondulatória. Porém, o “éter luminífero”, para transmitir ondas na frequência da luz, deveria ter rigidez bem além da do aço e ao mesmo tempo a transparência suficiente para observarmos os corpos movimentando por ele.

Em 1820, Hans Christian Oersted (1777 - 1851) publicou panfletos que relatavam a deflexão de uma agulha imantada ao ser aproximada de um fio onde fluía uma corrente elétrica e também descobriu a força que atuava sobre um ímã na presença de um circuito elétrico girante. Eis aí a descoberta da relação entre eletricidade e magnetismo. Oersted, assim como muitos até então, não acreditava em uma interação à distância e creditava os fenômenos observados à interação dos fluidos elétricos e magnéticos presentes nos corpos envolvidos.

A lei quantitativa deste fenômeno foi descrita por Jean Baptiste Biot (1774 - 1862) e Félix Savart (1791 - 1841). Logo depois André Marie Ampère (1775 - 1836) constatou uma atração entre fios paralelos quando os dois eram percorridos por correntes no mesmo sentido e uma repulsão entre os mesmos quando essas correntes tinham sentidos opostos. Observou também as características magnéticas de um fio em espiral percorrido por uma corrente elétrica e nomeou esses comportamentos de *eletrodinâmica*. Ampère foi além, sugerindo que os corpos, naturalmente magnetizados teriam correntes circulando em cada uma de suas moléculas, como se fosse todas juntas formando um grande eletroímã. Em corpos não magnetizados, essas correntes estariam orientadas em direções aleatórias anulando uma as outras. Por fim, inventou um aparelho capaz de medir correntes elétricas. Esse aparelho foi chamado de galvanômetro em menção ao termo galvanismo, utilizado para o estudo de correntes elétricas em movimento.

Sem dúvidas, Michael Faraday (1791 - 1867), foi um dos maiores físicos experimentais que já existiu. Ele descobriu o fenômeno da eletrólise e da indução magnética que trata da geração de corrente elétrica em um fio que esteja próximo de

outro que é percorrido por uma corrente variável. Faraday teve algumas dúvidas em relação ao sentido da corrente que, mais tarde, foi esclarecida por Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804-1865), com uma descrição que ficou conhecida como “Lei de Lenz”. Segundo essa descrição, a corrente induzida tem sentido oposto à variação do campo magnético que a origina. Assim, caso ocorra a diminuição do fluxo magnético, a corrente induzida irá gerar um campo magnético com o mesmo sentido do fluxo. Ao contrário, havendo aumento do fluxo magnético, a corrente induzida irá criar um campo magnético com sentido oposto ao sentido do fluxo.

Faraday também criou o dínamo, aparelho que é capaz de transformar energia mecânica em corrente elétrica através de um conjunto de espiras que gira próximo a um conjunto de ímãs, e propôs o conceito de linhas de força, ao colocar limalha de ferro sobre uma folha de papel que se encontrava sobre um ímã. Onde a quantidade de limalha de ferro estivesse mais concentrada teríamos uma intensidade maior do campo magnético e regiões com uma quantidade menor de limalha, o campo magnético estaria menos intenso. Isso fez com que ele acreditasse ainda na necessidade de um meio para a propagação do campo elétrico e não na ação à distância no espaço vazio. Também sugeriu que a luz e o calor radiante seriam propagados ao longo dessas linhas de força e, apesar de não conseguir provar, acreditava na existência de uma relação entre a gravidade e eletricidade.

Na mesma época Samuel Finley Breese Morse (1791 - 1872) criou o telégrafo - aparelho que, por meio de sinais, possibilitava a comunicação à distância e que foi muito útil durante até o começo do século XX. Outro invento importante da época foi o motor elétrico pelo americano Joseph Henry (1797 - 1895). Franz Ernst Newmann (1798 - 1895), baseado nos trabalhos de Ampère e Lenz sobre a corrente induzida em um circuito, concluiu que essa corrente em movimento tinha o valor de certa função e que essa função nada mais era que o potencial da força eletromotriz que atuava entre o circuito e o magneto. Foi Newmann que introduziu a ideia de vetor potencial.

William Thomson (1824 - 1907), fez uma comparação entre fenômenos elétricos e elásticos no que se refere à propagação de seus efeitos e foi pioneiro no tratamento matemático sobre as linhas de força. Também tratou a intensidade magnética de um ponto dentro de corpos magnetizado com cavidade. Distinguiu o vetor “B” e o vetor “H” que mais tarde seria definido por Maxwell por indução magnética e campo magnético, respectivamente, e relacionados da forma:

$$B = H + 4\pi M$$

Sendo M a magnetização.

Foi no início do século XIX que se percebeu a existência de ondas eletromagnéticas invisíveis. A descoberta da radiação infravermelha é atribuída ao astrônomo William Herschel (1738 - 1822), que publicou seus resultados em 1800. Em 1801, o físico Johann Wilhelm Ritter (1776 - 1810), descobriu a radiação ultravioleta em um experimento semelhante ao de Herschel que, usando a luz solar e um prisma de vidro, notou que os raios invisíveis perto da borda violeta do espectro escureciam mais rapidamente sais de prata do que a luz violeta nas proximidades. Heinrich Hertz (1857 - 1894), não só descobriu as ondas de rádio como também observou que elas se propagavam com a mesma velocidade da luz visível. Wilhelm Conrad Röntgen (1845 - 1923), em 1895 descobriu uma radiação ionizante proveniente da desaceleração de partículas energeticamente carregadas ou da transição de elétron nos átomos. Hoje conhecemos essa radiação como “Raios X”. Em 1900, o francês Paul Ulrich Villard (1860 - 1934), descobriu a existência dos raios gama ao estudar átomos de urânio e rádio. Essa radiação é oriunda da passagem de um núcleo atômico de um nível excitado para outro de menor energia e na desintegração de isótopos radioativos, e tem um comprimento de onda ainda menor que os Raios X.

Foi somente nos anos de 1865, que James Clerk Maxwell (1831 - 1879), demonstrou que um raio luminoso era uma progressão de ondas de campo magnético e elétrico o que chamamos, atualmente, de ondas eletromagnéticas. Para isso, definiu quatro equações descritas abaixo:

1. Lei de Gauss para a eletricidade: proposta originalmente por Carl Friedrich Gauss equivale à lei de Coulomb em situações estáticas. Ela relaciona os campos elétricos e suas fontes às cargas elétricas. Também se aplica a campos elétricos variáveis com o tempo.

$$\oint \vec{E} d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

2. Lei de Gauss para o Magnetismo: equivale à primeira lei, mas é aplicável a campos magnéticos. Evidencia ainda a inseparabilidade de pólos magnéticos. De acordo com essa lei, as linhas de campo magnético são

contínuas, diferente das linhas de força de um campo elétrico que tem origem em cargas elétricas positivas e fim, em cargas elétricas negativas.

$$\oint \vec{B} d\vec{A} = 0$$

3. Lei de Ampère: estabelece que um campo magnético é sempre produzido por uma corrente elétrica ou por um campo elétrico variável. Esta segunda maneira, prevista pelo próprio Maxwell, com base na simetria da natureza, ou seja, se um campo magnético variável induz uma corrente elétrica, e conseqüentemente um campo elétrico, então um campo elétrico variável deve induzir um campo magnético.

$$\oint \vec{E} d\vec{l} = \frac{d\Phi_B}{dt}$$

4. Lei de Faraday: essa última descreve as características do campo elétrico que dá origem a um fluxo magnético variável. Os campos magnéticos originados são variáveis no tempo, gerando assim campos elétricos do tipo rotacionais.

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Até o final do século XIX acreditava-se que com essas equações não havia mais nada a ser descoberto na Física, até que Max Planck (1858 – 1947) deu início à chamada Física quântica, com seus postulados sobre a radiação de corpo negro e Albert Einstein (1879 – 1955) com a Teoria da Relatividade e o Efeito Fotoelétrico. Este último trata da emissão de um feixe de luz como pequenos pacotes de energia denominados fótons, mais tarde, em 1911, confirmado experimentalmente por Arthur Compton (1892 - 1962). Pela primeira vez houve uma conversa entre as duas teorias para a propagação da luz. A que tratava a luz como onda e a que afirmava ser a luz, uma partícula. Assim se definiu o comportamento dual da luz, ou seja, quando a luz se propaga no espaço, ela se comporta como uma onda, mas quando incide sobre uma superfície, passa a se comportar como uma partícula. As equações de Maxwell são

consideradas o marco final do que chamamos de Mecânica Clássica. Maxwell foi o primeiro físico a provar, matematicamente, a velocidade das ondas eletromagnéticas, graças às suas equações.

Hoje sabemos que vivemos mergulhados em um mar de ondas eletromagnéticas. Somos atravessados o tempo todo pelas mais variadas formas de radiações existentes, capazes de interferir na evolução de nossa espécie e todas as outras, animal e vegetal.

Estamos imersos em ondas eletromagnéticas pertencentes a este espectro. O Sol, cujas radiações definem o meio ambiente no qual nós, como uma espécie, evoluímos e nos adaptamos, é a fonte predominante. Nossos corpos são também atravessados por sinais de rádio e televisão. Microondas de radares e de sistemas de telefonia celular podem nos atingir. Temos também as ondas eletromagnéticas provenientes de lâmpadas elétricas, dos motores quentes dos automóveis, das máquinas de raios X, dos relâmpagos e dos elementos radioativos existentes no solo. Além disso, somos banhados pelas radiações das estrelas e de outros corpos de nossa galáxia e de outras galáxias. (HALLIDAY, 2003, p. 3)

A Fig. 2.2 mostra o espectro eletromagnético, desde as ondas de rádio com seu enorme comprimento de onda, da ordem de 10^8 m, e frequências ínfimas, em torno de 10 Hz, até os raios gamas e seus mínimos comprimentos de ondas, chegando à ordem de 10^{-16} m e frequências de valores astronômicos, da ordem de 10^{24} Hz. O complemento da figura destaca o espectro de luz visível para entendermos o quão mínima é a faixa desse tipo de radiação em comparação com todo o espectro. Mais adiante faremos um breve tratamento qualitativo das ondas através do sistema utilizado para gerar ondas de rádio.

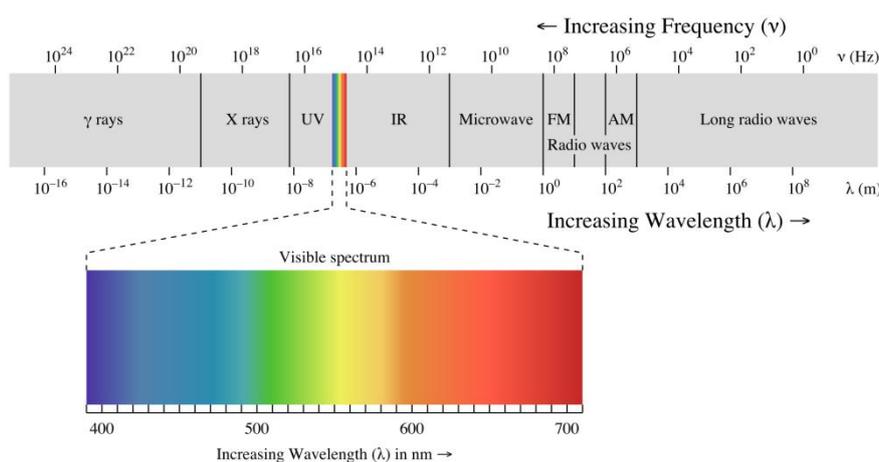


Figura 2.2. Espectro Eletromagnético. Fonte: wikipedia

Na Fig. 2.3 podemos observar um sistema gerador de ondas de rádio. Seu principal componente é um circuito oscilador LC que produz uma corrente senoidal

(corrente que varia seu sentido em função do tempo), de frequência angular $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, sendo L, a indutância, característica do indutor e C, a capacitância, característica do capacitor. A função deste circuito é criar na antena uma onda eletromagnética que se propaga na velocidade da luz com a mesma frequência angular do oscilador LC.

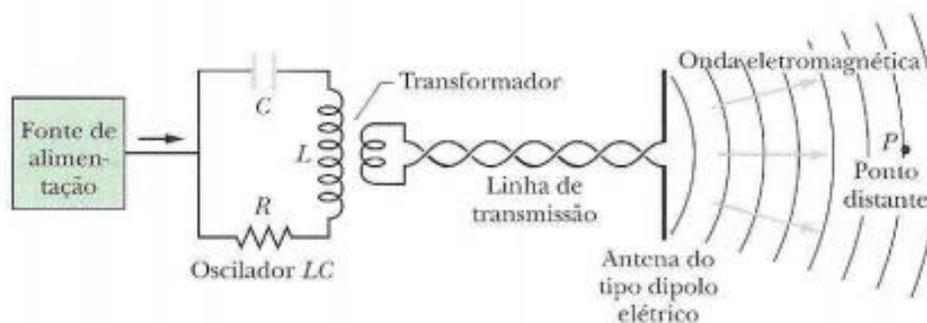


Figura 2.3. Sistema usado para gerar uma onda de rádio. Fonte: Fundamentos de Física – vol. 4²

São características importantes das ondas eletromagnéticas:

- i. Os campos elétricos (\vec{E}) e magnéticos (\vec{B}), são perpendiculares à direção de propagação da onda, ou seja, a onda eletromagnética é uma onda transversal;
- ii. O campo elétrico é perpendicular ao campo magnético;
- iii. O produto vetorial ($\vec{E} \times \vec{B}$) aponta no sentido de propagação da onda;
- iv. Os campos variam senoidalmente com a mesma frequência e estão em fase.

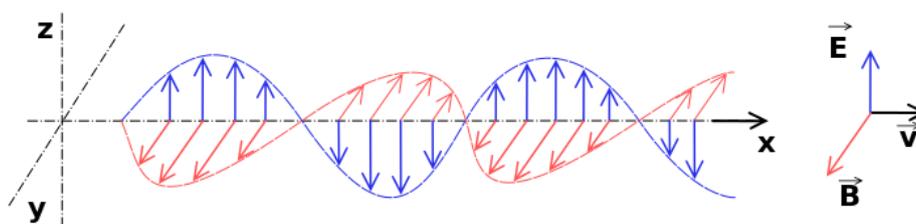


Figura 2.4. Propagação de uma onda eletromagnética. Fonte: wikipedia³

Na ilustração da Fig.2.4, a onda eletromagnética se propaga ao longo do eixo x. O campo elétrico oscilando no plano z e o campo magnético oscilando no plano y.

² Fonte: Fundamentos de Física – vol. 4 – Óptica e Física Moderna, Halliday e Resnick – 8ª Edição, p.9 Editora LTC.

³Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica#/media/File:Onde_eletromagnetique.svg.

Dessa forma podemos descrever os campos, \vec{E} e \vec{B} , através das funções senoidais de posição x e do tempo t :

$$E = E_m \text{sen}(kx - \omega t) (1)$$

$$B = B_m \text{sen}(kx - \omega t) (2)$$

Nas equações (1) e (2) E_m e B_m são as amplitudes dos campos, ω é a frequência angular e k , o número de ondas. Apesar de existir uma equação para descrever cada uma das ondas, uma não pode existir sem a existência da outra. Ao dividirmos a equação (1) pela (2) e considerando $\frac{E_m}{B_m} = c$, chegamos a:

$$\frac{E}{B} = c (3)$$

A partir dessa relação podemos fazer uma breve descrição matemática de uma onda eletromagnética demonstrando que a equação que define sua velocidade é dada por:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} (4)$$

Podemos também relacionar a velocidade c com as amplitudes dos campos elétricos e magnéticos e sua reciprocidade indutiva:

$$\frac{E_m}{B_m} = c (5)$$

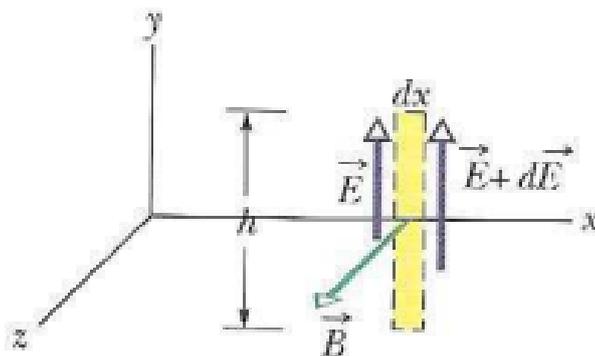


Figura 2.5. Campo magnético se propagando no plano “xz” e gerando um campo elétrico no plano “xy”. Fonte: Fundamentos de Física – vol. 4⁴

Na Fig. 2.5 temos os campos eletromagnéticos se propagando da esquerda para a direita ao longo do eixo x. O campo elétrico no plano xy e o campo magnético no plano xz. O campo magnético que atravessa o retângulo sofre uma variação no fluxo Φ_B , e, segundo a Lei de Faraday, campos elétricos induzidos surgem na região do retângulo. Este campo elétrico varia de \vec{E} até $\vec{E} + d\vec{E}$. Ao variar o campo magnético no sentido positivo do eixo z, o campo elétrico também varia no sentido positivo do eixo y. Quando o campo magnético varia no sentido negativo de z, o campo elétrico faz o mesmo, porém, no eixo y.

Segundo a Lei de Lenz, ao ocorrer esta variação Φ_B , se imaginarmos o retângulo da figura sendo uma espira condutora, surgiria nela uma corrente elétrica no sentido anti-horário. Esta corrente induzida nos permite afirmar a ocorrência de variação do campo magnético.

Aplicando a Lei da Indução de Faraday percorrendo a espira da Fig. 2.4 no sentido anti-horário, os únicos trechos do retângulo que contribuem para integral são os lados de tamanho h que estão paralelo ao vetor campo elétrico.

$$\oint \vec{E} d\vec{s} = \frac{-d\Phi_B}{dt} \quad (6)$$

A contribuição dos lados menores, paralelos ao eixo x, é nula já que, \vec{E} e $d\vec{s}$, são perpendiculares. Assim temos:

⁴Fonte: Fundamentos de Física – vol. 4 – Óptica e Física Moderna, Halliday e Resnick – 8ª Edição, Editora LTC.

$$\oint \vec{E} d\vec{s} = (E + dE)h - Eh = hdE \quad (7)$$

O fluxo Φ_B que atravessa o retângulo é dado por:

$$\Phi_B = (B)(hdx) \quad (8)$$

Sendo B o modulo do campo magnético no interior do retângulo e hdx , a área do retângulo, derivando esta equação em função de t, obtemos,

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = hdx \frac{dB}{dt} \quad (9)$$

Substituindo as equações (7) e (9) na equação (6), obtemos:

$$\frac{dE}{dx} = \frac{-dB}{dt} \quad (10)$$

Considerando x constante para a derivada do campo elétrico e t, constante para a derivada do campo magnético, tratamos os mesmos como derivadas parciais.

$$\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{\partial B}{\partial t} \quad (11)$$

Utilizando as equações (1) e (2) na equação (11), temos:

$$kE_m \cdot \cos(kx - \omega t) = -\omega B_m \cos(kx - \omega t) \quad (12)$$

Resultando em:

$$\frac{E_m}{B_m} = \frac{-\omega}{k} \quad (13)$$

Como numa onda progressiva a razão $\frac{\omega}{k}$ é a velocidade da luz c, temos então:

$$\frac{E_m}{B_m} = c \quad (14)$$

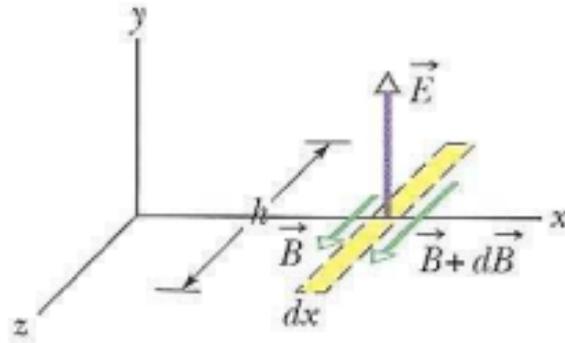


Figura 2.6. Fonte: campo elétrico se propagando no plano “xy” e gerando um campo elétrico no plano “xz”. Fonte: Fundamentos de Física – vol. 4⁵

Agora, na Fig. 2.6, o retângulo tracejado se encontra no plano xz, onde ocorre variação no fluxo elétrico e, segundo a Lei de Indução de Maxwell, surgirá um campo magnético induzido nesta região. A componente magnética da onda eletromagnética.

Utilizando a Lei de Indução de Maxwell.

$$\oint \vec{B} d\vec{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \quad (15)$$

Mais uma vez, apenas os lados mais compridos do retângulo contribuem para a integral. Assim,

$$\oint \vec{B} d\vec{s} = -(B + dB)h + Bh = -h dB. \quad (16)$$

E o fluxo que atravessa o retângulo é dado por:

$$\Phi_E = (E)(h dx) \quad (17)$$

Sendo E o módulo médio de \vec{E} no interior do retângulo. Derivando-a em relação a t, temos:

$$\frac{d\Phi_E}{dt} = h dx \frac{dE}{dt} \quad (18)$$

Substituindo as equações (16) e (18), na equação (15) e utilizando a notação de derivada parcial chegamos à:

⁵Fonte: Fundamentos de Física – vol. 4 – Óptica e Física Moderna, Halliday e Resnick – 8ª Edição, Editora LTC.

$$\frac{-\partial B}{\partial x} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad (19)$$

Neste caso o sinal negativo se faz necessário, pois, B está aumentando com x, enquanto E, diminui com t. Novamente substituindo as equações (1) e (2), agora em (19), temos:

$$\frac{E_m}{B_m} = \frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0 \left(\frac{\omega}{k}\right)} = \frac{1}{\mu_0 \varepsilon_0 c} \quad (20)$$

Combinando esta última com a equação (14) concluímos que

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \quad (21)$$

Que é a velocidade da onda eletromagnética apresentada na equação (4).

