

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

JOSIVALDO CHAVES COSTA

DISPOSITIVOS DE EMISSÃO E RECEPÇÃO DE RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS
NO PROCESSO DE ENSINAGEM DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

MARABÁ-PA
2022

JOSIVALDO CHAVES COSTA

DISPOSITIVOS DE EMISSÃO E RECEPÇÃO DE RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS
NO PROCESSO DE ENSINAGEM DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Sociedade Brasileira de Física, polo da Universidade Federal do Sul e sudeste do Pará como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio

Orientador: Profa.: Dra. Fernanda Carla Lima Ferreira

MARABÁ-PA
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Biblioteca Setorial Campus do Tauarizinho

- C837d Costa, Josivaldo Chaves
 Dispositivos de emissão e recepção de radiações
 eletromagnéticas no processo de ensinagem da física no ensino
 médio / Josivaldo Chaves Costa. — 2022.
 127 f. : il. color.
- Orientador(a): Fernanda Carla Lima Ferreira.
 Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Sul e
 Sudeste do Pará, Instituto de Ciências Exatas, Mestrado Nacional
 Profissional em Ensino de Física, Marabá, 2022.
1. Física - Estudo e ensino. 2. Eletromagnetismo. 3.
 Educação - Métodos experimentais. I. Ferreira, Fernanda Carla
 Lima, orient. II. Título.

CDD: 22. ed.: 530.07

Elaborado por Adriana Barbosa da Costa – CRB-2/994

Josivaldo Chaves Costa

DISPOSITIVOS DE EMISSÃO E RECEPÇÃO DE RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS
NO PROCESSO DE ENSINAGEM DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará para conclusão do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

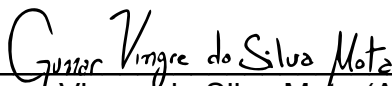
Marabá, 24 de agosto de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Fernanda Carla Lima Ferreira (Orientadora/UNIFESSPA)

Profa. Dra. Maria Liduína das Chagas (Avaliadora Interno/UNIFESSPA)



Prof. Dr. Gunar Vingre da Silva Mota (Avaliador externo/UFPA)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, à força sobrenatural de todo o universo, que eu chamo de Deus, fonte de toda ciência e sabedoria, que me inspira através da fé e da esperança para buscar e alcançar todos os meus objetivos.

A minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Fernanda Carla Lima Ferreira pelo incentivo e orientação no estudo deste tema.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF), que criou o MNPEF, oportunizando aos professores da educação básica a formação em nível de mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pela bolsa concedida e incentivo financeiro a este programa de Pós-Graduação.

Aos professores do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), pelo compartilhamento de conhecimentos e trocas de experiências.

A minha amada esposa Sandra Maria Alves Chaves que sempre me apoiou e incentivou neste desafio.

Aos meus filhos Junnyldo Kersei, Roni Kauan e Julianne kalley pelo estímulo em buscar novos desafios.

A EEEM Luis Magno de Araújo, na pessoa do Diretor Francisco Neves por abrir as portas para aplicação do produto educacional.

A Prof^a. Hanyeeth Milhomem, que exerce a docência da disciplina de Física na EEEM Luis Magno de Araujo.

Aos meus colegas da turma 2020.1 do MNPEF.

A todos que direta ou indiretamente, ajudaram na conclusão deste trabalho.

RESUMO

O indivíduo aprende de maneira significativa quando recebe uma informação que tem relação com algum conhecimento que ele já possui de forma relevante, e que, ambas passam a interagir de forma específica mantendo uma conexão. Sob o aspecto cognitivo do aluno, os conhecimentos da existência de tantos equipamentos e dispositivos que foram construídos e desenvolvidos através das descobertas dos fenômenos físicos, é algo relevante para um processo de ensino e aprendizagem. Estes conhecimentos poderão servir de subsunçores para novas informações referentes à Física Moderna e Contemporânea, mas especificamente nos estudos sobre as radiações eletromagnéticas e suas aplicações. Este trabalho