A demonstração matemática apresentada anteriormente prova a dependência mútua entre os campos, elétrico e magnético, bem como definem a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética. Na escola básica, geralmente, essas duas características são apresentadas diretamente ao aluno. Ele recebe a informação que uma onda eletromagnética viaja na velocidade da luz ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$) e que a se propaga transversalmente à variação dos campos elétrico e magnético.

Apesar de não nos parecer viável tratar dos rigores matemáticos aqui apresentados no ensino médio, consideramos ser possível apresentar a equação (21) para explicar por meio da permeabilidade magnética no vácuo (μ_0) e da permissividade elétrica no vácuo (ε_0) a redução da velocidade das ondas eletromagnéticas quando estas se propagam em meios materiais.

Também ressaltamos a importância da apresentação, mínima que seja, do contexto histórico que envolve o processo de construção de um conceito científico para que os alunos tenham a ideia de que a ciência é uma construção humana e que depende de muito empenho e esforço coletivo para avançar e evoluir.

2.2 O ensino de Ondas Eletromagnéticas no 9º ano do Ensino Fundamental

Na maioria das escolas, o ensino de ciências no 9º ano do ensino fundamental é dividido entre conteúdos de Física e Química e encarado como uma preparação para o ensino médio. Dessa forma, a Física raramente avança além dos conteúdos de mecânica, normalmente trabalhados na forma de conceitos e exercícios de aplicação. Isso também é válido para os outros conteúdos, quando são minimamente trabalhados. Por outro lado, os PCN propõem uma forma de abordagem que se aproxime mais do dia a dia dos estudantes. Por exemplo, em relação ao ensino de ondas no 9º ano do ensino fundamental, os PCN fazem as seguintes recomendações:

Como o ser humano percebe e se relaciona com o meio em que se encontra? Propõem-se, por exemplo, investigações sobre os órgãos dos sentidos e a sensibilização dos receptores pelo meio externo, seu funcionamento interno, sua integração por meio do sistema nervoso, os desvios ou mau funcionamento e a correção por meios tecnológicos (lentes, aparelhos para surdez), as condições para manutenção da saúde. São próprias da Física as investigações das formas de energia e sua intensidade, que chegam aos órgãos externos para sensibilizá-los, dos tipos de ondas de energia (mecânica e eletromagnética), a propagação das ondas no meio, suas propriedades (cores, timbres e alturas sonoras), as transformações tecnológicas de energia e sua aplicação em receptores de ondas de rádio, TV, telefone e outras formas de comunicação humana e com o meio. São conteúdos pertinentes a Ser Humano e Saúde e Tecnologia e Sociedade, podendo integrar também com o tema transversal Saúde. Experimentações acompanhadas de hipotetização, leituras informativas, entrevista com agentes de saúde e registros (tabelas, gráficos, relatórios, texto informativo acompanhando maquete ou cartaz) são procedimentos adequados para trabalhar em conjunto com esses conceitos. (BRASIL, 1998, p. 118)

Entendemos que essa sugestão de abordagem continua válida na última versão da Base Nacional Curricular Comum (atualmente em consulta pública para posterior apreciação pelo Congresso Nacional), que sugere que se deva trabalhar o conteúdo de ondas eletromagnéticas, por exemplo, fazendo “levantamento das radiações eletromagnéticas naturais e produzidas e representá-las, em um esquema que as ordene por suas frequências, e explicitar seus usos ou fonte de cada tipo de radiação”. (BRASIL, 2016, p. 449)

Essa mesma observação é válida para outros documentos normativos como o Currículo Básico Comum (CBC), da Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais e a Proposta Curricular de Ciências para o Ensino Fundamental da Secretaria Municipal de Educação de Juiz de Fora, que priorizam uma abordagem das ciências, mais integrada ao cotidiano dos alunos. No CBC, apesar de não haver um tópico específico

que trate diretamente dos fenômenos eletromagnéticos existem outros em que é possível a abordagem desse tema e sua importância na vida do homem, como, por exemplo, nos tópicos que tratam das “Transformações e Transferência de Energia” e da “Luz e Visão” e, até mesmo, no tópico que trata das “Características Herdadas e a Influência do Ambiente” para os seres humanos, em que há a possibilidade de determinados tipos de radiação capazes de causar alterações no fenótipo de um indivíduo.

Já na Proposta Curricular para o Ensino de Ciências da Secretaria de Educação de Juiz de Fora, vislumbramos a possibilidade de tratar algumas abordagens dos fenômenos eletromagnéticos no eixo “Tecnologia e Sociedade”. Um desses desdobramentos trata da compreensão dos usos da ciência e das tecnologias que geram benefícios e malefícios para os indivíduos e para o ambiente.

De acordo com esse documento (JUIZ DE FORA, 2012), no 9º ano é possível o professor retomar, ampliar e consolidar os conteúdos ali tratados. Outro desdobramento viável de abordar tais fenômenos é o que trata a ciência como construção humana. Existe ainda a possibilidade de desdobramentos dessa temática no estudo da propagação da luz, suas formas de reflexão e as cores dos objetos. Por fim, no eixo “Terra e Universo”, a partir do desdobramento que trata as alterações nos fenômenos naturais e a interferência humana nos ambientes, é possível abordar a temática das ondas eletromagnéticas provenientes do Sol, como elas chegam até nós e os males e benefícios que elas podem nos acarretar devido à interferência do homem na natureza.

Nessa breve incursão nos documentos normativos, pudemos apreender que a abordagem que se propõe para o ensino dos conteúdos de ciências, no geral, e de ondas eletromagnéticas em particular, para o ensino fundamental está muito longe daquela praticada efetivamente em sala de aula. Para aprofundarmos um pouco mais sobre essa temática fizemos a análise do conteúdo de três livros didáticos de ciências, utilizados no 9º ano do ensino fundamental.

2.2.1. O conteúdo de ondas eletromagnéticas nos livros didáticos de ciências

Esta seção trata de uma análise sobre a abordagem do conteúdo de ondas eletromagnéticas em três livros de ciências naturais utilizados no 9º ano do Ensino Fundamental. A escolha desses livros se deu por dois motivos: i) por estarem inseridos no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD); e ii) pela disponibilidade de acesso.

Em cada um dos livros analisados foram observadas: a distribuição do conteúdo de ondas; sua correlação com conteúdos de outras áreas de ensino e com a sociedade; e o grau de abordagem do tema ondas eletromagnéticas. Todos os livros analisados receberam indicação do Programa Nacional de Livros Didáticos (PNLD), sendo que um deles é o livro adotado na escola onde foi aplicada a sequência didática.

Conteúdo Programático de Ondas dos Livros Analisados	
<p>Observatório de Ciências (1) Autora: Rita Helena Bröckelmann Editora: Moderna.</p>	<p>As Ondas e o Som</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O conceito de Onda, <ul style="list-style-type: none"> • Características das ondas, • Tipos de Ondas, 2. O som, <ul style="list-style-type: none"> • Como se produz um som, • A propagação do som, 3. Propriedades do som, <ul style="list-style-type: none"> • Altura, • Intensidade, • Timbre, 4. A reflexão do som e o eco 5. Atividades. Complementares <p>Luz, espelhos e lentes</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A luz, <ul style="list-style-type: none"> • O espectro eletromagnético, • Fonte de luz, • Propagação da luz, • Dispersão da Luz, • As cores dos Objetos, 2. Reflexão da luz, <ul style="list-style-type: none"> • Espelhos Planos, • Espelhos esféricos, 3. Refração da Luz, <ul style="list-style-type: none"> • Lentes esféricas, 4. Os olhos, <ul style="list-style-type: none"> • A visão 5. Atividades e Leituras Complementares.
<p>Ciências Naturais: Aprendendo com o Cotidiano (2) Autor: Eduardo Leite do Canto Editora: Moderna</p>	<p>Luz e Cor</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conceitos introdutórios à Óptica, <ul style="list-style-type: none"> • Raios de luz e fontes luminosas, • Raios de luz e corpos iluminados, • Independência dos raios de luz, 2. As componentes da luz branca,

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Cores Primárias de Luz, <ul style="list-style-type: none"> • Tevê em cores e monitores em computador, 4. Cores primárias de luz e visão, <ul style="list-style-type: none"> • A cor dos objetos, • A visão em cores, • Daltonismo, 5. Cores primárias de corantes, <ul style="list-style-type: none"> • Organização de Ideias, • Use o que aprendeu, • Explore diferentes linguagens, • Seu aprendizado não termina aqui, <p>Luz, Sombras e Espelhos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Materiais transparentes, materiais opacos e materiais translúcidos, 2. Reflexão, absorção e refração, 3. A formação das sombras <ul style="list-style-type: none"> • Sombra e penumbra, • Motivação • Desenvolvimento do tema, 4. Imagens em espelhos planos, <ul style="list-style-type: none"> • Reversão de imagem, • Motivação, • Desenvolvimento do tema, 5. Imagens em espelhos convexos, 6. Imagens em espelhos côncavos, <ul style="list-style-type: none"> • Motivação, • Desenvolvimento do tema, 7. Refração da Luz, <ul style="list-style-type: none"> • A refração e o arco-íris, • Organização de ideias: mapa conceitual, • Explore diferentes linguagens, • Seu aprendizado não termina aqui. <p>Ondas Eletromagnéticas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ondas <ul style="list-style-type: none"> • Ondas em uma corda • O conceito de onda • Ondas apresentam efeitos detectáveis • Frequência de uma onda 2. Ondas mecânicas <i>versus</i> eletromagnéticas 3. Características e aplicações das ondas
--	--

	<p>eletromagnéticas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rádio AM • Rádio FM e TV • Telefone Celular • Micro – Ondas • Luz Visível • Infravermelho • Ultravioleta • Raios X • Raios Gama <p>4. Atividades Complementares</p>
<p>Ciências: Matéria e Energia (3) Autor: Fernando Gewandsz Editora: Ática</p>	<p>As Ondas e o Som</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Vamos produzir ondas? 2. As características de uma onda, <ul style="list-style-type: none"> • Ciência no dia a dia – A onda do mar, 3. Produzindo ondas sonoras, <ul style="list-style-type: none"> • Para saber mais – Ultrasons e infrasons 4. A velocidade do som, 5. A frequência do som, 6. Intensidade do som, 7. O timbre, <ul style="list-style-type: none"> • Ciências no dia a dia – Instrumentos musicais, 8. O Eco, Ciência e Saúde – Proteja-se do ruído excessivo, 9. Atividades. <p>A Natureza da Luz</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. As Ondas Eletromagnéticas <ul style="list-style-type: none"> • Ciência e Tecnologia – Forno de micro - ondas 2. As Propriedades da Luz 3. A Decomposição da Luz Branca <ul style="list-style-type: none"> • Ciência e História - A dispersão da luz • Ciência e tecnologia – As cores da televisão • Ciência e tecnologia – O laser • Ciência e Sociedade – Interdependência cultural 4. Atividades. <p>Espelhos e Lentes</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A Reflexão da Luz, 2. A imagem no espelho plano, 3. Espelhos esféricos, <ul style="list-style-type: none"> • Para saber mais – A formação de imagens no espelho esférico,

	<ol style="list-style-type: none"> 4. A refração da Luz, <ul style="list-style-type: none"> • Ciência no dia a dia – O peixe arqueiro, 5. Lentes, <ul style="list-style-type: none"> • Para saber mais – A formação de imagens nas lentes, 6. Instrumentos ópticos, 7. Atividades.
--	--

Tabela 2.1. Conteúdos programáticos de livros didáticos de ciências do 9º ano do Ensino Fundamental

Foi possível observar semelhanças e também, algumas divergências marcantes entre os livros analisados. Quanto ao conteúdo, os três livros apresentam uma abordagem simples e básica que, de certa forma, reforça a ideia da abordagem conceitual indicada no início desta seção. Nesse sentido, os três exemplares seguem uma linha mais informativa do que investigativa, ou seja, o livro traz mais informações sobre o tema do que indagações e questionamentos que poderiam possibilitar ao aluno a busca por um conhecimento mais significativo e crítico, principalmente em torno das controvérsias presentes nos usos e aplicações das ondas eletromagnéticas.

Como acontece também nos livros de física do ensino médio, boa parte do conteúdo é destinada ao estudo da ótica geométrica. Apenas o livro (3) faz referência específica à natureza ondulatória da luz. Por se tratar do conteúdo de ensino abordado neste trabalho, procuramos quantificar o espaço destinado ao estudo das ondas eletromagnéticas em cada um dos livros em comparação ao conjunto de conteúdo que costuma ser abordado sobre ondas de forma geral. No livro (1) – que é o livro adotado pela escola onde ocorreu a intervenção – não há uma seção ou capítulo específico dedicado a esse conteúdo, que aparece como um tópico (O espectro eletromagnético) do capítulo intitulado: “Luz, espelhos e lentes”, ocupando aproximadamente 13% de todo o conteúdo de ondas presente no livro. Já no livro (2), esse percentual salta para 33% distribuídos em um capítulo com quatro seções, todas dedicadas ao estudo das ondas eletromagnéticas. O livro (3) apresenta uma seção dedicada ao estudo do espectro eletromagnético, representando 18% do total da parte que trata do conteúdo de ondas.

Apesar de cada livro dedicar espaços diferentes para a abordagem de conteúdos de ensino de ondas eletromagnéticas, percebe-se nítida preferência pelo estudo da ótica geométrica e das ondas mecânicas. Principalmente das ondas sonoras. Entendemos que essa escolha possa estar orientada por dois vieses: a proximidade com a forma desse

conteúdo no ensino médio e o entendimento de que o estudo de ondas eletromagnéticas pode ser considerado muito complexo para alunos do 9º ano do ensino fundamental.

O livro utilizado pela escola – Observatório de Ciências (1) da Editora Moderna – faz a opção por apresentar os conceitos básicos de ondas por meio da definição de ondas sonoras. O espectro eletromagnético aparece de forma bem discreta em um tópico de um capítulo exclusivo para tratar da luz e de seu comportamento referente às interações com espelhos e lentes. Nesse tópico não são enfatizadas as diversas frequências de radiação e suas aplicabilidades nas diversas áreas tecnológicas. Apesar de o livro ser acrescido de leituras complementares, com temas atuais e do cotidiano, estes envolvem apenas assuntos relacionados à reflexão e à dispersão da luz. O capítulo sobre luz traz uma imagem mostrando o espectro eletromagnético desde as ondas de rádio, até os raios gama, porém, o restante do assunto se baseia apenas na luz visível, impossibilitando o aluno, apenas por intermédio do livro, relacionar as ondas eletromagnéticas com radiações emitidas pelo Sol, por aparelhos celulares, por fornos de micro-ondas, antenas de rádio e TV, etc. Tais relações são ainda mais difíceis de estabelecer pelo fato de os professores de ciências, em geral, possuírem formação acadêmica em biologia e, por isso, nem sempre estão devidamente preparados ou se sentem à vontade para abordar conceitos físicos para além daquilo que o livro didático apresenta e, menos ainda, para estabelecer relações desses conteúdos com temas atuais. Assim, costuma ser mais comum que eles optem por se nortear pelos livros e, dificilmente, se arrisquem em atividades complementares que permitam, não só um aprofundamento no conteúdo, como também aplicabilidade da ciência no dia a dia.

O livro (2) decidiu por dispor o conteúdo diferente dos dois outros analisados. Em um capítulo ele trabalha as características físicas da luz e em outro posterior, com o título de “Ondas Eletromagnéticas”, aborda as características. Ondas mecânicas e eletromagnéticas são discutidas no mesmo capítulo. O livro (2) esmiúça o espectro eletromagnético desde ondas de rádio AM até os raios gama. Mas, em alguns momentos é negligente ao apontar apenas aspectos negativos, por exemplo, da radiação ultravioleta e das micro-ondas não permitindo assim, o debate sobre um tema que ainda é controverso sobre a óptica de seu uso indiscriminado. Também chama a atenção no momento que adota termos técnicos como: “UHF”, “VHF” e “analógica”, sem explicar minimamente seus significados.

Diferentemente do livro anterior, o livro (3) optou por separar o conteúdo de óptica geométrica e ondas eletromagnéticas em capítulos distintos. Nessa obra também

houve a preocupação em debater os pontos positivos e negativos da radiação eletromagnética. É possível notar em alguns momentos um vício em enfatizar nas radiações ionizantes mais pontos negativos que positivos, enquanto que nas radiações não ionizantes há uma tendência ao destaque dos benefícios oferecidos, negligenciando possíveis malefícios do uso excessivo de algumas dessas radiações que também podem trazer riscos para a saúde humana.

As características apontadas nesses livros não têm por objetivo defini-los como bons ou ruins, mas servem para justificar a opção deste trabalho por uma abordagem didático-metodológica que possibilite o envolvimento ativo do aluno na busca por informações sobre a influência das ondas eletromagnéticas no seu dia a dia, suas aplicações tecnológicas, sua importância para a manutenção da vida na Terra e os riscos que estamos nos expondo ao utilizá-las. Para isso, optamos por trabalhar esse tema por meio de uma situação-problema, na qual os alunos tivessem a oportunidade de estudar as ondas eletromagnéticas numa perspectiva investigativa multidisciplinar. Na seção seguinte trataremos da possibilidade de utilização de situações-problema no ensino de física.

2.3. O uso de Situações-Problema no Ensino de Física

Situações-problema surgem motivadas por ensejos reais e necessitam de uma solução em que se fará uso de todo o conhecimento disponível pelos indivíduos envolvidos no processo para solução do problema apresentado. Podemos considerar que, a todo instante na evolução da humanidade, ela se viu a frente de situações-problema que colocava a prova toda cognição até então adquirida. Aquela situação, enfim solucionada, trazia novos entendimentos que contribuiria para a evolução científica da sociedade.

As situações-problema auxiliam na construção de conceitos, procedimentos e atitudes relacionadas ao campo das ciências exatas. Segundo Perrenoud (2002, p.114), tais situações “caracterizam-se por recortes de um domínio complexo, cuja realização implica mobilizar recursos, tomar decisões e ativar esquemas”. Podemos também definir uma situação-problema como uma “situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa” (MEIRIEU 1998, p. 192). É essa aprendizagem que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema que se alcança ao vencer os obstáculos que impõe à realização da tarefa. Assim, a produção supõe a aquisição de um conhecimento que supera o objetivo

de avaliações distintas. Esse tipo de proposta didática proporciona ao envolvido a capacidade de pensar, de tomar decisões, de articular ideias, de montar esquemas, entre outras habilidades caras ao fazer científico que são de grande importância para o desenvolvimento cognitivo do aluno. Campos et al. (2012, p.5) afirma que uma situação-problema “instiga o aluno a buscar estratégias para solucionar determinado desafio, além do desejo de alcançar um bom resultado, mesmo que isso não aconteça”. Ou seja, considerando que a ciência é construída por meio dos estudos de fenômenos que desafiam a humanidade, a situação-problema, que pode ser caracterizada como uma atividade investigativa, leva ao aluno não só ao conhecimento, mas também ao processo que leva à sua descoberta.

No ensino e aprendizagem a situação-problema tem como principal objetivo oferecer ao aluno a autonomia, a possibilidade de negociar e comunicar o processo de construção do conhecimento. Ou seja, o foco maior está na atitude do indivíduo durante o processo e não no conhecimento adquirido ao fim do mesmo. Macedo (2002, p.119) afirma que [...] “uma situação-problema continua como tal mesmo que a resolução não seja a melhor” e ainda, [...] “uma situação continua sendo um problema mesmo que naquela situação não obtenhamos o melhor resultado”.

É imprescindível frisar que uma situação-problema não se resume à simples prática de se resolver questões de fixação em sala de aula. Para que uma pergunta se caracterize como situação-problema é necessário que não se tenha a resposta de imediato e sim, que se busque por meio de pesquisas em várias fontes para que se chegue a um resultado e não, “ao resultado”. Em outras palavras, trata-se de uma problemática em aberto para qual não há uma única resposta.

Macedo (2002, p.116) diz ser “diferente propor uma situação-problema para um trabalhador, adulto, uma criança de escola fundamental, um bebê, ou um adolescente.” Por isso, segundo esse autor, é preciso saber quem é o indivíduo para quem se propõe a situação-problema. Conhecer seu contexto e seu histórico social e cultural é uma necessidade imprescindível para que a situação seja significativa para o sujeito a fim de que haja o engajamento na tentativa de solução do problema proposto. É importante também levar em consideração o grau de instrução do aluno e quais recursos ele terá à sua disposição.

Quando o educador decide utilizar essa metodologia de ensino é necessário que ele considere alguns fatores que são de suma importância para o desenvolvimento do processo. Antes de tudo é conveniente investigar que tema poderia ser utilizado e que

seria interessante aos olhos dos alunos. Astolfi (1997 apud PERRENOUD, 2000, p. 42) afirma que uma situação-problema deve ser organizada em torno da resolução de um obstáculo pela classe, previamente bem identificado.

Definido o tema, o próximo passo é elaborar uma situação-problema que seja, de fato, considerada um obstáculo para os alunos envolvidos. Que eles se sintam desafiados a alcançar uma resposta para tal questão. Para isso, é importante que essa situação faça parte do universo temático dos alunos. A artificialidade de uma situação-problema pode gerar uma frustração por parte dos envolvidos no processo. Em contrapartida, uma situação real pode elevar a necessidade de interferência do professor. Essa preocupação justifica-se pelo fato de o professor, muitas vezes, dar muita importância aos resultados da situação-problema em detrimento dos objetivos pedagógicos. Também o professor deve ter sensibilidade para não escolher um tema que constrija algum aluno, ou grupo de alunos que esteja participando das atividades.

Pietrocola, (2003, apud Schmitz, 2004, pág. 5), considera as seguintes características para a construção do objeto de investigação de uma situação-problema:

1. Percebido pelos alunos como um problema.
2. Adaptado ao nível de conhecimento dos alunos.
3. Suficientemente instigador para que os alunos sintam a necessidade de abordá-lo.
4. Executável no intervalo de tempo disponível.
5. Passível de abordagens multidisciplinares.
6. Percebido com alguma importância extraclasse.

Além dessas características, Schmitz (2004, p.5) considera uma sétima característica que valorize o lado humano. “Desta maneira, a aprendizagem passa a ser um processo que, além de novas informações, pode promover novos modos de perceber, de agir, de pensar e de ser.”

Fourez (1998, apud Schmitz, 2004, p.6) ainda destaca alguns aspectos favoráveis à organização das atividades que devem ser reconhecidas e valorizadas pelo professor. Primeiramente, o aluno pode interferir no andamento do projeto e o professor deve estar atento para não direcionar em demasia as atividades. É importante também, ser verificado o tempo disponível para as atividades, condições de aplicabilidade e técnicas a serem adotadas. Por fim, mas não menos importante, o professor deve estar ciente de quais são as fontes materiais de informações (bibliotecas, museus, laboratórios, etc.), e

fontes humanas (professores, alunos, especialistas, comunidade, etc.), disponíveis aos alunos.

As contribuições que uma abordagem por situação-problema pode trazer no ensino de ciências são diversas. Campos *et al.* (2012) ressaltam algumas dessas contribuições ao afirmar que por meio de situações-problema o aluno explora conceitos, experimenta, testa e pensa de forma lógica, podendo incentivar o indivíduo para o conhecimento científico.

Na compreensão da ciência, é necessário que o aluno saiba não só interpretar os fenômenos, mas também relatar aquilo que foi entendido. Para esses fins a situação-problema possibilita ao aluno pensar, tomar decisões, articular e esquematizar o conhecimento adquirido ao longo da abordagem do problema (CAMPOS *et al.*, 2012).

A ciência percorre caminhos que atendem os ensejos da sociedade e nesta evolução, existem muitos obstáculos a serem transpostos. De forma equivalente uma situação-problema deve revelar-se aos alunos como uma barreira a ser vencida e para isso é necessário que o discente efetue uma aprendizagem precisa para vencer tal obstáculo (MEIRIEU, 1998). Assim, pode-se entender que o aluno ao se sentir instigado a buscar uma solução para uma situação-problema envolvendo conceitos físicos experimenta um processo similar ao papel de um cientista que, como ele, precisa: pensar, organizar, esquematizar ideias e buscar maneiras de encontrar respostas para as questões que vão surgindo durante o processo de investigação.

Pelas características elencadas anteriormente, entendemos a situação-problema como uma estratégia didático-metodológica relevante para o ensino e aprendizagem de física. Consideramos ainda que a abordagem de conceitos físicos por meio de situação-problema permite substituir a lógica tradicional de ensino por transmissão de conhecimento, pela lógica do ensino por investigação na qual o conhecimento é construído pelos alunos sob a orientação do professor.

Capítulo 3

Metodologia

3.1. Contexto da Pesquisa

Após decidirmos pela utilização de uma situação-problema para abordagem de conteúdos de física no 9º ano do ensino fundamental, passamos à seleção do tema que seria abordado. Depois de analisarmos o programa de ensino das turmas, nas quais faríamos a intervenção pedagógica, selecionamos três propostas de temas que seriam apresentados ao professor regente das turmas. A primeira opção seria trabalhar conceitos de cinemática e dinâmica tendo como tema gerador da situação-problema a violência no trânsito de veículos automotores nos grandes centros urbanos. A segunda opção era de trabalhar conceitos de transformação e conservação de energia tendo como fonte de inspiração para a situação-problema a questão do aumento da obesidade da população que, em contrapartida, se preocupa cada vez mais com a estética e a alimentação. O tema ondas eletromagnéticas surgiu como 3ª opção após a leitura de alguns artigos e matérias de revistas que abordavam essa temática de forma bastante controversa.

A ideia inicial era de elaborar três situações-problema, uma para cada tema, e apresentá-las aos alunos para que eles decidissem qual delas eles gostariam de investigar. Porém, depois de algumas conversas com o professor regente das turmas e com o orientador educacional da escola, acabamos mudando a proposição inicial que daria o direito de escolha aos alunos.

Quando se define o tema de uma situação-problema, uma das características que se deve levar em consideração é de que este não acarrete algum tipo de constrangimento aos participantes. Isso nos fez abandonar a proposta do tema obesidade por entender que este deixaria alguns alunos pouco à vontade durante a investigação. Outra questão levada em consideração foi o fato de que a sequência didática seria inserida na programação de outro professor. Sendo assim, teríamos que ter o cuidado de não atrapalhar o cronograma já montado por ele. Isso fez com que abandonássemos também a proposta que abordaria os conceitos de cinemática e dinâmica, porque esses conceitos já haviam sido trabalhados pelo professor no início do ano letivo.

Dessa forma, em comum acordo com o professor regente das turmas, optamos por trabalhar com o tema: ondas eletromagnéticas, para o qual elaboramos uma

situação-problema, baseada nas controvérsias que existem em torno de aplicações e usos dessas ondas em diversas tecnologias e em situações cotidianas, que será apresentada na próxima seção.

3.2. Roteiro da Sequência Didática

Para aplicação da situação-problema foi elaborada uma sequência didática envolvendo quatro ações principais: 1) apresentação da situação-problema aos alunos; 2) elaboração das propostas de investigação; 3) apresentação dos relatos de pesquisa; 4) confecção de um vídeo informativo sobre o “subtema” investigado. Essa sequência foi formulada, inicialmente, para abordar o tema ondas eletromagnética por meio de uma perspectiva interdisciplinar que envolvesse não apenas conhecimentos da física e de outras ciências naturais, mas também de outras disciplinas como português, história, geografia etc.

A ideia inicial para formulação da situação-problema surgiu da leitura de um artigo intitulado “Um mundo imerso em ondas” escrito pelo físico Marcelo Gleiser, para o jornal Folha de São Paulo, em 14 de novembro de 1999. Naquela época já se refletia sobre a quantidade de ondas eletromagnéticas às quais somos expostos diariamente. Quando pensamos nos muitos aparelhos eletrônicos que temos em nossas casas, nos grandes equipamentos de telecomunicação, nas máquinas de ressonância, radioterapia e raios X da medicina e no próprio Sol que nos bombardeia o tempo todo com um turbilhão de ondas eletromagnéticas, concluímos que, de fato, estamos imersos em um mundo de ondas e isso pode gerar inúmeras questões. Essa exposição constante a diferentes tipos de ondas eletromagnéticas pode trazer algum risco à saúde humana? Os benefícios que essas ondas acarretam são capazes de compensar seus possíveis riscos? Como avaliar os riscos de tecnologias mais recentes como aquelas que fazem uso das micro-ondas para transmissão de sinais de telefones celulares? Essas e outras questões nortearam a formulação da situação-problema que foi elaborado com o intuito de incentivar os alunos a investigar o tema escolhido no sentido de conhecer o impacto das ondas eletromagnéticas em nossas vidas e de avaliar os riscos que o uso excessivo dessas ondas pode acarretar à nossa saúde.

A sequência didática foi programada para ser desenvolvida no início do 3º bimestre letivo de 2015, em duas turmas do 9º ano do ensino fundamental de uma escola particular do município de Juiz de Fora. A proposta foi inicialmente elaborada para ser aplicada em quatro módulos-aula de cinquenta minutos.

3.2.1. Descrição da situação-problema

Para desencadear a sequência didática foi elaborada a seguinte situação-problema, já revisada depois de sua primeira aplicação, sem alterar o teor do problema a ser investigado:

“Muitos de vocês já ouviram falar que o uso de celulares e outros aparelhos eletrônicos que emitem ou recebem radiações eletromagnéticas pode causar danos à saúde. Mas, o que há de verdade por trás dessas informações? Com o avanço da tecnologia o homem está cada vez mais exposto a um emaranhado de campos eletromagnéticos e muitos estudos estão sendo desenvolvidos para saber se essas ondas podem ou não causar danos à nossa saúde. Qual é, de fato, o risco de se viver em meio ao bombardeio de ondas eletromagnéticas produzidas por celulares, notebooks, tablets, torres de rádio e TV, aparelhos de micro-ondas, equipamentos de diagnóstico médico e outras inúmeras engenhocas que hoje fazem parte do nosso cotidiano?”

3.2.2. Planejamento da 1ª Aula

Para primeira aula foram previstas algumas indagações sobre o tema ondas eletromagnéticas, por meio de notícias e vídeos divulgados na internet, antes da apresentação da situação-problema propriamente dita. Essas indagações foram organizadas de modo a provocar o interesse dos alunos pelo tema a partir de situações controversas em que não há consenso no âmbito da própria ciência. As situações selecionadas podem ser vistas no Apêndice I deste trabalho.

Após a introdução, os alunos seriam divididos em grupos, de 5 ou 6 alunos, para escolha dos “subtemas” que seriam investigados. Na apresentação já havia a indicação de alguns possíveis “subtemas” como sugestão. Porém, era importante deixar claro que essa escolha seria prerrogativa do grupo, de acordo com o interesse dos integrantes. Para isso, as equipes poderiam fazer uso da internet, de revistas, jornais e outras fontes de informação. Poderiam também, buscar informações com outros professores e até mesmo, com profissionais de áreas afins. Inicialmente, foram sugeridos os seguintes subtemas:

- Micro-ondas;
- Radiação Solar;
- Antenas de Rádio e TV;
- Radiação e Medicina.

Ainda no primeiro encontro seriam passadas as instruções sobre o desenvolvimento das atividades. A principal delas seria as instruções para a elaboração de um pré-projeto de investigação que deveria ser apresentado na 2ª aula. Nessa apresentação cada grupo deveria expor o tema escolhido, justificar tal escolha, indicar o objetivo do trabalho e a forma como o grupo iria desenvolver a investigação. Também seriam sugeridas fontes de consultas que pudessem ajudá-los nas pesquisas.

3.2.3. Planejamento da 2ª Aula

Na segunda aula cada grupo teria um tempo de 5 minutos para a apresentação do seu pré-projeto. Após cada apresentação, teríamos um tempo para o esclarecimento de dúvidas e possíveis sugestões para o aprimoramento da proposta e continuidade das investigações.

Após o término das apresentações dos pré-projetos, os grupos seriam orientados sobre a elaboração do relatório da pesquisa (trabalho escrito). Para isso, foi elaborada uma proposta de roteiro (apresentada no Apêndice III) que seria disponibilizada para os grupos no site da escola.

3.2.4. Planejamento da 3ª Aula

O terceiro encontro deveria ocorrer com um intervalo maior de tempo. Esse tempo deveria ser suficiente para a realização da pesquisa e para a preparação do relatório com a apresentação dos resultados da investigação realizada. Nesta aula, cada grupo teria que entregar seu relatório e fazer a apresentação dos resultados para toda a turma. Ao final receberiam as instruções para a última tarefa da sequência didática, que seria a confecção de um vídeo informativo sobre o “subtema” investigado.

Seriam passadas instruções gerais para a confecção desses vídeos, tais como: tamanho, formato, público alvo e linguagem. A ideia era de que os vídeos produzidos pudessem divulgar informações importantes, resultantes da pesquisa realizada para toda a comunidade escolar.

3.2.5. Planejamento da 4ª Aula

A quarta e última aula da sequência foi prevista para a apresentação dos vídeos informativos elaborados pelos diversos grupos. Havendo o consentimento de todos,

escola e alunos, a ideia era de que esses vídeos fossem postados no portal eletrônico da escola ou em um site de vídeos online.

3.2.6. O contexto da aplicação da sequência didática

O primeiro diálogo para a aplicação do produto educacional foi com a diretora da escola, que autorizou nossos trabalhos, desde que houvesse anuência da coordenadora do ensino fundamental e do professor de ciências do 9º ano. Em seguida consultamos a coordenadora e o professor, que prontamente se dispuseram a participar do projeto, e assim deu-se início aos preparativos para a aplicação da sequência didática. A partir daí as negociações ocorreram apenas com o professor regente das turmas do 9º ano que procurou ajudar, não só cedendo as aulas, mas também ajudando nos preparativos e no planejamento da execução do projeto.

A escola é uma tradicional instituição católica da cidade, com 75 anos de história. Atualmente, atua da educação infantil ao ensino médio. A estrutura física da escola é bastante privilegiada, com salas de aula bem arejadas, quadros de giz de excelente qualidade, carteiras confortáveis e, projetores e internet disponível em todas as salas. Possui ainda salas de multimídia e informática.

As turmas do 9º ano são identificadas com os números 91 e 92. Na época em que o trabalho foi desenvolvido, cada turma era constituída por trinta alunos, com média de 15 anos de idade. Alguns poucos alunos eram repetentes no 9º ano e a grande maioria estava junto desde o início do ensino fundamental.

Capítulo 4

Resultados

4.1. Aplicação da Sequência Didática em Sala de Aula

Desde o início, quando o professor regente permitiu a aplicação da sequência didática em suas turmas, os alunos foram informados de que eles participariam de um projeto desenvolvido pelo professor de física do 1º ano do ensino médio. No início, por ainda não saberem de que conteúdo se tratava e nem mesmo quais seriam as atividades desse projeto, os alunos ficaram um pouco apreensivos e, ao mesmo tempo, curiosos. Na época, eles haviam acabado de aprender alguns conceitos básicos de ondas, inclusive sobre ondas eletromagnéticas. Esse foi um dos motivos que nos levou, em comum acordo com o professor, a desenvolver a sequência didática sobre esse tema. Nas próximas subseções, descreveremos de forma minuciosa como se sucedeu cada uma das aulas planejadas para o desenvolvimento da sequência didática.

4.1.1. Descrição da 1ª Aula

A primeira aula da sequência didática ocorreu no dia 1º de setembro de 2015. Para essa aula as turmas do 9º ano foram conduzidas para a sala multimídia da escola. Este encontro teve como objetivo a introdução do tema. Começamos com algumas indagações que nos permitiu, mais tarde, lançar a situação-problema. Para isso, utilizamos alguns slides com informações coletadas na internet (alguns exemplos estão disponíveis no Apêndice I).

O primeiro slide apresentava uma sequência de figuras começando pelo trifólio, símbolo dos elementos radioativos. Em seguida fizemos a identificação junto com os alunos das outras imagens, tais como: usina nuclear, notebook, roteador, Sol e uma máquina de ressonância magnética. Por fim, apresentamos as imagens de um homem se comunicando ao celular; de uma cidade com dezenas de antenas entre prédios; e de uma pessoa levando uma bandeja de alumínio ao forno micro-ondas.

Feito o reconhecimento de cada imagem, perguntamos aos alunos qual seria a relação entre todas aquelas figuras. Logo ouvimos algumas respostas, como: “emitem radiação” e “ondas eletromagnéticas”. Conforme já informado anteriormente, é bom destacar que na semana anterior o professor regente das turmas havia trabalhado alguns conceitos de ondas.

Na sequência, foi lançada uma segunda pergunta: O que é uma onda? Um dos alunos rapidamente abriu o caderno e respondeu que onda seria: “*uma forma de transmissão de energia sem a transmissão de matéria*”. Porém, como resposta, exibimos uma bela imagem de uma onda no mar. Então os indagamos se aquilo também seria uma onda. A maioria respondeu que sim, a onda do mar também é uma onda. E alguns foram um pouco mais além, dizendo que ondas não eram apenas as ondas do mar.

Após essas indagações e respostas dos alunos, apresentamos um vídeo de uma matéria⁶ apresentada no programa “Fantástico” da Rede Globo, em junho de 2011. A matéria tratava dos possíveis riscos à saúde que a radiação emitida por telefones celulares poderiam trazer para o homem.

Ao final do vídeo foram feitas outras perguntas aos alunos, entre as quais destacamos: Quais de vocês, após essas informações, deixariam de utilizar o telefone celular? Apenas um aluno de cada turma levantou a mão, indicando que deixaria de utilizar o celular. A maioria disse que não deixaria de fazer uso do aparelho e uma pequena parte informou necessitar de mais informações para tomar uma posição.

Para reforçar a controvérsia desse tema no nosso cotidiano foram exibidas algumas matérias disponíveis na internet, tais como: “Perigo Invisível: antenas são risco à saúde”, “Microondas: Usar ou não usar?”, “Radiação é sempre prejudicial aos seres Humanos?”, “Radiação solar danifica a pele até no escuro, diz estudo” e “Radiação do desastre em Fukushima é detectada no Canadá”.

A partir da discussão provocada pelo material apresentado, partimos para a apresentação da situação problema descrita na seção 3.2.1.

Explicamos que aquela situação-problema iria nortear investigações que seriam desenvolvidas por eles. Que se tratava de um tema bastante controverso e que eles deveriam realizar suas próprias pesquisas para tentar chegar a uma resposta. Para destacar a importância do trabalho que iriam desenvolver, reforçamos as indagações feitas no início da aula e lançamos mais alguns questionamentos.

Por se tratar de um tema amplo e complexo, sugerimos que os alunos se organizassem em grupos, com até cinco membros, para a escolha de um “subtema” como foco de sua pesquisa. Para uma melhor compreensão da proposta apresentamos algumas possibilidades de “subtemas”, tais como: Micro-ondas, Radiação solar,

⁶ Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=XBh_3ftr-qY

Antenas de rádio e TV, O uso de radiação na Medicina, e Elementos radioativos e acidentes ambientais. Ressaltamos que essas eram apenas sugestões e que outros “subtemas” seriam bem vindos.

Dando continuidade à aula, descrevemos, sem muitos detalhes, as atividades que seriam realizadas posteriormente e em quais datas iriam ocorrer. Por fim, passamos as instruções para a próxima aula da sequência didática. Foi anunciado aos grupos que eles deveriam se preparar para uma breve apresentação, de máximo de 5 minutos, na qual anunciariam o “subtema” escolhido para a pesquisa, como pretendiam conduzir a investigação e os objetivos que gostariam de alcançar com o trabalho.

O fato de termos deixado a apresentação das próximas etapas da sequência didática para o final da aula permitiu tratar a situação-problema de forma mais leve e envolvente, sem a pressão de um trabalho que se anuncia. Entendemos que o anúncio precoce dessas etapas geraria muitos questionamentos e dúvidas que poderiam interferir na compreensão da situação-problema. Consideramos a abordagem inicial da situação-problema de suma importância para o desenvolvimento do trabalho posterior, pois, é neste momento que temos a chance de fazer o aluno perceber a relevância do tema e se interessar por ele. Nesse sentido, uma situação-problema deve ter como tema principal algo que, de fato, esteja intimamente ligado ao dia a dia do aluno.

4.1.2. Descrição da 2ª Aula

A segunda aula ocorreu uma semana depois da primeira. Nesse intervalo de tempo dois grupos entraram em contato para sugerir outros “subtemas”. Um deles nos questionou se seria possível tratar do uso de “Ondas Eletromagnéticas na Fisioterapia”. Essa escolha foi motivada pelo fato de uma das integrantes do grupo ter uma tia que é profissional de fisioterapia e que se colocou à disposição para ajudá-los. A outra equipe sugeriu o “subtema”: “Ondas Eletromagnéticas na Odontologia”, também motivados pelo fácil acesso a um profissional da área que os ajudaria com informações sobre o tema. As duas sugestões foram bem recebidas.

A segunda aula começou com a apresentação das propostas dos diversos grupos. Nas duas turmas, todos os grupos apresentaram suas propostas sem qualquer contratempo e não extrapolaram o prazo máximo de cinco minutos, previamente estabelecido.

Um número significativo de equipes, cinco em um total de onze, somando as duas turmas, optou por trabalhar com “subtemas” que envolviam as usinas

termonucleares e os impactos ambientais que elas podem causar. A justificativa de um dos grupos chamou a atenção pelo fato de o interesse ter surgido a partir de uma aula de geografia, na qual a professora havia abordado o assunto.

Outros grupos fizeram opções por aplicações tecnológicas de ondas eletromagnéticas e justificaram a escolha por terem acesso fácil a profissionais como, técnicos em telecomunicação, fisioterapeutas e odontólogos. Segundo os relatos, essas profissionais, parentes ou amigos, se dispuseram a ajudá-los com as pesquisas.

Dois grupos optaram por trabalhar com o “subtema”: “Radiação e Medicina”. Esses grupos foram motivados por histórias de parentes que recentemente foram vítimas de alguma espécie de câncer e tiveram que se submeter a sessões de radioterapia.

Ao fim das apresentações tivemos um tempo para recapitular algumas orientações em relação à apresentação dos relatórios de pesquisa. Naquele momento alguns grupos ainda estavam inseguros querendo saber mais sobre o que não poderia deixar de ser tratado nas apresentações.

Nesta aula foi notório o interesse e a motivação dos alunos. Todos os grupos escolheram “subtemas” pertinentes e conectados ao tema gerador da situação-problema. Também foi notória a capacidade que alguns grupos tiveram de sugerir novos “subtemas”, indicando que haviam conseguido perceber a proximidade e a importância da temática abordada em seus cotidianos. Além disso, as justificativas apresentadas mostravam que os alunos já sabiam onde iriam buscar informações sobre os “subtemas” escolhidos.

Quanto a esta etapa da aplicação da situação problema, julgamos que algumas ponderações são importantes para o bom andamento do trabalho. Se o professor perceber que os grupos optaram por um número muito reduzido de “subtemas”, cabe a ele decidir por alguma ação para minimizar esse problema. Como prevenção, o professor pode solicitar às equipes um intercâmbio de informações para que se evite uma repetição exaustiva de alguns assuntos. Também é possível estipular um número máximo de repetições de um determinado “subtema”. Essas ações podem assegurar uma variedade maior de situações investigadas, permitindo assim, uma variedade maior de informações sobre o tema gerador para toda a classe.

4.1.3. Descrição da 3ª Aula

O intervalo entre a 2ª e a 3ª aula da sequência didática foi de duas semanas para que os alunos tivessem tempo para desenvolver suas investigações e preparar as

apresentações de seus trabalhos. Nesta aula, o tempo de apresentação seria um pouco maior. Por isso foram previstos dois módulos-aula de 50 minutos para cada turma. Assim, optamos por um dia em que as duas turmas do 9º ano teriam duas aulas de ciências, cada uma delas, para que todos os trabalhos pudessem ser apresentados no mesmo dia.

A maioria das equipes montou slides com figuras, textos e vídeos. Por isso, para as apresentações, foi reservada a sala de multimídia da escola que dispunha de equipamentos audiovisuais mais adequados para o uso dos alunos. As tabelas abaixo apresentam os grupos de cada turma e os “subtemas” escolhidos por eles.

TURMA 91	“SUBTEMA”
Grupo 1	“Radiação Solar”
Grupo 2	“Radiação e Odontologia”
Grupo 3	“Elementos Radioativos e Desastres Ambientais”
Grupo 4	“Radiação e Medicina”
Grupo 5	“Energia Nuclear”

Tabela 4.1: Subtemas escolhidos pela turma 91.

TURMA 92	“SUBTEMA”
Grupo 1	“Elementos Radioativos e Desastres Ambientais”
Grupo 2	“Elementos Radioativos e Meio Ambiente”
Grupo 3	“A Cura Através da Radiação”
Grupo 4	“Radiação e Fisioterapia”
Grupo 5	“Radiação e meio Ambiente”
Grupo 6	“Antenas de Rádio e TV”

Tabela 4.2: Subtemas escolhidos pela turma 92.

O primeiro trabalho apresentado na turma 91 foi sobre “Radiação Solar”. O grupo iniciou anunciando que o objetivo do trabalho era tratar dos benefícios e malefícios da radiação solar para o desenvolvimento humano e para a vida na Terra. Para isso, eles definiram astronomicamente o Sol e os tipos de ondas eletromagnéticas que ele emitia: radiação luminosa; infravermelha; e ultravioleta, dando mais ênfase a esta última e a relação dela com a vida do homem na Terra. Dando continuidade, o grupo tratou da importância do Sol na origem da vida na Terra, tanto vegetal como animal. Nesse momento falaram sobre a fotossíntese e sobre a síntese da vitamina D pelo homem. Aproveitaram também para falar sobre o problema do excesso de exposição ao Sol, que pode acarretar o câncer de pele, e da necessidade do uso de

protetores solares e de sua eficiência no que diz respeito ao fator de proteção. Também falaram sobre a produção da energia elétrica pelos raios luminosos através das placas fotovoltaicas e da energia heliotérmica. Por fim, concluíram que a radiação solar é de vital importância para manutenção da vida na Terra e para as tecnologias utilizadas pelo homem e que o Sol só é prejudicial se ficarmos expostos a ele demasiadamente.

O segundo grupo apresentou o trabalho “Radiação e Odontologia”. A equipe teve interesse em destacar que utilizou como fontes de pesquisa artigos e monografias que tratavam do tema. Em seguida, falaram sobre os mitos envolvendo os raios-X em mulheres grávidas, os equipamentos de segurança para profissionais que lidam com esse tipo de radiação várias vezes ao dia, e sobre as normas do ministério da saúde para uso seguro das máquinas que emitem esse tipo de radiação. Na conclusão destacaram a falta de consciência dos profissionais na utilização de aparelhos radiológicos e sugeriram como solução campanhas feitas pelo Ministério da Saúde para alertar sobre o mal que podem estar sendo acometidos esses profissionais pelo não uso dos equipamentos de segurança adequados.

“Elementos Radioativos e desastres ambientais” foi o tema do trabalho apresentado pelo terceiro grupo da turma 91. Os alunos iniciaram a apresentação falando sobre a instabilidade dos elementos radioativos, o que é fissão nuclear, a liberação e aplicação da energia nesse processo e sobre o lixo radioativo produzido nas usinas termonucleares. Falaram sobre o risco de acidentes ambientais, citando os ocorridos em Fukushima e Chernobyl, destacando os problemas que esses acidentes causaram e a herança deixada para as próximas gerações. Ao concluir, o grupo destacou que a energia nuclear é uma fonte alternativa importante para muitas regiões do planeta, pobres em outras fontes de energia, como rios e ventos, mas que também pode ser mal utilizada, tendo seu uso aplicado à fabricação de armamentos de guerra, citando as bombas lançadas sobre Hiroshima e Nagasaki. A título de curiosidade o grupo finalizou dizendo que a radiação nuclear também é utilizada no enriquecimento de quartzo, elevando seu valor comercial em até 300%. Segundo eles, *“este processo faz com que ocorra uma movimentação nos elétrons dos átomos ocasionando um maior brilho ao material”*.

Na sequência o quarto grupo tratou do tema “Radiação e Medicina”. Para começar, falaram dos perigos da exposição excessiva aos aparelhos de raios-X. Por outro lado comentaram da importância da radiação no tratamento e no diagnóstico de

tumores. A equipe mostrou algumas chapas radiográficas e, por fim, alegaram ter perdido algumas fotos que seriam apresentadas para complementação do trabalho.

O último grupo da turma 91 apresentou um trabalho com o título “Energia Nuclear”. Essa equipe procurou destacar os benefícios da energia nuclear para a sociedade e, ao mesmo tempo, os riscos que corremos em caso de algum acidente. Falaram da reação que a radiação causa nas células, podendo, ao mesmo tempo, ser prejudicial, mas também combater tumores cancerígenos. Discutiram sobre os países que fazem uso da tecnologia para a obtenção de energia em usinas termonucleares e outros que se utilizam da energia nuclear para a construção de armas de guerra. Finalizando, concluíram que a energia nuclear pode ser usada para beneficiar a humanidade, como também para destruí-la, e que, mesmo quando utilizada para o bem do homem, pode causar acidentes com muitos danos para a sociedade.

A turma 92 teve seis grupos. O primeiro apresentou o trabalho “Elementos Radioativos e Desastres Ambientais”. O objetivo do grupo era explicar porque ocorrem os acidentes radioativos e suas consequências para a humanidade. Inicialmente falaram sobre os acidentes mais conhecidos já ocorridos, suas consequências e a herança deixada para gerações posteriores. O grupo explorou também a curiosidade do fato de a radiação estar presente em muitos alimentos, como a banana que é rica em potássio e radônio e emite doses extremamente pequenas de radiação. Segundo o grupo, para que o consumo de bananas pudesse causar algum dano à saúde, um humano teria que consumir cinco milhões de bananas por ano. Em seguida definiram formalmente o que é uma onda eletromagnética, os elementos radioativos e algumas de suas características. Um dos integrantes do grupo contou como e quando ocorreu o desastre de Goiânia com o Césio 137. Concluíram que a radiação está presente no nosso cotidiano como, por exemplo, nos alimentos, e informaram que governos de alguns países que fazem uso da energia nuclear estão se empenhando para que se cesse o uso dessa fonte de energia até 2022 em prol de fontes mais seguras e renováveis.

O segundo grupo apresentou o trabalho: “Elementos Radioativos e Meio Ambiente”. O grupo começou relatando o acidente ocorrido na usina de Fukushima – Japão/2011, por causa de um *tsunami*. Em seguida, o grupo explicou como a radiação atinge a membrana plasmática da célula. Definiram também as radiações alfa, beta e gama e o quanto cada uma delas é nociva aos seres vivos.

“A cura através da radiação” foi o subtema pesquisado pelo terceiro grupo da turma 92. O objetivo do trabalho foi mostrar os benefícios que a radiação pode oferecer

como tratamento para o câncer. O grupo relatou ter um amigo que fez tratamento de radioterapia e que quando ele saía em público utilizava máscara para evitar contaminações devido à baixa imunidade. Ainda explicaram sobre a forma de aplicação desse tipo de tratamento em locais específicos atingidos por células cancerígenas.

O quarto grupo apresentou o trabalho intitulado: “Radiação e Fisioterapia”. Inicialmente, definiram o que seria a radiação infravermelha e a história do seu descobrimento. Na continuidade apresentaram a forma de utilização dessa radiação na fisioterapia e quais os benefícios dela para a saúde humana. Também definiram os tipos de radiação infravermelha existente e qual seria utilizado nos tratamentos fisioterápicos, alertando para os cuidados que se deve tomar quanto ao tempo de exposição a esse tipo de radiação. Ainda falaram da importância do infravermelho para a existência dos seres vivos na Terra. Concluindo, o grupo definiu a radiação infravermelha como algo essencial para nossa existência e para a evolução da medicina e da fisioterapia.

O quinto grupo também tratou do subtema “Radiação e Meio Ambiente”. A equipe justificou sua escolha por ter estudado sobre esse tema nas aulas de geografia. O objetivo do trabalho foi destacar os malefícios que a radiação pode causar para a humanidade, como, por exemplo, as mutações genéticas e até mesmo a morte. As investigações foram feitas em sites da internet e em material que tinham utilizado para um trabalho de geografia. Eles falaram sobre os elementos radioativos, a fissão nuclear e o lixo radiativo oriundo desse processo. Por fim, trataram das medidas de segurança e cuidados que se deve tomar em usinas nucleares, destacando os principais acidentes nucleares da história. Concluíram que, apesar dos malefícios que os acidentes nucleares podem trazer, a energia gerada por essa tecnologia tem ajudado muitas regiões da Terra a se desenvolverem como, por exemplo, o Japão.

O último grupo da turma 92 escolheu trabalhar com um tema que não foi por nenhum dos outros grupos: “Antenas de Rádio e TV”. Começaram falando sobre a abundância das ondas eletromagnéticas na atmosfera. Segundo o grupo, elas estão por todos os lugares o tempo todo e se comprometeram discutir possíveis males que esse mar de radiação pode nos causar. Deram características das ondas de rádio e das micro-ondas e falaram de estudos recentes que tratam dos possíveis danos que essas ondas podem trazer para o corpo humano. Também falaram das medidas preventivas que especialistas sugerem sobre o uso do aparelho celular, principalmente pelas crianças. Na conclusão, reconheceram a importância do uso dessas ondas para a transmissão de

informações, porém, alertaram mais uma vez para o perigo do uso excessivo dessas tecnologias, quanto aos malefícios que podem surgir em longo prazo de exposição.

A diversidade e a profundidade dos temas explorados nos leva a considerar que o trabalho foi muito bem sucedido. Em alguns grupos, a apresentação oral ficou aquém dos trabalhos escritos que apresentavam uma riqueza maior de informações e de conteúdos. Outras equipes exploraram mais conteúdos nas apresentações orais do que no trabalho escrito. É importante destacar que todos os grupos apresentaram na conclusão de seus trabalhos a importância e também os perigos do uso das ondas eletromagnéticas para a vida humana, remetendo a um posicionamento mais crítico e esclarecido em relação ao tema abordado.

Quanto ao aprendizado de física, os alunos abordaram uma série de conteúdos que dificilmente seriam trabalhados em um curso regular, ainda mais em se tratando do ensino de física para o 9º ano do ensino fundamental. Entendemos que a forma como esses conteúdos foram abordados favorece uma aproximação mais significativa e menos traumática dos alunos com a física, podendo trazer um interesse maior para o estudo dessa disciplina no ensino médio.

Cabe ainda ressaltar que a multidisciplinaridade, uma das características almejada para essa sequência didática, também esteve presente em quase todos os trabalhos. Os alunos usaram fontes de investigação diversificadas, envolvendo conteúdos nas áreas da Química, como a ionização de células do corpo pelas radiações ionizantes; da Biologia, na descrição do processo da fotossíntese realizado por várias espécies com a utilização da radiação solar; da História, com as bombas nucleares utilizadas na Segunda Grande Guerra; e da Geografia, com a discussão da necessidade de uso de usinas term nucleares como fontes alternativas de energia em alguns países.

4.1.4. Descrição da 4ª Aula

A 4ª aula foi destinada a apresentação dos vídeos de divulgação dos conteúdos investigados pelos diversos grupos. Por esse motivo, esta aula também ocupou dois módulos de 50 minutos. Para agilizar as apresentações, o computador e o projetor da sala de multimídia foram previamente preparados para que se aproveitasse todo o tempo para as apresentações. Mesmo assim, nas duas turmas ocorreram alguns problemas técnicos, como vídeos que não abriram ou ficaram sem áudio, devido ao formato do arquivo escolhido pelos alunos que não era compatível com os programas instalados no

computador da escola. Por isso, houve a necessidade de uma aula extra para que esses problemas fossem sanados e os vídeos apresentados.

Todos os vídeos foram fieis aos “subtemas” escolhidos pelos grupos, que respeitaram também o objetivo inicial de divulgar os resultados de suas investigações para o público em geral.

Foram confeccionados vários formatos de vídeos. Os grupos que trabalharam “subtemas” da área de saúde e radiação, como: medicina, odontologia e fisioterapia, optaram por gravar depoimentos tanto de profissionais da área, quanto de pacientes que teriam passado por algum tratamento envolvendo radiações eletromagnéticas.



Figura 4.1: “Print” do vídeo referente ao trabalho sobre radiação na medicina.

Outra classe de vídeos bastante recorrente foram os jornais teatrais. Esse formato foi mais utilizado por grupos que escolheram trabalhar com os “subtemas” que relacionavam radiação e meio ambiente. Os grupos montaram jornais que tratavam o assunto como uma matéria especial ou até mesmo como se fosse um jornal da época, no caso do acidente de Goiânia com o césio 147.



Figura 4.2: “Print” do vídeo referente ao trabalho sobre radiação e meio ambiente.

Já os grupos que trataram dos “subtemas”: radiação solar e radiações emitidas por antenas de rádio e TV, optaram por montar vídeos com imagens e narração. Esses vídeos foram feitos com um teor mais profissional, uma vez que as imagens e áudios ficaram com um bom padrão de qualidade.

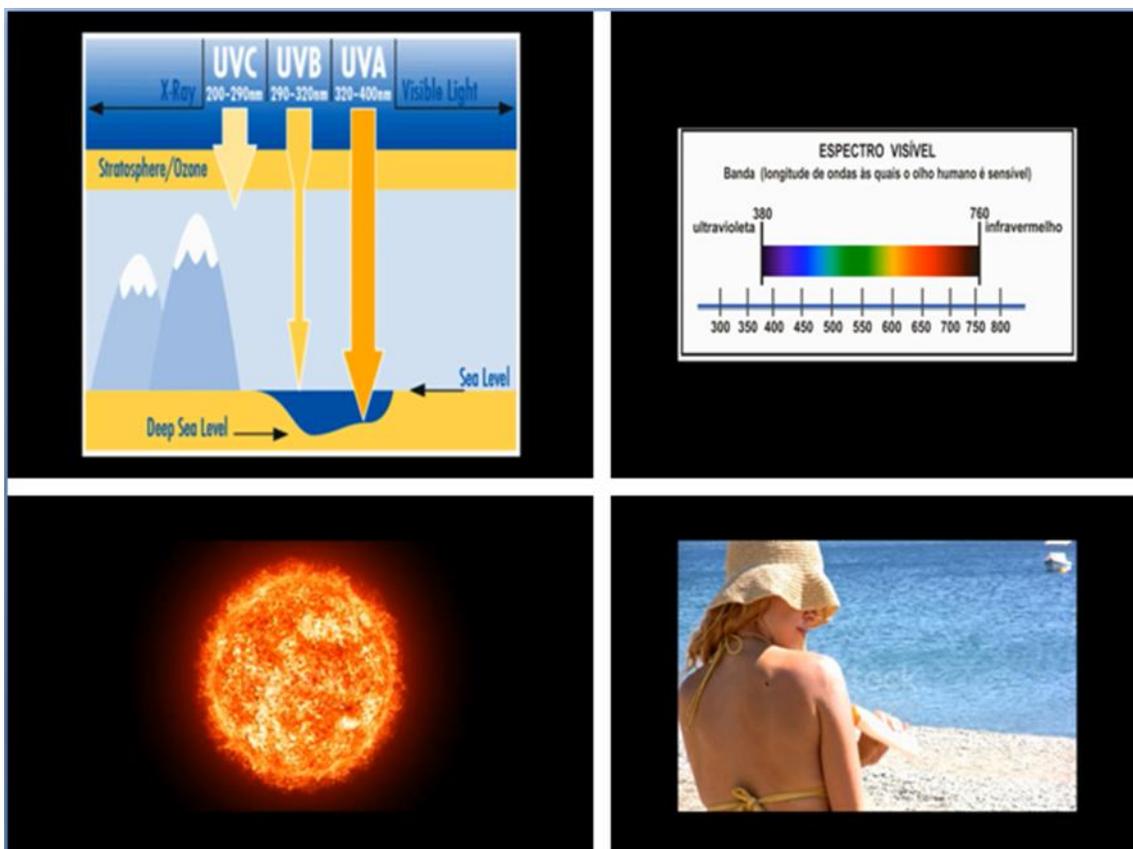


Figura 4.3: “Prints” de alguns trechos do vídeo sobre as radiações emitidas pelo Sol.

Consideramos que as apresentações dos vídeos foram satisfatórias, porém, com algumas ressalvas sobre observações que devem ser feitas antes da produção do material audiovisual. Inicialmente, deve-se ficar atento ao formato de áudio e vídeo que o computador a ser utilizado nas apresentações é capaz de suportar. Deveríamos ter dado essa informação aos grupos para que adequassem seus produtos a um determinado padrão. Também deveríamos ter alertado sobre a qualidade de imagem e do áudio dos vídeos para uma posterior divulgação do material na rede virtual da escola. Em caso de divulgação do material é importante que seja solicitada a autorização para o uso de imagens de terceiros. Por esse motivo, não foi possível a publicação dos vídeos no site da escola e em outras redes. Para finalizar, em se tratando de um material de divulgação, é interessante atentar para a correção da linguagem utilizada pelos alunos para que seja correta, mas, acessível e de fácil entendimento ao maior número de pessoas possíveis.

Capítulo 5

Análise dos Resultados

Consideramos que a aplicação da sequência didática possibilitou o desenvolvimento de inúmeras habilidades e competências importantes ao processo educacional, no geral, e ao ensino de física em particular, que passaremos a apontar nos parágrafos seguintes.

Em primeiro lugar os alunos tiveram a oportunidade de participar de um processo investigativo de forma coletiva, organizados em grupos com autonomia para definir os “subtemas” de pesquisa, a forma de condução do processo de investigação e as fontes de informação que utilizariam. De acordo com Ribeiro (2008, p.406) “desenvolver habilidades de formular ideias e verbalizá-las adequadamente requer do aluno a participação ativa e com senso crítico no trabalho em grupo, a escuta criteriosa e respeitosa, o hábito de colaboração em equipe.” Nesse sentido, entendemos que o trabalho oportunizou a participação ativa e o envolvimento do aluno com o conteúdo de ensino por meio de um trabalho colaborativo. De forma complementar, os PCN (1998, p.33) indicam que é essencial para o aluno “valorizar o trabalho em grupo, sendo capaz de ação crítica e cooperativa para a construção coletiva do conhecimento.” Apesar de não termos acompanhado o processo de produção dos grupos, entendemos que esses objetivos foram alcançados pela boa articulação demonstrada entre os integrantes dos diversos grupos durante as apresentações dos resultados de suas pesquisas, tanto do trabalho escrito, quanto dos vídeos.

Também consideramos que a situação-problema proposta foi pertinente no sentido de mobilizar os alunos para a tomada de decisões. Para Perrenoud (2002, p. 114), as situações-problema devem permitir aos alunos “mobilizar recursos, tomar decisões e ativar esquemas.” O incentivo à tomada de decisões também é uma das características importantes das situações-problema, enfatizada por Perrenoud (1999, p. 122) no sentido da mobilização de recursos e no saber agir. Essas habilidades e competências podem ser exemplificadas em vários momentos da aplicação da sequência didática. Como mostrado no capítulo anterior, percebe-se que houve uma mobilização bem diversificada de recursos pelos diversos grupos, seja na elaboração dos trabalhos escritos, seja na produção e apresentação dos vídeos. Os grupos buscaram fontes diversas de informação que vão desde artigos e monografias acadêmicas até entrevistas com profissionais de áreas afins aos “subtemas” escolhidos, como dentistas,

fisioterapeutas e técnicos de telecomunicação. Além disso, foram acionados professores de outras áreas, como geografia, química e biologia, para consultas sobre outros conteúdos necessários para a abordagem dos “subtemas” escolhidos pelos grupos. Esses últimos endossam o caráter multidisciplinar que uma situação-problema deve ter.

Ainda com relação à tomada de decisões, alguns grupos tiveram a iniciativa de propor outros “subtemas” além daqueles que haviam sido sugeridos na apresentação feita na primeira aula. Entendemos que os alunos foram capazes de perceber a importância do tema e se sentiram instigados pela situação-problema, perante o envolvimento com as atividades propostas. Esse envolvimento repercutiu de forma positiva na escolha dos “subtemas”, nas decisões sobre a forma de condução da investigação, nas informações coletadas e apresentadas no trabalho escrito, bem como na estrutura e no formato do vídeo confeccionado. Todas essas ações foram desenvolvidas com muita autonomia por parte dos alunos e pouca interferência da nossa parte e do professor regente das turmas. Cabe destacar também a presteza no cumprimento dos prazos pelas equipes.

Na posição de construtores de seu próprio conhecimento, os alunos foram submetidos a processos que envolveram criação, intervenção e investigação. Para isso, é necessário que os grupos saibam agir. A divisão de tarefas relatada por alguns grupos em seus trabalhos escritos é uma evidência da possibilidade de trabalhar em grupo e de saber agir perante o desafio imposto pela situação-problema. No momento em que os grupos sentiram a necessidade de buscar recursos, a grande maioria soube onde encontrá-los. Alguns grupos rapidamente buscaram suas fontes de informação e decidiram o que seria feito. Como por exemplo, o grupo que decidiu entrevistar uma vítima do câncer que relatou os efeitos colaterais do tratamento radioterápico e outro grupo que, ao decidir abordar o problema das antenas de celular, levou em conta o auxílio que um técnico em telecomunicações poderia dar. Essas ações evidenciam a capacidade dos alunos de tomar decisões e de agir em favor do grupo de acordo com os recursos possíveis e disponíveis.

De acordo com Azevedo (2004) a busca pela solução de problemas é um instrumento importante para o desenvolvimento de habilidades e capacidades, tais como: raciocínio, flexibilidade, astúcia, argumentação e ação. Nesse processo, segundo Freitas (2012), além da formulação de ideias é importante que os alunos saibam verbalizá-las adequadamente. A sequência didática que desenvolvemos foi organizada de tal forma que permitisse explorar essas duas dimensões da construção do

conhecimento: a formulação de ideias e a verbalização dessas ideias. Começando pela primeira aula que traz questões que instiga os alunos a pensar e a dizer o que pensam sobre o conteúdo abordado na situação-problema, no caso, as ondas eletromagnéticas. Na segunda aula, ao terem que definir um subtema, justificar sua escolha e dizer sobre como pretendiam realizar as investigações, os alunos, organizados em grupos, mais uma vez foram instigados a verbalizar as ideias que haviam formulado. O mesmo acontece no momento da escrita e da apresentação do relatório da pesquisa, e também na confecção e apresentação dos vídeos, com o desafio de transpor o conhecimento obtido em uma linguagem acessível à compreensão do maior número de pessoas possível. No cumprimento dessas tarefas, os alunos não só formularam e verbalizaram ideias, como também experimentaram a oportunidade de utilizar e explorar domínios diferentes de linguagem. Uma mais formal e científica no relato escrito do trabalho e outra mais comum e coloquial na confecção do vídeo. Também foi explorada a capacidade de argumentação dos alunos nas apresentações em sala de aula para seus colegas, quando tinham a possibilidade de expor e ouvir ideias.

Quanto à sequência didática podemos concluir que os alunos tiveram oportunidades de observar, questionar, discutir, interpretar, solucionar, analisar, argumentar, verbalizar e ouvir ideias suas, de colegas, de profissionais de áreas diversificadas e de autores de estudos e pesquisas sobre o tema abordado. De acordo com Macedo (2007, apud Perrenoud, 1997, p.25) o desenvolvimento dessas competências e habilidades permite que os alunos construam condições internas para lidar com as diferentes situações que enfrentam no seu dia a dia, diferente da simples memorização de conteúdos de ensino, propagada nas aulas tradicionais.

Sobre a situação-problema podemos inferir que ela atendeu as características elencadas por Shultz (2003, apud Perrenoud, 2004). O envolvimento dos alunos com no trabalho de pesquisa nos permitiu concluir que a situação-problema foi encarada pelos alunos como um verdadeiro problema a ser investigado. A liberdade dada para a escolha do subtema e a forma de abordagem permitiu que os alunos adaptassem as investigações ao seu nível de conhecimento que possuíam. Lembrando que já haviam sido feitas inserções do tema pelo professor de ciências e também pela professora de geografia, como apontado por um dos grupos.

Em relação ao aprendizado de conceitos físicos, foi possível observar a abordagem de diversos conteúdos em vários momentos dos trabalhos apresentados. Alguns grupos trataram das fontes de radiação eletromagnética como, por exemplo, o

Sol. Os alunos tiveram a oportunidade de conhecer o espectro eletromagnético, desde as ondas de rádio até a radiação gama, suas principais características: frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação, e a relação entre essas grandezas. Definiram também a amplitude de uma onda quando da apresentação das ondas de rádio. Os trabalhos também trataram da formação das ondas eletromagnéticas pela combinação de campos elétricos e campos magnéticos, sua oscilação transversal e a não necessidade de meio material para propagação.

Além disso, alguns grupos que abordaram a radiação gama, falaram da sua importância na obtenção de energia elétrica em usinas termonucleares. Também foram apresentados os conceitos de fissão e fusão nuclear. Um dos grupos, que falou sobre o infravermelho, reportou o fato de esse tipo de onda ser responsável pela transmissão de calor.

Pela diversidade de conteúdos de física explorados nos diversos trabalhos, pode-se concluir que dificilmente poder-se-ia conseguir o mesmo resultado por meio de aulas expositivas tradicionais. Além disso, deve-se levar em consideração que, em uma aula expositiva o professor não propiciaria aos alunos a possibilidade de desenvolver habilidades e competências que a situação-problema propiciou. Trazer para próximo da física os conteúdos de outras disciplinas e oportunizar ao aluno a possibilidade de descobrir e investigar aplicações dos fenômenos físicos no seu dia a dia são ganhos importantes para o processo de ensino e aprendizagem que por si já referendam a utilização da metodologia aqui apresentada.

Com relação ao tempo disponível, a sequência didática foi pensada inicialmente para ser aplicada em quatro módulos-aula de 50 minutos. Porém, as duas últimas aulas necessitaram de um tempo maior, ocupando dois módulos-aula, cada uma. No total, foram utilizados seis módulos-aula. Isso pode parecer muito quando confrontado com a limitada carga horária dedicada às aulas de ciências no 9º ano. Porém, julgamos que o ganho em aprendizagem supera essa extrapolação de tempo, uma vez que as competências e habilidades desenvolvidas podem facilitar a apreensão de outros conteúdos no futuro.

Como já citado anteriormente, também houve várias intervenções multidisciplinares, permitindo que os alunos percebessem a importância da interlocução entre diversas áreas do conhecimento no tratamento e na abordagem de problemas complexos. Ao realizar as investigações, os alunos conseguiram perceber a influência de diversos fenômenos ondulatórios em suas vidas – desde os momentos de lazer,

proporcionados pelo uso das tecnologias como celulares, computadores e videogames, até suas aplicações na medicina, como nos exames de radiografias e nas radioterapias para tratamento do câncer – agregando significado ao conhecimento escolar.

5.1 Pesquisa de opinião sobre radiação

Em nossa programação, não havíamos pensado em uma avaliação formal do conteúdo de ensino presente na atividade. Porém, passados trinta dias da aplicação da sequência didática, decidimos elaborar uma pesquisa de opinião (Apêndice II), sobre o tema radiação para os alunos das duas turmas que participaram da intervenção. O objetivo dessa pesquisa era analisar o posicionamento dos alunos em torno de temas controversos envolvendo radiação, depois de eles terem estudados esses temas por meio das pesquisas que realizaram. Responderam a pesquisa 18 alunos da turma 91 e 23 da turma 92. Na sequência apresentamos os resultados dessa pesquisa. Em cada uma das questões foi apresentada uma situação controversa sobre a qual o aluno deveria indicar o seu nível de concordância, transcritos nos gráficos com a seguinte legenda:

- (CT): concordo totalmente;
- (C): concordo;
- (NCND): não concordo e nem discordo;
- (D): discordo;
- (DT): discordo totalmente.

Questão 1

Estudos recentes afirmam que o uso excessivo de filtro solar tem sido responsável pela deficiência de vitamina D em algumas pessoas. Para aumentar a polêmica em torno desse assunto alguns desses estudos estabelecem que devemos tomar o sol do meio dia por pelo menos 20 minutos para evitar tal carência.

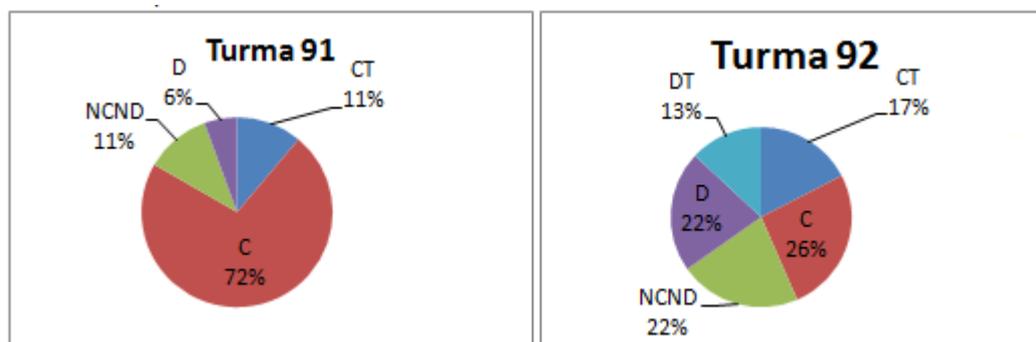


Figura 5.1: Repostas dos alunos das turmas 91 e 92 à Questão 01

Questão 2

Com a escassez de chuva dos últimos anos, as hidrelétricas têm diminuído consideravelmente a produção de energia. Com isso percebe-se uma necessidade de mudanças na matriz energética do país. Uma saída para esse problema seria o investimento maciço em energia nuclear, por meio da construção de mais usinas termonucleares, pois o risco de vazamento de radiação é mínimo e essas usinas são capazes de produzir uma grande quantidade de energia elétrica.

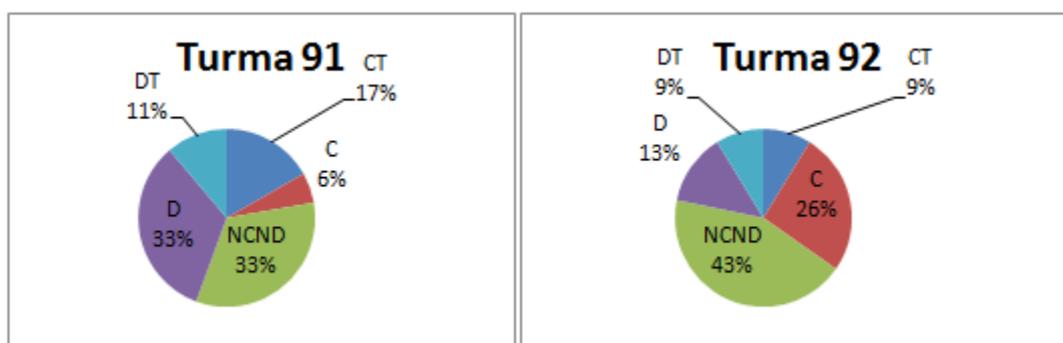


Figura 5.2: Respostas dos alunos das turmas 91 e 92 à Questão 02

Questão 3

Especialistas afirmam que protetores solar com fator de proteção nº 30 aplicados corretamente são capazes de oferecer 96% da proteção máxima. Isso significa que não faz sentido utilizar filtros solares com fator de proteção maior que 30 porque, a partir daí, o ganho de proteção seria mínimo.

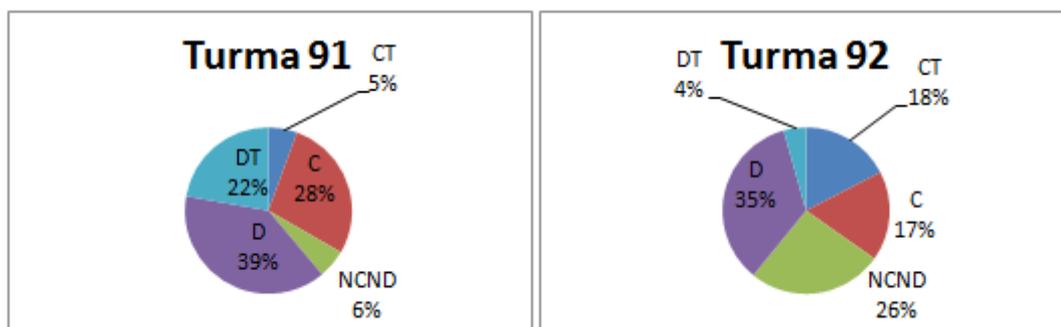


Figura 5.3: Respostas dos alunos das turmas 91 e 92 à Questão 03

Questão 4

Estudos desenvolvidos por cientistas ucranianos afirmam que as micro-ondas emitidas por aparelhos celulares podem ser prejudiciais à saúde humana. Por esse motivo o uso de aparelhos celulares deveria ser restringido ao máximo.

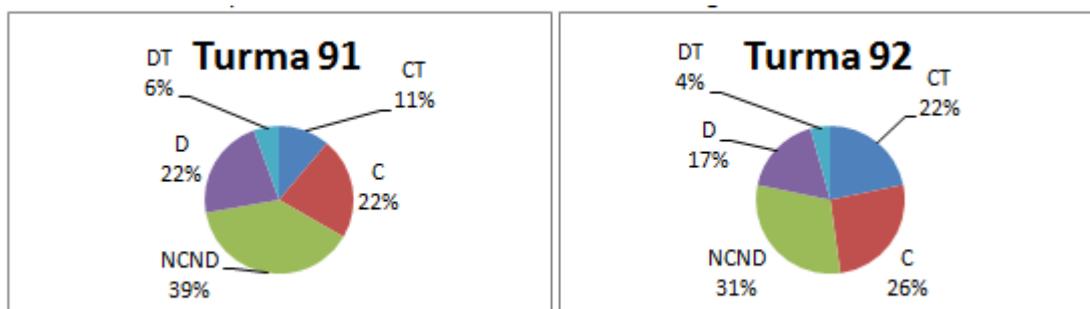


Figura 5.4: Repostas dos alunos das turmas 91 e 92 à Questão 04

Questão 5

O bronzeamento artificial realizado com câmaras de radiação ultravioleta pode aumentar em até 75% as possibilidades de aparecimento de um melanoma (câncer de pele). Por isso, o governo deve proibir totalmente a venda e o uso dessas câmaras.

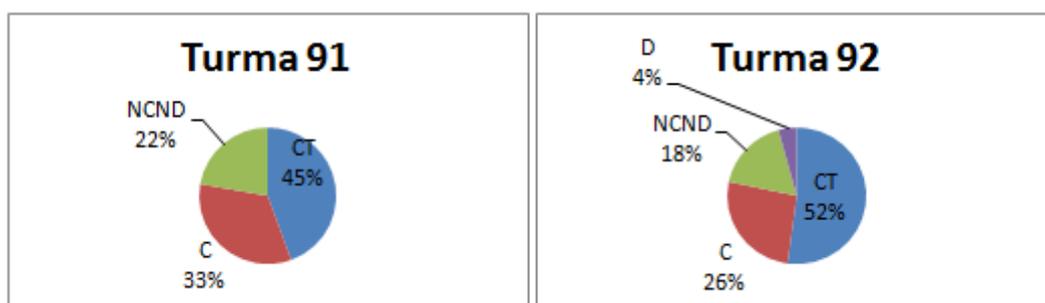


Figura 5.5: Repostas dos alunos das turmas 91 e 92 à Questão 05

Questão 6

Grande parte dos alimentos produzidos no Brasil é desperdiçada por maturação excessiva ou envelhecimento. Uma boa saída para diminuir esse desperdício seria tratar esses alimentos por irradiação. Nesse processo os alimentos são submetidos a um banho radioativo que retarda os processos naturais de brotamento, maturação e envelhecimento sem contraindicação para a saúde humana.

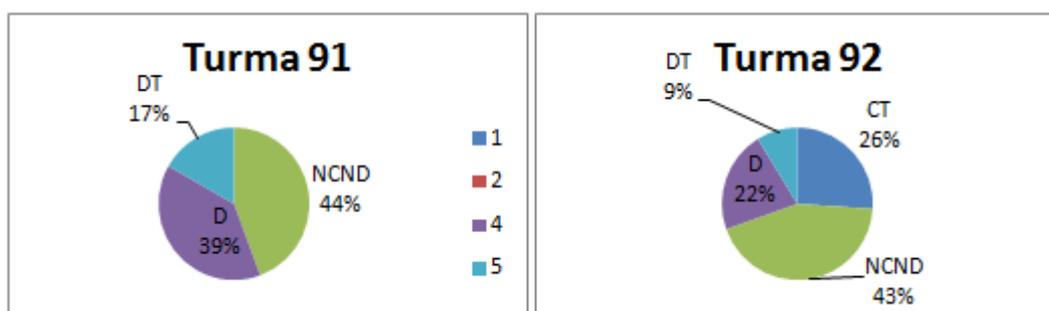


Figura 5.6: Repostas dos alunos das turmas 91 e 92 à Questão 06

Questão 7

Os Raios-X são usados em um processo de diagnóstico de fraturas e lesões internas totalmente seguro. Não importa quantas radiografias que pessoa faça ao longo de sua vida que a radiação recebida sempre será eliminada pelo organismo.

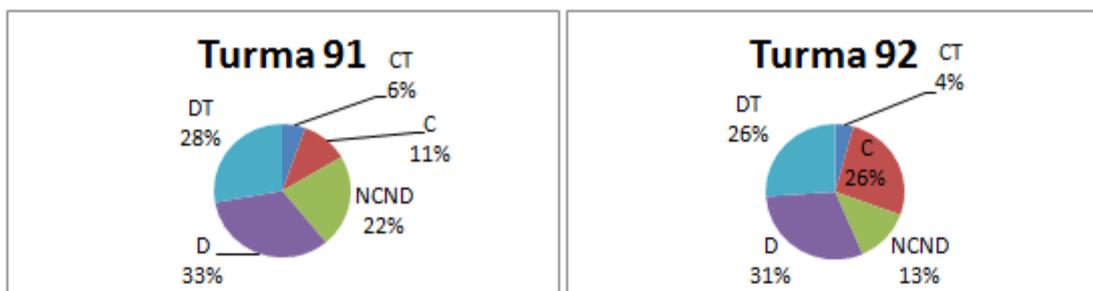


Figura 5.7: Repostas dos alunos das turmas 91 e 92 à Questão 07

Primeiramente é necessário ressaltar que as questões apresentadas nesta pesquisa não tinham o intuito de estabelecer uma escala de valor em torno da aprendizagem dos alunos, mas apenas analisar a opinião dos alunos referentes a questões polêmicas sobre radiação eletromagnética após as investigações que eles próprios realizaram.

Trata-se de questões controversas que foram levantadas durante as apresentações dos próprios alunos e também por nós na apresentação da situação-problema. Os temas abordados ainda provocam opiniões divergentes tanto na sociedade, quanto na comunidade científica.

Na maioria das questões as opiniões dos alunos foram bastante semelhantes. Porém, em algumas questões houve divergências entre as turmas. Por exemplo, na questão 1, enquanto 72% dos alunos da turma 91 concordam com a necessidade de se tomar o sol do meio dia por alguns minutos para evitar a deficiência da vitamina D, causado pelo uso excessivo de protetor solar, apenas 26% da turma 92 compartilhou da mesma resposta. Acreditamos que essa diferença se deve ao fato de um dos grupos da turma 91 ter apresentado um trabalho sobre “Radiação Solar”. Nessa apresentação, o grupo destacou pesquisas feitas sobre a polêmica em torno desse tema em que pessoas estão tendo que tomar suplementos de vitamina D por falta de exposição ao sol e isso chamou a atenção da turma. Já na turma 92 nenhum trabalho tratou dessa polêmica.

Essa mesma observação vale para a questão 3. O mesmo grupo também trouxe informações sobre a eficiência dos protetores solar no que diz respeito aos fatores de proteção. Nessa questão uma parte significativa da turma 92 (26%) demonstrou não ter opinião sobre o assunto. No caso da turma 91, apenas 6% dos alunos não se posicionaram. Entendemos que esse posicionamento se deve ao acesso à informação

proporcionado pelo trabalho, porém, sem um juízo de valor que infere sobre o que é certo ou errado.

Nas questões 2, 4 e 6 a falta de posicionamento das duas turmas ficou acima de 30%. A produção da energia nuclear, de certa forma, foi tratada em trabalhos apresentados nas duas turmas, porém, muito a partir do viés dos grandes desastres ambientais. Dessa forma, paira a dúvida entre a possibilidade de produção de uma energia limpa, mas que, ao mesmo tempo, traz grandes riscos em caso de acidentes. Já na questão 4, entendemos que a falta de posicionamento se deve ao fato de a polêmica em torno do uso de celulares impactar diretamente na vida dos alunos. No vídeo que apresentamos na primeira aula e nos trabalhos apresentados pelos próprios alunos não há um consenso em torno dos riscos que o uso do celular pode acarretar à saúde humana. Apesar de as duas turmas terem tido acesso a uma quantidade significativa de informações sobre as radiações ionizantes, o tema da questão 6 não foi abordado diretamente por nenhum dos grupos, talvez seja esse o motivo da falta de posicionamento nessa questão.

Entendemos que uma melhor análise da influência dos trabalhos desenvolvidos pelos alunos nas respostas dadas a essas questões poderia ter sido feita se tivéssemos aplicado o mesmo questionário a outras turmas que não tivessem participado da sequência didática. Porém, isso não foi possível.

Por fim, cabe considerar que foi a primeira vez que esses alunos estiveram envolvidas em um trabalho norteado por uma situação-problema. Em nossa avaliação, tanto durante a aplicação da sequência didática, quanto na análise realizada posteriormente, tal proposta trouxe um resultado muito positivo. Nesse sentido, podemos destacar o grande envolvimento das turmas na busca e no tratamento de informações em torno da polêmica que norteou a situação-problema. É importante ressaltar que para a situação proposta não há resposta correta, ou seja, não se busca a resposta para uma questão, mas sim um posicionamento em relação a ela. Isso difere em muito dos modelos tradicionais de ensino, contribuindo não só para o desenvolvimento de competências e habilidades, mas também para o aumento do interesse pela ciência, de um modo geral, e pela física em particular.

Capítulo 6

Considerações Finais

Neste trabalho apresentamos o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência didática, elaborada para o ensino de ondas eletromagnéticas para alunos do 9º ano do ensino fundamental, orientada pela investigação de uma situação-problema que questionou os riscos de se viver em um mundo imerso em onda. Defendemos a importância da abordagem de temas de física nas aulas de ciências do ensino fundamental, porém de uma forma diferente da simples transmissão de conteúdos. Por esse motivo, encontramos na abordagem de ensino por meio de situações-problema uma boa estratégia para o ensino de física em nível fundamental.

Consideramos que a sequência didática aqui descrita possibilitou o cumprimento de três importantes missões perante aos alunos. A primeira foi de criar uma oportunidade de aprendizagem que os permitiu descobrir a ciência, e a física em particular, presente no cotidiano das pessoas. Os alunos, por meio de suas investigações, identificaram que a ciência é responsável por tecnologias presentes no campo do lazer, dos meios de transporte e de comunicação, do diagnóstico, prevenção e tratamentos de doença, entre outras aplicações.

A segunda missão foi combater a fragmentação da ciência que já é praticada no 9º do ensino fundamental com a divisão entre química e física e potencializada no ensino médio. Os alunos, na condução de suas investigações, em vários momentos tiveram que buscar informações em outras áreas de conhecimento, como a química e a biologia, para complementar, reforçar e exemplificar os fenômenos eletromagnéticos. E ainda utilizaram a história e a geografia para contextualizar parte desses fenômenos. Nesse sentido, a metodologia aqui proposta favorece o desenvolvimento de uma visão mais unificada e orgânica da ciência. Os alunos, por si próprios, têm a chance de conhecer uma ciência que evolui com a contribuição de todas as áreas do conhecimento.

Por fim, a última missão remete às competências e habilidades passíveis de serem desenvolvidas por meio de uma aprendizagem ativa, centrada no aluno. As atividades que os alunos desenvolveram durante a execução da sequência didática proporcionou várias oportunidades para aprimorar e desenvolver competências e habilidades importantes, não só no aprendizado de ciências, mas que trarão reflexos futuros em suas vidas, seja nos estudos, no trabalho ou na simples convivência em

sociedade. Características como: questionar, saber trabalhar em equipe, pensar e raciocinar, tomar decisões, saber agir, ser flexível, são algumas dessas possibilidades.

É importante evidenciar que a aplicação da sequência didática aqui relatada só foi possível com a colaboração da direção e da coordenação da escola e do professor regente das duas turmas do 9º ano do ensino fundamental, que mostrou-se solícito e aberto para acolher a proposta de trabalho que lhe foi apresentada. Consideramos essa cooperação de suma importância para a promoção de mudanças significativas nos processos de ensino e de aprendizagem, hoje muito orientados para a preparação para os processos seletivos de universidades e escolas profissionalizantes. No caso específico do 9º ano, algumas escolas, como a que desenvolvemos este trabalho, já divide as aulas de ciências em física e química, como preparação para o ensino médio. Porém, conforme argumentamos no início deste trabalho, em geral, esses conteúdos são trabalhados de forma mecânica, por meio da insistente memorização de conceitos e fórmulas, com a justificativa de que serão utilizados posteriormente no ensino médio. Nesse sentido, a proposta de uma sequência didática orientada por uma situação-problema apresenta outra perspectiva de ensino e aprendizagem, colocando o aluno no centro do processo, permitindo-o conhecer essas disciplinas a partir de interesses concretos.

Com base naquilo que foi observado, consideramos que a aplicação da sequência didática ocorreu de forma satisfatória, pois conseguimos algo que consideramos de extrema importância para o ensino de qualquer conteúdo: o envolvimento dos alunos. A investigação da situação-problema apresentada possibilitou o desenvolvimento de muitas competências e habilidades caras ao aprendizado de ciências e de física, em particular. Entendemos que o trabalho permitiu aos alunos se interessar pelo conteúdo e compreender um pouco mais dos diversos fenômenos que envolvem as ondas eletromagnéticas e suas aplicabilidades em situações cotidianas. Além disso, o fato de se disporem a buscar respostas para o problema apresentado permitiu que os alunos experimentassem o trabalho em equipe em um processo de pesquisa, tendo que reconhecer fontes relevantes para a investigação de um problema e mobilizar recursos e pessoas para buscar informações.

Consideramos que, mesmo se tratando de uma sequência didática que permite uma abordagem multidisciplinar por parte dos alunos, o professor não deve deixar de ressaltar a importância de se explorar os aspectos físicos dos fenômenos investigado. Nos trabalhos apresentados pelos alunos notamos, em alguns casos, certa escassez da

descrição das características físicas do fenômeno investigado. Como forma de solucionar esse problema, sugerimos que o professor procure indagar os alunos, nos vários momentos do desenvolvimento da sequência didática, sobre essas características e suas relações com os efeitos nocivos ou benéficos daquela onda.

Em nossa análise concluímos também que o envolvimento dos alunos no estudo das ondas eletromagnéticas, mediado pela situação-problema, possibilitou uma visão diferente da física, na medida em que eles próprios buscaram conhecer o conteúdo por meio de sua aplicabilidade e perceberem a proximidade que esses fenômenos, muitas vezes tratados em sala de aula de forma distante da realidade, têm com suas vidas.

Por fim, é possível concluir que este trabalho, como conclusão do mestrado profissional em ensino de física, cumpriu com seus objetivos. Primeiramente por mostrar ser possível abordar conteúdos de física no 9º ano do ensino fundamental de modo a desenvolver nos alunos competências e habilidades voltadas para a pesquisa e a investigação de fenômenos do cotidiano. E, como consequência, permitir a alunos um contato com uma ciência menos fragmentada e mais presente no seu dia a dia. Aprendizados estes que, se instituídos em sala de aula, podem possibilitar a melhoria a qualidade do ensino e da prática educativa dos professores de física.

Referências

[Brasil 1998] BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais. (3º e 4º ciclos do ensino fundamental). Brasília: MEC, 1998.

[Brasil 2016] BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Base Nacional Comum Curricular. 2ª versão. A Área de Ciências da Natureza. Brasília: MEC, 2016.

[Minas Gerais 2007] MINAS GERAIS. "Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. Conteúdo Básico Comum – CBC." Conteúdos Básicos Curriculares de Ciências do Ensino Fundamental. Disponível em: <http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/banco_objetos_crv/%7BBC26290C-C90B-44EF-866A-10C750F63D7B%7D_livro%20de%20ciencias.pdf> Acesso em 11/08/2015.

[Juiz De Fora 2012] JUIZ DE FORA. "Secretaria de Educação de Juiz de Fora". Proposta Curricular – Ciências. Disponível em: <https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/se/rede_municipal/arquivos/miolo_ciencias.pdf> Acesso em: 11/08/2015.

[Halliday 2003] D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker. *Fundamentos de Física*, vol. 4, pág. 1 – 9. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

[Bröckelmann 2012] R. H. Bröckelmann, *Observatório de Ciências – 9º ano*. São Paulo: Moderna, 2011.

[Canto 2013] E. L. Canto, *Ciências Naturais: Aprendendo com o Cotidiano – 9º ano*. São Paulo: Moderna, 2013.

[Gewandsznajder 2010] F. Gewandsznajder, *Ciências – Matéria e Energia – 9º ano*. São Paulo: Ática, 2010.

[Da Silva 2014] F. C. da Silva, A. F. Campos and M. V. de Almeida. O trabalho com situação-problema utilizando elementos do ensino por pesquisa: análise das impressões de futuros professores de Química. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática* 5.1, p. 37-48, 2014.

[Zambom 2000] Zambon, L. B., and Terrazzan, E. A. Recursos didáticos diversos no Ensino de Física: Uma proposta para o Ensino do Conceito de Corrente Elétrica. *Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação E Ciências-VII ENPEC*, Rio Grande do Sul, UFSM, 2000.

[Da Madeira Freitas 2012] Da Madeira Freitas, Raquel Aparecida Marra. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. *Educação e Pesquisa*, v. 38, n. 2, p. 403-418, 2012.

[Santos 2015] C. J. Santos, et al. Ensino de Ciências: Novas abordagens metodológicas para o ensino fundamental. *Revista Monografias Ambientais*, v. 14, p. 217-227, 2015.

[De Souza Lima 2013] De Souza Lima, Maria Valgerlene; NETO, José Euzébio Simões. O Uso de Situações-Problema como Estratégia Didática para o Ensino de Ciências no Nível Fundamental. *XVI ENEQ/X EDUQUI*-ISSN: 2179-5355, 2013.

[Perrenoud 2000] P. Perrenoud. Dez Novas Competências para Ensinar. Rio de Janeiro: Artimed, 2000.

[Macedo 2009] L. de Macedo, A. L. Petty, N. C. Passos. Aprender com jogos e situações-problema. Rio de Janeiro: Artmed, 2009.

[Clement 2010] L. Clement; T. M. C. MENEGAT. Resolução De Situações-Problema Com Uso De Textos De Divulgação Científica, 2010.

[Campos 2012] B. S. Campos et al. Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, n. 1, p. 1402, 2012.

[Devantier 2014] A. N. Devantier, C. M. Nunes and M. Ferreira. Análise do currículo de ciências da 8ª série/9º ano como ação do projeto. *Observatório da Educação. Encontro de Debates sobre o Ensino de Química*, v. 1, n. 1, p. 375-381, 2014.

[Campelo 2015] F. N. Campelo. O ensino de ciências no 9º ano do ensino fundamental: uma proposição de desfragmentação do currículo, 2015.

[Perrenoud 2002] P. Perrenoud and M. G. Thurler. As competências para ensinar no século XXI, *A Formação dos professores e o Desafio da Avaliação*. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.

[Meirieu 1998] P. Meirieu. Aprender... sim, mas como?. Rio de Janeiro: Artmed, 1998.

[De Oliveira 2014] R. A. De Oliveira and A. P. B. Da Silva. William Herschel, os raios invisíveis e as primeiras ideias sobre radiação infravermelha. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, p. 4603, 2014.

[Schmitz 2004] C. Schmitz and J. P. Alves Filho. Ilha de racionalidade e a situação problema: o desafio inicial. *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física*, 2004.

[Google-História Do Magnetismo 2016] *Física Geral: Eletromagnetismo*. Disponível em: < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Magnetismo> > - Acesso em maio de 2016

[Google - História Do Magnetismo 2016] *Eletricidade e Magnetismo: Uma pequena cronologia*. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/fis/EMVirtual/crono/crono.htm> >. Acesso em maio de 2016.

[Wiki - Luz 2016] Wikipédia: Luz. Disponível em < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Luz> >. Acesso em maio de 2016.

Apêndice I

Produto Educacional

ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL POR MEIO DE UMA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Prezado (a) Professor (a):

Esta sequência didática é direcionada ao ensino de ondas eletromagnéticas para alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. As atividades que a compõe derivam de uma situação-problema que envolve as controvérsias sobre os malefícios e benefícios que as ondas eletromagnéticas podem acarretar para os seres humanos e para o meio ambiente. Seu objetivo, no que se refere ao trabalho do professor em sala de aula, é apresentar uma nova possibilidade de abordagem desse tema que também pode servir de modelo para outros conteúdos de ensino.

No que compete ao aluno, este material possibilita uma aprendizagem ativa que o torna protagonista na construção de seu próprio conhecimento. A investigação de uma situação-problema permite o desenvolvimento de várias competências e habilidades, tais como: saber pensar, raciocinar, agir, tomar decisões, ser flexível e trabalhar em equipe. Ou seja, trata-se de uma estratégia de ensino em que o foco está na atitude do aluno durante o processo de aprendizagem e não no conhecimento adquirido ao final do processo. Além disso, as pesquisas e investigações feitas pelos alunos irão permitir que eles conheçam as aplicações tecnológicas e os fenômenos da natureza envolvidos no estudo das ondas eletromagnéticas, possibilitando a percepção de uma ciência muito mais presente e ativa em seu cotidiano.

Para endossar a relevância de uma atividade com essas características destacamos algumas indicações feitas pelos documentos oficiais do Ministério da Educação. Os PCN para o terceiro e o quarto ciclo do ensino fundamental propõem a abordagem dos conceitos de ondas, inclusive das eletromagnéticas, destacando sua forma de propagação no meio, as transformações tecnológicas de energia e sua aplicação em receptores de ondas de rádio, TV, telefone e outras formas de comunicação humana e com o meio. Afirmam ainda serem conteúdos pertinentes aos eixos “Ser Humano e Saúde” e “Tecnologia e Sociedade”, podendo integrar também com o tema transversal “Saúde”. (Brasil, 1998, p. 118).

Já a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), que atualmente está em fase de consulta pública para posterior apreciação pelo Congresso Nacional, sugere que se deva trabalhar o conteúdo de ondas eletromagnéticas, por exemplo, fazendo um “levantamento das radiações eletromagnéticas naturais e produzidas e representá-las em um esquema que as ordene por suas frequências e explicitar seus usos ou fonte de cada tipo de radiação”. (BRASIL, 2016, p. 449). No que se refere especificamente ao ensino de física, a BNCC destaca ainda que:

O conhecimento físico, com seus conceitos, leis, grandezas e relações matemáticas, ganha mais significado se utilizado em problemáticas reais, como ao se comparar riscos e benefícios de diferentes fontes de energia, compreender a necessidade de cuidados na instalação de equipamentos, ou avaliar efeitos biológicos da radiação, tornando-se, assim, um instrumento de participação mais consciente e consistente na sociedade. (BRASIL, 2016, p.587)

Além disso, destaca-se ainda a importância de se trazer práticas investigativas para a vivência escolar como forma de desenvolver habilidades e competências próprias do campo da ciência pouco exploradas nas aulas tradicionais.

Essa perspectiva investigativa, que envolve estimular a curiosidade das crianças e jovens, principalmente a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, contribui para romper com a visão caricata de que a Física seja um conjunto de fórmulas e exercícios de aplicação. (BRASIL, 2016, p.588)

Por outro lado, reconhecemos e compreendemos que a maioria dos professores e professoras de ciências do 9º ano do ensino fundamental não tem formação específica para lidar com conteúdos de física e isto pode acarretar certa insegurança por parte desses docentes. Nesse sentido, esta sequência didática também tem o objetivo de orientá-los, tanto no entendimento do conteúdo que será abordado, como em oferecer subsídios para compreender a metodologia proposta, baseada na investigação de situações-problema.

De uma maneira geral, mas não ideal, o conteúdo de ciências do 9º ano do ensino fundamental é dividido em Química e Física. Muitas vezes, esse é o primeiro contato formal que o aluno tem com essas áreas de conhecimento e que servirá de base para a construção de uma concepção que, certamente, será levada para o ensino médio. Por isso, julgamos que a forma de abordagem desses conteúdos, nesta fase de escolarização, pode ser determinante para despertar o interesse dos alunos para os seus estudos futuros.

Entendemos que neste momento do processo de aprendizagem ainda não há a necessidade de uma sistematização conceitual verticalizada dos conteúdos de física e que, por isso, esses conteúdos podem ser abordados de maneira superficial. Porém, o que se vê na prática são aulas pouco contextualizadas que tratam de um pequeno exemplo daquilo que está por vir. É como se fosse um grande resumo daquilo que será visto em todo o ensino médio por meio de um emaranhado de fórmulas e conceitos. Hoje em dia, alguns livros didáticos até tentam apresentar uma abordagem diferenciada, com títulos que relacionam o conteúdo de ensino com suas possíveis aplicações: “Garrafa Térmica, Estufa e Aquecimento Global”; “Bússolas, Ímãs, Discos Rígidos e Magnetismo Terrestre”; “Geração e Aproveitamento de Energia Elétrica”. Porém, os fenômenos e conceitos abordados são praticamente os mesmos e a maneira de trabalhá-los em sala de aula não se diferencia muito da forma tradicional.

Nesta proposta convidamos o professor a trabalhar de forma diferenciada, que possibilita o estudo da física e de outras áreas da ciência por meio da abordagem de temas controversos e instigantes, capazes de provocar o interesse e a atenção dos alunos para os conteúdos de ensino, além de possibilitar o desenvolvimento de trabalhos inter e multidisciplinares.

Para exemplificar e materializar esta proposta elaboramos uma sequência didática orientada por uma situação-problema sobre o tema “ondas eletromagnéticas” que tem o propósito de questionar a influência dessas ondas em nossas vidas e instigar os alunos a investigar aspectos bons e ruins de toda tecnologia advinda do conhecimento e do domínio pelo homem desse fenômeno. Dessa forma, pretendemos que os alunos tenham a oportunidade de entender aspectos físicos das ondas eletromagnéticas, conhecerem o impacto dessas ondas na natureza e, conseqüentemente, a importância desse conhecimento para a tomada de decisões que podem afetar suas vidas e a vida no planeta.

O ENSINO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS POR MEIO DE UMA SITUAÇÃO-PROBLEMA: UMA PROPOSTA PARA O 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

1. Breve estudo sobre ondas eletromagnéticas

Este tópico tem como objetivo oferecer suporte ao professor sobre alguns conceitos que certamente surgirão nas investigações feitas pelos alunos.

O que são ondas eletromagnéticas

Cientistas como Coulomb, Ampère, Faraday, entre outros, arquitetaram os conceitos da Eletricidade e do Magnetismo. Mas foi o físico matemático James Clerk Maxwell, após meados do século XIX, que condensou tais princípios em uma só teoria denominada: Teoria Eletromagnética.

Segundo essa teoria uma onda eletromagnética é gerada por uma partícula carregada eletricamente quando sofre uma aceleração. Isso provoca uma variação em seu campo elétrico originando um campo magnético. Porém, um campo magnético variável também pode provocar o surgimento de um campo elétrico. Assim, podemos tratar a propagação da onda eletromagnética como uma reação em cadeia. Quando um dos campos, elétrico ou magnético, sofre uma variação instantaneamente surge o outro campo e assim sucessivamente. Por isso, este tipo de onda é capaz de interagir com outras partículas carregadas.

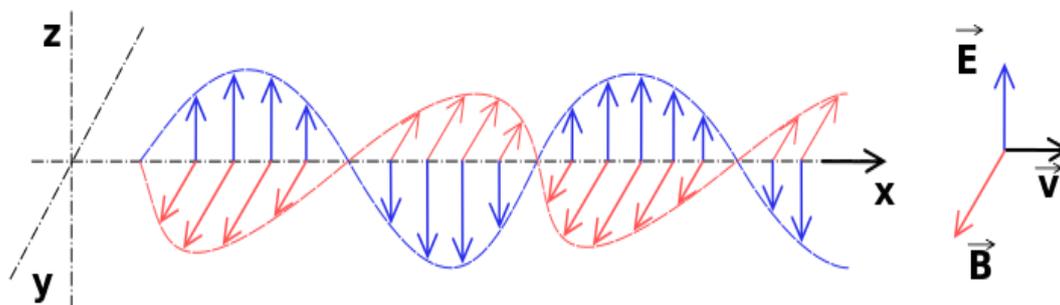


Figura A1: O Campo Eletromagnético⁷

Características das ondas eletromagnéticas

⁷ Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation

Diferente das ondas mecânica como, por exemplo, o som, a onda eletromagnética não necessita de um meio material para se propagar. Além disso, sua velocidade é de aproximadamente $3,0 \times 10^8$ m/s (a mesma velocidade da luz no vácuo), ou seja, em um único segundo esta onda é capaz de percorrer 300 mil quilômetros em todas as direções. Com essa velocidade seria possível dar sete voltas e meia ao redor da Terra em apenas um segundo. Em meios materiais essa velocidade é um pouco menor. Pelo fato de o campo elétrico se propagar sempre perpendicularmente ao campo magnético, e vice-versa, a onda eletromagnética é classificada como uma onda transversal. Por este motivo essas ondas podem ser polarizadas.

A polarização de uma onda eletromagnética ocorre quando esta passa por um cristal polarizador e, a partir daí, passa a se propagar em apenas uma direção.

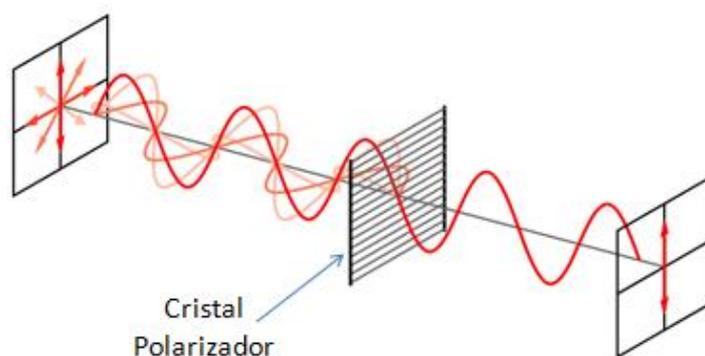


Figura A2: Polarização de uma Onda Eletromagnética⁸. Fonte: Globo Educação

Esta tecnologia é utilizada, por exemplo, em lentes oculares polarizadoras e também em câmeras fotográficas para se obter maior ou menor captação da luz ambiente.



Figura A3: Lente Polarizadora⁹. Fonte: Wikipédia

⁸Disponível em: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/ondas-e-luz/fenomenos-ondulatorios.html>



Figura A4: Filtro Polarizador¹⁰.

Frequência, amplitude e comprimento de onda.

A **frequência** de uma onda é o número de oscilações completas que ela pode realizar em cada segundo. Uma onda eletromagnética pode ter frequências muito baixas, da ordem de 10^{Hertz} , como nas ondas de rádio, ou extremamente altas chegando à ordem de grandeza de 10^{22}Hertz , como no caso da radiação gama.

A frequência de uma onda está intimamente ligada à uma outra grandeza conhecida por **comprimento de onda** (λ). Quanto maior a frequência, menor será o comprimento de onda, e vice-versa, ou seja, trata-se de grandezas inversamente proporcionais. O comprimento de onda é a distância que separa dois valores repetidos num mesmo padrão de onda.

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

⁹Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Filtro_fotogr%C3%A1fico

¹⁰Disponível em: <https://pixabay.com/pt/filtro-circular-polarizador-luz-88424/>

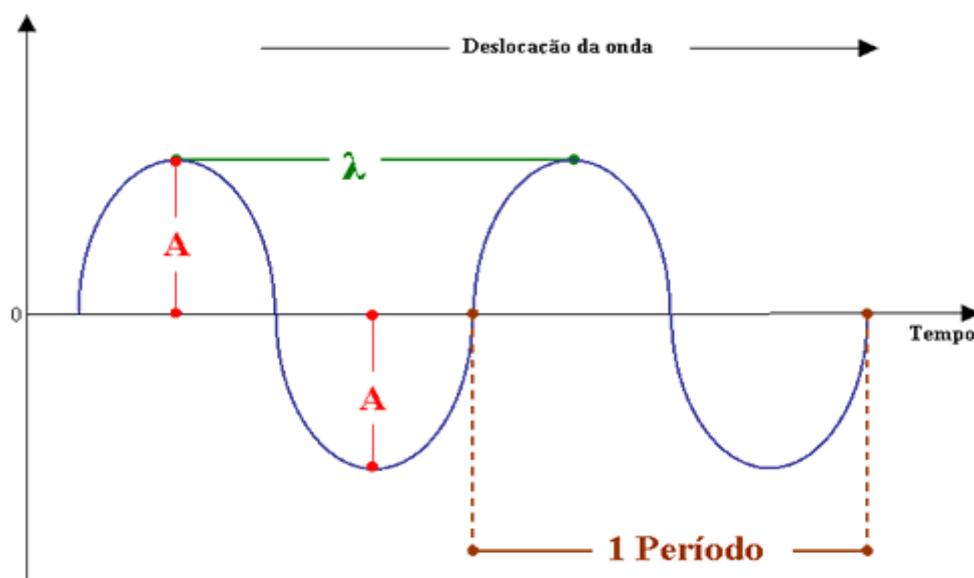


Figura A5: Características físicas de uma onda.

Outra característica importante de uma onda é a sua amplitude. A **amplitude (A)** está associada à energia que a onda transporta e pode ser representada pela maior distância que ela alcança a partir de seu eixo de equilíbrio. Imagine que estamos em um barco em alto mar. Num determinado momento passa por nós uma onda. Esta onda faz com que o barco suba a uma determinada altura, depois desça até certo ponto e por fim volta à sua posição de origem. O ponto mais distante que o barco alcançou em relação a sua posição de origem é o que chamamos de amplitude. Ondas com altas amplitudes carregam muita energia. Ondas com baixa amplitude carregam pouca energia.

O Espectro Eletromagnético

No sentido figurado a palavra espectro pode significar fantasma ou uma imagem incorpórea. Também pode significar a variedade de micro-organismos que um determinado remédio é capaz de combater. Já o espectro eletromagnético é definido na versão online do Dicionário da Língua Portuguesa Michaelis como “o âmbito inteiro de comprimentos de onda ou frequências de radiação eletromagnética que se estende dos raios gama até as ondas de rádio mais longas, incluindo a luz visível”, ou seja, para a física o espectro eletromagnético nada mais é do que a reunião de todas as radiações possíveis, nas mais variadas frequências e comprimentos de ondas.

✓ **A luz visível**

A retina do olho humano detecta ondas eletromagnéticas de frequências que vão de $4,0 \times 10^{14}$ Hz, para a luz vermelha, até $7,5 \times 10^{14}$ Hz, para a luz violeta. A partir do vermelho, com o aumento da frequência, temos na sequência as cores laranja, amarela, verde, azul, anil e violeta. É pertinente observar esta é a faixa que nós, humanos, somos capazes de enxergar e que é bem modesta comparada à totalidade do espectro eletromagnético.

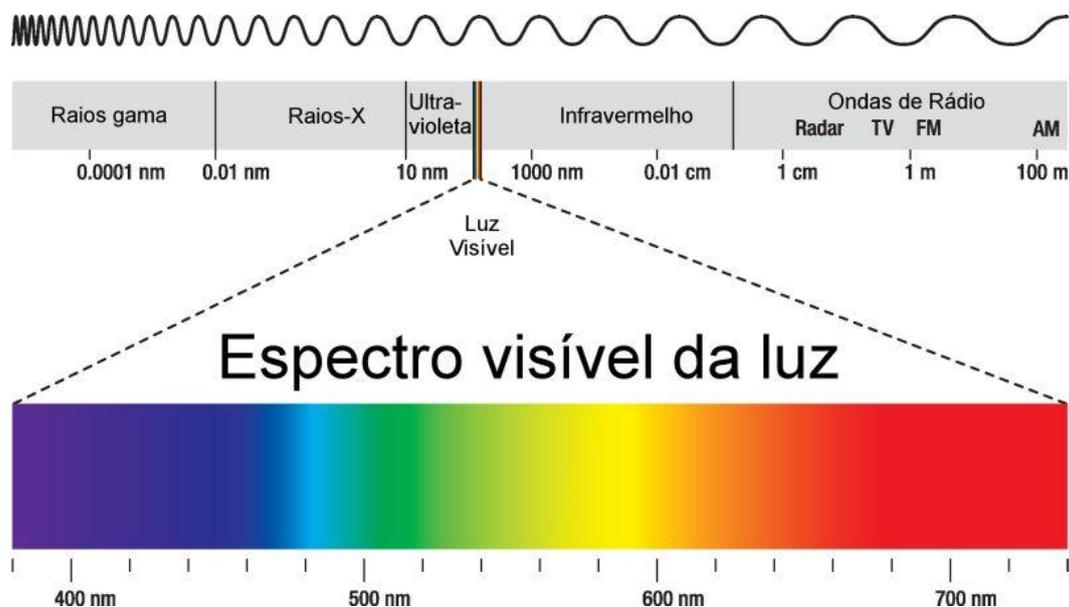


Figura A6: Espectro eletromagnético¹¹. Fonte: Infoescola.

Também é importante destacar que tudo que enxergamos emite ou reflete luz visível. Porém, deve-se deixar claro que um corpo qualquer pode emitir várias frequências de ondas bem distintas, além ou aquém daquelas que conseguimos enxergar, como, por exemplo, as frequências bem mais baixas do infravermelho, e outra, bem mais altas, como a da radiação gama. É válido destacar também que a fotossíntese das plantas ocorre graças à radiação da luz visível.

✓ As Ondas de Rádio e TV

As ondas de rádio podem ter frequência de 3 KHz (3 mil Hertz) a 3GHz (3 bilhões de Hertz) com seus comprimentos de onda variando de 10 km a 1 mm. Naturalmente essas ondas são geradas por raios e objetos astronômicos. Porém, elas podem ser criadas artificialmente para utilização em transmissões de rádio e TV, de satélites de telecomunicação, redes de computadores, radares entre outras tecnologias. Em 1887, quando estas ondas foram produzidas artificialmente pela primeira vez,

¹¹Disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>

Heinrich Hertz chamou-as de ondas aéreas ou indutivas. Mais tarde ficaram conhecidas como ondas hertzianas, em homenagem ao físico alemão.

No momento que tratamos de ondas de rádio é comum surgir dúvidas sobre o que difere as rádios AM e FM. AM é a sigla para “Amplitude Modulada”. Neste tipo de onda, sua frequência continua a mesma, porém, sua amplitude é modificada para que o seu rádio, ao captar outras ondas de mesma frequência, consiga diferenciá-las pela amplitude. Ondas de rádio AM têm como principal característica o seu longo alcance, já que elas são refletidas na ionosfera e assim podem alcançar antenas de recepção mais distantes, porém, a qualidade do sinal não é de boa por conta das interferências que podem sofrer durante a transmissão.

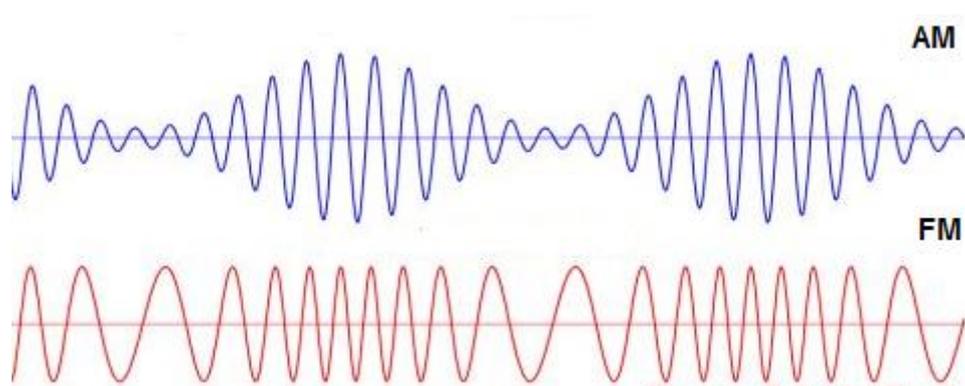


Figura A7: Ondas AM e FM¹². Fonte: Wikipédia.

Já a sigla FM significa Frequência Modulada. Neste caso é a frequência que diferencia os sinais. Estas ondas não alcançam distâncias muito grandes, porém a qualidade do sinal é muito boa. Sua amplitude não varia, como pode ser observada na ilustração acima.

✓ O Infravermelho

A radiação infravermelha foi descoberta no ano de 1800, pelo astrônomo inglês William Herschel. Ao querer medir a temperatura de cada cor no espectro visível, ele fez com que a luz do Sol, que passava por um orifício de um ambiente fechado, atravessasse um prisma e colocou um termômetro para cada cor e outro, logo após a luz vermelha, para medir a temperatura ambiente. Com esse experimento Herschel percebeu que este último termômetro apresentava uma temperatura mais alta que os demais. Tal observação o levou a crer na existência de frequências de luz que não seriam visíveis para os nossos olhos.

¹²Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_de_r%C3%A1dio

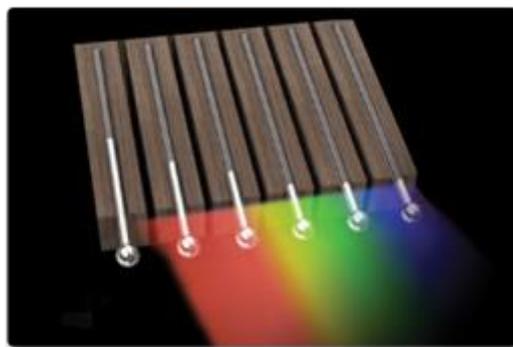


Figura A8: Experimento de William Herschel¹³.

A frequência da radiação infravermelha varia de 300 GHz (300 bilhões de hertz) a 400 THz (400 trilhões de hertz) e o comprimento de onda de 1 mm (1 milímetro) a 700 nm (700 nanômetro). O infravermelho é também conhecido como ondas de calor e é intensamente aplicado em tratamentos médicos e fisioterápicos. Muitos equipamentos de segurança, como sensores que disparam alarmes de segurança, abrem portas de edifícios públicos e mantém portas de elevadores abertas, são sensíveis a radiação infravermelha. Assim como as câmeras e filmadoras que registram imagens no escuro por meio do calor emitido pelos corpos.



Figura A9: Equipamentos sensíveis ao infravermelho¹⁴.

✓ O Ultravioleta

As ondas ultravioletas possuem frequência acima da luz visível. Esse tipo de radiação já carrega energia suficiente para excitar certas moléculas. Essa excitação pode modificar seu arranjo do DNA causando danos irreversíveis.

¹³Disponível em: <http://www.elqueloniovoador.blogspot.com.br/2012/06/ondas-infrarrojas.html>

¹⁴Disponível em: <http://www.aprenderciencias.com/2010/12/enchergando-radiacao-infravermelha.html>

O Sol é nossa maior fonte de radiação UV, que é dividida em três categorias: UVA, UVB e UVC. O UVA tem comprimento de onda de 320 nm a 400 nm e é mais abundante na superfície da Terra já que não é absorvido pela camada de ozônio da atmosfera. Os raios UVA chegam a camadas mais profundas da pele, sem causar queimaduras, porém, podem provocar envelhecimento precoce. Pelo fato de atravessarem facilmente a camada de ozônio, os raios UVA, mesmo em dias nublados, são tão abundantes como em dias ensolarados, necessitando igual cuidado com a pele.

Os raios UVB têm comprimento de onda um pouco menores de 280 nm a 320 nm, o que significa maiores frequências e maior energia. Esses raios são parcialmente absorvidos pela camada de ozônio da atmosfera, sendo mais abundantes em dias ensolarados, e podem causar vermelhidão e sardas na pele, cataratas nos olhos e, em caso de excessiva exposição podem aumentar o risco de câncer de pele.

Por fim, o UVC é o tipo de radiação ultravioleta mais nociva ao ser humano, porém, ela é totalmente absorvida pelas camadas superiores da atmosfera. Essa radiação, com comprimento de ondas menores que 280 nm, são produzidas artificialmente e utilizadas na esterilização de materiais cirúrgicos e no tratamento de águas devido às suas propriedades bactericidas.

É importante alertar que os raios ultravioletas também trazem benefícios à vida humana. A vitamina D, substância muito importante ao metabolismo do cálcio e do fósforo, é sintetizada pela pele somente quando há exposição aos raios ultravioleta. Porém, recomenda-se que essa exposição ocorra de forma moderada, preferencialmente em horários de menor incidência.

✓ **As Radiações Ionizantes**

Até aqui, todas as radiações apresentadas, são conhecidas como radiações não ionizantes, ou seja, não possuem energia suficiente para danificar células e seu material genético. A partir de agora passaremos a tratar de radiações com maior quantidade energia, suficiente para causar danos severos à saúde humana.

As radiações ionizantes consistem de ondas eletromagnéticas capazes de arrancar elétrons de átomos mudando assim sua estrutura. Esse tipo de radiação tem comprimento de onda extremamente pequeno, menores que os dos raios ultravioletas, e frequência extremamente alta. Os tipos de radiações ionizantes mais conhecidos são os raios X, usados em equipamento radiológico para fins médicos, e as radiações alfa (α), beta (β) e gama (γ), produzidas por núcleos de átomos instáveis. A radiação alfa provém

de núcleos de Hélio, emitidos por núcleos de elementos pesados e tem uma penetração curta, podendo ser facilmente blindada. A radiação beta é constituída por elétrons de alta energia emitidos por núcleos e é capaz de penetrar alguns milímetros em tecidos. Os raios gama são o tipo de radiação mais nociva aos seres vivos. Ela é constituída por fótons emitidos de núcleos atômicos com grande quantidade de energia e, por isso, de difícil blindagem e alto poder de penetração na matéria. Já os Raios X, muito utilizados em diagnósticos médicos e odontológicos, não provêm de núcleos. Eles têm sua origem nas camadas de elétrons dos átomos e seu poder de penetração é semelhante ao da radiação gama, sendo, portanto, de difícil blindagem.

2. Situações-problema como metodologia de ensino

Situações-problema surgem motivadas por ensejos reais e necessitam de uma solução em que se fará uso do conhecimento disponível pelos indivíduos envolvidos no processo. Podemos considerar que a todo instante de sua evolução a humanidade se viu diante de situações-problema que colocavam a prova toda cognição até então adquirida. As soluções dessas situações traziam novos entendimentos que contribuíram para a evolução científica da sociedade.

No campo da educação, as situações-problemas auxiliam na construção de conceitos, procedimentos e atitudes relacionadas a diversos campos das ciências. De acordo com Perrenoud (2002, p.114) essas situações “caracterizam-se por recortes de um domínio complexo, cuja realização implica mobilizar recursos, tomar decisões e ativar esquemas”. Podemos também definir situação-problema como uma “situação didática na qual se propõe ao sujeito uma tarefa que ele não pode realizar sem efetuar uma aprendizagem precisa.” (MEIRIEU 1998, p. 192). É essa aprendizagem que constitui o verdadeiro objetivo da situação-problema como metodologia de ensino.

As propostas didáticas orientadas por situações-problema incentivam no aluno a capacidade de pensar, de tomar decisões, de articular ideias, de montar esquemas, entre tantas outras. Essas habilidades são de grande importância para o desenvolvimento cognitivo do estudante tanto na área da ciência, quanto em outras áreas do conhecimento. Campos et al. (2012, p.5) afirmam que situações-problema devem instigar “o aluno a buscar estratégias para solucionar determinado desafio, além do desejo de alcançar um bom resultado, mesmo que isso não aconteça”. Considerando que a ciência é construída pelos desafios que a humanidade deve solucionar, podemos inferir que uma situação-problema pode ser caracterizada como uma atividade investigativa que leva o aluno a construir os passos que o levam ao conhecimento.

No processo de ensino e aprendizagem a situação-problema traz o foco das ações para as atitudes dos alunos no processo de investigação e não no conhecimento adquirido no fim do mesmo. Macedo (2002) afirma que uma situação-problema continua sendo um problema mesmo que a solução não seja a melhor possível.

Nesse sentido, é imprescindível frisar que a situação-problema não se resume à prática de se resolver exercícios de fixação em sala de aula. Para que uma pergunta se caracterize como situação-problema é necessário que não se tenha a resposta de

imediatamente e sim que se busque a solução por meio da pesquisa em diversas áreas do conhecimento.

Macedo (2002, p.116) considera que é “diferente propor uma situação problema para um trabalhador, adulto, uma criança de escola fundamental, um bebê, ou um adolescente.” Antes, é preciso saber quem é o indivíduo para quem se propõe a situação-problema. Conhecer seu contexto histórico, social e cultural. É importante também levar em consideração o grau de instrução que o indivíduo goza e quais recursos ele terá à sua disposição para buscar a solução do problema.

Quando o educador decide utilizar esta metodologia de ensino é necessário que ele considere alguns fatores que são de suma importância para o desenvolvimento do processo. Antes de tudo é conveniente investigar que tema poderia ser utilizado e que interesse ele despertaria nos alunos. Astolfi (1997 apud PERRENOUD, 2000, p. 42) afirma que “uma situação-problema é organizada em torno da resolução de um obstáculo pela classe”, obstáculo previamente definido e bem identificado.

Uma vez definido o tema, o próximo passo é elaborar a situação-problema de tal forma que se configure, de fato, num problema a ser investigado pelos alunos. É importante que eles se sintam desafiados a alcançar uma resposta para a questão proposta e, para isso, é importante que a situação proposta faça parte do universo temático dos mesmos. A artificialidade pode gerar uma frustração por parte dos alunos. Em contrapartida, uma situação muito densa e real pode elevar muito a necessidade de interferência do professor. Nessa escolha o professor também deve ter sensibilidade para não escolher temas que possam constranger algum aluno ou grupo de alunos.

Pietrocola (2003, apud Schmitz, 2004, p. 5), considera as seguintes características para a construção de uma situação-problema.

1. Percebido pelos alunos como um problema.
2. Adaptado ao nível de conhecimento dos alunos.
3. Suficientemente instigador para que os alunos sintam a necessidade de abordá-lo.
4. Executável no intervalo de tempo disponível.
5. Passível de abordagens multidisciplinares.
6. Percebido com alguma importância extraclasse.

Além dessas, Schmitz (2004, p.5), considera uma sétima característica que deve valorizar o lado humano. “Desta maneira, a aprendizagem passa a ser um processo que, além de novas informações, pode promover novos modos de perceber, de agir, de pensar e de ser.”

Fourez (1998, apud Schmitz, 2004, p.6), ainda destaca alguns aspectos favoráveis à organização das atividades que devem ser reconhecidas e valorizadas pelo professor. Primeiramente, o aluno pode interferir no andamento do projeto e o professor deve estar atento para não direcionar em demasia as atividades. É importante também, ser verificado o tempo disponível para as atividades, condições de aplicabilidade e técnicas a serem adotadas. Por fim, mas não menos importante, o professor deve estar ciente das fontes materiais de informações disponíveis para os alunos (bibliotecas, museus, laboratórios, etc), e das fontes humanas (professores, alunos, especialistas, comunidade, etc).

As contribuições que uma abordagem por situação-problema pode trazer para o ensino de ciências são diversas. Campos et al. (2012), ressalta algumas delas ao afirmar que na aprendizagem norteada por situações-problemas o aluno explora conceitos, experimenta, testa e pensa de forma lógica, se apropriando dos meios de construção do conhecimento científico. Na compreensão da ciência é necessário que o aluno saiba não só interpretar os fenômenos da natureza, mas também relatar aquilo que foi apreendido.

A ciência percorre caminhos que buscam atender os ensejos da sociedade e nesta evolução existem muitos obstáculos a serem transpostos. De forma equivalente uma situação-problema deve revelar-se aos alunos como uma barreira a ser vencida e para isso é necessário que o discente efetue uma aprendizagem precisa para vencer tal obstáculo (MEIRIEU, 1998). Assim, pode-se entender que o aluno ao se sentir instigado a buscar uma solução para uma situação-problema que envolva conceitos físicos experimenta um processo similar ao papel de um cientista que em seu cotidiano necessita pensar, organizar e esquematizar ideias e buscar maneiras de encontrar respostas para questões ainda controversas.

3. Proposta para roteiro de uma sequência didática orientada por uma situação-problema

A sequência didática aqui proposta visa abordar o tema ondas eletromagnéticas numa perspectiva multidisciplinar que envolve, não apenas conhecimentos das ciências naturais, mas também de outras disciplinas como português, história, geografia etc. Se levarmos em consideração todos os aparelhos eletroeletrônicos que fazem parte de nossas vidas, seja nas telecomunicações, na medicina, nas tarefas do trabalho e do lar e no laser, além, é claro, do Sol nos bombardeia o tempo todo com uma vastidão de ondas eletromagnéticas, podemos concluir que vivemos em um mundo imerso em ondas. Por isso, escolhemos para esta sequência didática uma situação-problema, que será apresentada adiante, que irá possibilitar aos alunos investigar este tema de forma a conhecer a importância e o impacto dessas ondas em nossas vidas e os riscos que elas podem acarretar para nossa saúde. Além disso, por meio da investigação da situação-problema eles terão a oportunidade de desenvolver algumas competências e habilidades, tais como: pensar e tomar decisões, articular e esquematizar ideias, trabalhar em grupo, comunicar na forma oral e escrita, entre outras, fundamentais para a vida social.

A sequência didática foi elaborada para ser desenvolvida em quatro aulas, sendo que as duas últimas podem necessitar de mais de um módulo-aula de cinquenta minutos. Consideramos que não há necessidade de uma abordagem prévia do conteúdo, que será desenvolvido na sequência das atividades pelos próprios alunos. As aulas devem ser organizadas da seguinte forma:

- Aula 1 – Ambientação e apresentação da situação-problema;
- Aula 2 – Definição dos “subtemas” de pesquisa e estratégias de investigação pelos grupos;
- Aula 3 – Apresentação dos resultados da pesquisa realizada;
- Aula 4 – Apresentação de vídeos de divulgação do tema estudado para a comunidade;

A seguir apresentamos uma proposta para o desdobramento dessas aulas.

1ª Aula

A primeira aula da sequência deve ser utilizada para a apresentação da situação-problema. De antemão é importante lembrar que esta atividade foi elaborada para ser aplicada antes de qualquer abordagem formal do conteúdo de ondas eletromagnéticas. O

professor deve introduzir o tema a partir de algumas indagações sobre ondas para que os alunos possam expor possíveis conhecimentos prévios. Podem-se mostrar a eles slides com imagens de aparelhos domésticos que façam uso de ondas eletromagnéticas, tais como: forno de micro-ondas, televisores, rádios, computadores, aparelhos de telefonia celular, entre outros. Sugerimos também a apresentação de uma imagem do Sol, de antenas de TV e telefonia, bem como aparelhos de raios X e ressonância magnética. Depois desta exposição, o professor deve questionar os alunos sobre o que há de comum entre todas as imagens projetadas.

Na sequência, os alunos podem ainda ser questionados sobre a função dos dispositivos apresentados, o princípio de funcionamento e a importância deles em nossas vidas. Depois devem ser trabalhadas as representações de ondas. Para isso, podem ser projetadas imagens de ondas no mar e de representações comumente usadas nos campos da ciência, escolar e cotidiano e, a partir dessas imagens, questionar os alunos sobre o que eles consideram ser uma onda e as formas de identificá-las. Neste momento o professor pode inserir a ideia de “espectro” como aquilo que não se pode ver e, partir daí, falar sobre a possibilidade de um espectro de ondas. Esta parte pode ser encerrada com alguns comentários sobre semelhanças e diferenças entre os diversos tipos de onda.

A partir deste momento já temos a revelação do fenômeno que será abordado e isso abre espaço para outros questionamentos que irão orientar a formulação da situação-problema. Para isso, o professor deve selecionar matérias de jornais, revistas e TV que abordem o tema de forma controversa, como as matérias que alertam sobre os perigos das ondas eletromagnéticas para a saúde humana. Vejamos alguns exemplos:



Figura 1: Matéria sobre o perigo da radiação emitida por telefones celulares¹⁵.



Figura 2: Matéria sobre os riscos das estações de rádio base¹⁶.



Figura 3: Matéria sobre o desastre de Fukushima.¹⁷

¹⁵ Disponível em: <http://olhardigital.uol.com.br/noticia/vivo-e-tim-devem-informar-clientes-sobre-radiacao-de-celulares/46883>

¹⁶ Disponível em: <http://noticias.band.uol.com.br/cidades/noticia/?id=100000445149>

É interessante também mostrar vídeos e matérias de TV, facilmente encontradas na internet, como, por exemplo, a reportagem a seguir que trata dos possíveis riscos que as micro-ondas emitidas por telefones celulares podem causar. A ideia de toda essa introdução é fazer com que o aluno perceba o assunto como relevante para ele e para outras pessoas.



Figura 4: Reportagem sobre efeitos das micro-ondas de celular¹⁸

Feita a introdução, chega o momento de apresentar a situação-problema aos alunos:

Muitos de nós já ouvimos dizer que o uso de celulares e outros aparelhos eletrônicos que emitem radiações podem causar danos à saúde humana. Mas, o que há de verdade nessas informações? Com o avanço da tecnologia o homem está cada vez mais exposto aos campos eletromagnéticos e muitos estudos estão sendo realizados para saber sobre as possíveis consequências dessa superexposição para todos os organismos vivos do planeta.

Hoje, literalmente, vivemos mergulhados em um mar de ondas eletromagnéticas, não importa onde estejamos. Somos bombardeados o tempo todo por radiações eletromagnéticas produzidas por celulares, notebooks, tablets, torres de rádio e TV, aparelhos de microondas e outras inúmeras engenhocas que fazem parte

¹⁷ Disponível em: <https://noticias.terra.com.br/mundo/radiacao-do-desastre-em-fukushima-e-detectada-no-canada,b2e7e189d809c410VgnCLD200000b2bf46d0RCRD.html>

¹⁸ Disponível em: <http://g1.globo.com/fantastico/noticia/2015/08/estudo-mostra-que-radiacao-de-celulares-pode-ser-prejudicial-saude.html>

do nosso cotidiano. Mesmo com tanta tecnologia, será que estamos seguros? Quais são os verdadeiros riscos de se viver em um mundo imerso em ondas?

Depois dessa apresentação, o professor deverá indicar aos alunos a forma como a situação-problema será abordada. Para isso, sugerimos que os alunos sejam organizados em grupos com 4 a 5 integrantes. Cada grupo deverá escolher um “subtema” que os direcionem para uma investigação mais pontual. A título de exemplo, podem ser sugeridos alguns “subtemas”, tais como: Micro-ondas, Radiação Solar, Antenas de telefonia celular, Radiação na medicina, Radiação na alimentação, etc. É importante deixar claro que são apenas sugestões e que cada grupo tem total liberdade para escolher o “subtema” que irá abordar. Ao término da 1ª aula o professor deve apresentar a tarefa para a aula seguinte. Cada grupo deverá apresentar oralmente o “subtema” escolhido indicando como pretendem investigá-lo e os objetivos que pretendem alcançar. O professor também deve definir um intervalo tempo entre a primeira e a segunda aula coerente com a tarefa proposta. O tempo para apresentação de cada grupo irá depender do tamanho da turma e do número de grupos.

O professor deverá apresentar também um cronograma das etapas que irão compor a sequência didática. Se, possível, deve ser entregue aos alunos um material impresso com o cronograma e as orientações necessárias.

2º Aula

Na segunda aula cada grupo deve ter o intervalo de tempo definido pelo professor para apresentar seu pré-projeto. Após as apresentações deve-se reservar um momento para o esclarecimento de dúvidas e troca de sugestões sobre a continuidade das investigações entre os grupos.

Nesta aula deve-se discutir também o formato do trabalho escrito que deverá ser entregue ao final da pesquisa. Apresentamos como sugestão modelo apresentado no Apêndice III. A ideia é se aproximar de um relatório de pesquisa, no qual os alunos devem indicar os objetivos, os métodos, os resultados obtidos e as conclusões a que chegaram. É importante que os alunos percebam que essas informações devem ser redigidas de forma clara e precisa sem excessos, mas também sem omissão de informações. Pode-se utilizar alguns relatórios de pesquisa como exemplo.

Além do trabalho escrito os alunos devem ser orientados também sobre a elaboração de uma apresentação oral que deverá ser feita para toda a turma. Caso o

grupo necessite de algum equipamento especial para esta apresentação o professor deverá ser informado.

3ª Aula

O terceiro encontro será aberto com a entrega dos relatórios e a apresentação dos resultados das pesquisas. O tempo de apresentação para cada grupo não deve ultrapassar quinze minutos. É interessante que o professor reserve cinco minutos ao final de cada apresentação para perguntas, esclarecimentos e dúvidas.

Terminada as apresentações, os grupos devem ser instruídos sobre a última tarefa que será a produção do material de divulgação dos resultados obtidos. Este material pode ser na forma de panfletos informativos ou vídeos. É importante que eles sejam orientados a preparar um material que possa ser divulgado para a população de um modo geral. Por isso, devem ser simples, objetivo e fazer uso correto da linguagem. Caso haja exposição de imagens de pessoas, seja por foto ou vídeo, os alunos devem ser orientados a solicitar a autorização por escrito. A escolha do tipo de material de divulgação pode ser feita pelo professor ou, se ele julgar conveniente, deixar com que cada grupo faça a sua escolha.

4ª Aula

A ideia é de que esta aula seja uma aula aberta para toda a comunidade escolar, na qual os alunos tenham a oportunidade de apresentar o material de divulgação de suas pesquisas. No caso de panfletos, sugere-se que seja feita a panfletagem no bairro que sedia a escola. No caso de vídeos é possível promover um festival de curtas metragens, convidando membros da comunidade escolar como jurados. Havendo autorização de todos os envolvidos, o material produzido também pode ser divulgado no site da escola, em redes sócias e em sites de hospedagens de vídeos, quando for o caso. O importante aqui é dar visibilidade ao trabalho realizado, valorizando ainda mais o envolvimento dos alunos.

Recomendações e Resultados Esperados

É importante que a situação-problema seja, de fato, relevante para os alunos para que eles se sintam instigados a investigá-la e motivados a buscar uma solução para o

problema apresentado. Para que isso ocorra, todo cuidado deve ser tomado na escolha do problema que irá compô-la e na forma como esse problema será apresentado aos alunos. Nesse sentido, é recomendado que o professor, antes de definir o tema, indague os alunos sobre aquilo que estão pensando para perceber o quão relevante é aquele tema para os alunos, o quanto ele se vincula ao círculo de interesse deles.

No primeiro encontro, após a revelação da situação-problema é imprescindível que o professor apresente à turma o cronograma de todas as ações que serão desencadeadas por ela, se possível já indicando as datas em que elas irão ocorrer. A definição dos grupos de trabalho também é muito importante. Dependendo da turma, esta escolha pode ficar por conta dos próprios alunos. Em outros casos, o professor pode fazer a escolha ou definir por sorteio. O importante é que a organização desses grupos favoreça a dinâmica do trabalho. O professor deve ficar atento a essa dinâmica durante todo o processo e caso perceba que algum grupo não alcançará um bom rendimento poderá propor alguma modificação.

No segundo encontro, é esperado que os alunos apresentem os “subtemas” e a forma como pretendem realizar as investigações. É preciso estar aberto às propostas de novos “subtemas” que contemplem o problema abordado. Nesse processo, o professor deve assumir o papel de mediador deixando a tomada de decisão sempre por conta dos alunos. No caso do tema deste trabalho, apesar de envolver aspectos multidisciplinares, é importante não esquecer que se trata do estudo de um fenômeno físico e que, por isso, devem ser valorizados os aspectos físicos do problema investigado. Para isso, sugerimos que a proposta de roteiro para o trabalho escrito apresente uma seção dedicada aos aspectos físicos do fenômeno investigado.

A entrega do trabalho escrito e a apresentação dos resultados são ações que devem ser valorizadas por todos os grupos. O professor deve estipular com antecedência o tempo máximo de apresentação para cada grupo e incentivar a apresentação de questões e solicitações de esclarecimentos pelos demais alunos. Também é importante o retorno que o professor deve dar ao trabalho escrito, mesmo que posterior às apresentações.

Na aplicação feita para validar esta sequência didática, foi solicitado aos alunos que produzissem vídeos informativos. Esses vídeos foram produzidos em diversos tipos: depoimentos, entrevistas, telejornais e vídeos informativos. Porém, não houve uma orientação prévia quanto ao formato e a qualidade desse material. Isso causou dificuldades na hora da apresentação (formatos que não abriam no computador da

escola, baixa qualidade de áudio, etc.). Por isso, julgamos interessante que sejam definidos padrões mínimos, tanto para vídeos, quanto para qualquer outro material de divulgação que possam ser seguidos por todos os grupos. Isto irá favorecer, até mesmo, a divulgação do material.

Algumas considerações

Temos a convicção de que trazer a ciência para mais próximo da vida do aluno é um importante caminho para despertar seu interesse por esta área de conhecimento. Porém, entendemos que só isso não basta. É preciso também transformá-lo em agente ativo na busca de seu próprio conhecimento e não deixá-lo apenas na condição de ouvinte e receptor passivo de informações. Nesse sentido, defendemos o uso de situações-problema por se tratar de uma metodologia que, quando bem conduzida, leva o aluno a pensar, questionar, tomar decisões, interagir com os colegas, saber verbalizar e argumentar em defesa de suas ideias, ou seja, adquirir a necessária autonomia na busca do conhecimento.

A sequência didática baseada em situação-problema não se preocupa apenas com as respostas que serão dadas ao final do processo, mas, principalmente, em como se dará todo o processo que levará a uma resposta. O objetivo principal do ensino de ciências por meio de situações-problema é desenvolver habilidades e competências que levem os alunos a saberem lidar com esse tipo de situação em seu dia a dia, a compreender como se faz ciência e enxergá-la de uma forma menos fragmentada diferente daquela que costuma ser tratada nos livros didáticos e nas aulas tradicionais.

Apêndice II

Pesquisa de Opinião Sobre Radiação

Assinale seu grau de concordância com as afirmativas da coluna da esquerda, de acordo com a escala abaixo:

- A. Concordo Totalmente;
- B. Concordo;
- C. Nem concordo e nem discordo;
- D. Discordo;
- E. Discordo Totalmente.

Estudos recentes afirmam que o uso excessivo de filtro solar tem sido responsável pela deficiência de vitamina D em algumas pessoas. E para aumentar a polêmica em torno do assunto estabelecem que devemos tomar o sol do meio dia por pelo menos 20 minutos para evitar tal carência.	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Com a escassez de chuva dos últimos anos, as hidrelétricas têm diminuído consideravelmente a produção de energia. Com isso percebe-se uma necessidade de mudanças na matriz energética do país. Uma saída para esse problema seria o investimento maciço em energia nuclear, por meio da construção de mais usinas term nucleares, pois o risco de vazamento de radiação é mínimo e essas usinas são capazes de produzir uma grande quantidade de energia elétrica.	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Especialistas afirmam que protetores solar com fator de proteção nº 30 aplicados corretamente são capazes de oferecer 96% da proteção máxima. Isso significa que não faz sentido utilizar filtros solares com fator de proteção maior que 30 porque, a partir daí, o ganho de proteção seria mínimo.	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Estudos desenvolvidos por cientistas ucranianos afirmam que as micro-ondas emitidas por aparelhos celulares podem ser prejudiciais à saúde humana. Por esse motivo o uso de aparelhos celulares deveria ser restringido ao máximo.	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
O bronzeamento artificial realizado com câmaras de radiação ultravioleta pode aumentar em até 75% as possibilidades de aparecimento de um melanoma (câncer de pele). Por isso, o governo deve proibir totalmente a venda e o uso dessas câmaras.	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Grande parte dos alimentos produzidos no Brasil é desperdiçada por maturação excessiva ou envelhecimento. Uma boa saída para diminuir esse desperdício seria tratar esses alimentos por irradiação.	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)

Nesse processo os alimentos são submetidos a um banho radioativo que retarda os processos naturais de brotamento, maturação e envelhecimento sem contraindicação para a saúde humana.					
Os raios-X são um processo de diagnóstico de fraturas e lesões internas totalmente seguro. Não importa quantas radiografias que pessoa faça ao longo de sua vida que a radiação recebida sempre será eliminada pelo organismo.	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)

Apêndice III

Modelo de projeto

Nome da Escola

Projeto de Pesquisa:
Quais os riscos de se viver em um mundo imerso em ondas
eletromagnéticas?

Título do Trabalho

Autores:

Local
ano

Folha de Rosto

Título do Trabalho

Nomes dos participantes:

Professor Orientador:

Área relacionada ("subtema"):

Local
ano

Corpo do Trabalho

Justificativa

Nesta seção o grupo deve apresentar a justificativa para a escolha do “subtema” do trabalho e apontar a importância do mesmo no campo da ciência e da tecnologia, destacando as controvérsias que o envolve.

Metodologia

Aqui deve ser explicada a forma como a investigação conduzida com o máximo de detalhes possíveis, indicando as fontes de informação, a divisão de tarefas, as discussões e análises.

Resultados

Este é o momento de mostrar o que resultou da análise de todas as informações obtidas pelo grupo, inclusive daquelas que ressaltam as controvérsias sobre o tema. É importante destacar também os aspectos físicos do tipo de onda investigada (frequência, amplitude, comprimento de onda, fontes, etc.), sua localização no espectro eletromagnético e a relação dessas características com o fenômeno investigado.

Conclusões

Aqui deve ser relatado o desfecho da investigação. A que conclusões o grupo chegou? Ainda há controvérsia sobre o tema? Quais as implicações dessas conclusões para a sociedade? Quais as recomendações do grupo?

Referências

Por fim, a equipe deve apontar todas as referências utilizadas na investigação (livros, sites, revistas, documentários, etc.). Veja alguns exemplos:

Formato físico:

SOBRENOME, Nome. *Título da Obra*. Volume/Edição (se houver). Cidade: Editora, ano.

Exemplos:

EINSTEIN, Albert. *Como Vejo o Mundo*. 17.ed. Tradução: H. P. Andrade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

GONÇALO JÚNIOR. Rede de Intrigas. *Pesquisa Fapesp*. São Paulo, n.147, p.106-109, maio 2008.

Formato eletrônico:

AUTORIA. *Título do arquivo ou serviço*. Descrição do site. Disponível em: <endereço eletrônico>. Acesso em: dia, mês e ano.

Exemplo:

WIKIPÉDIA. *Globalização*. Enciclopédia Eletrônica Virtual. Disponível em: . Acesso em: 09 de agosto de 2008.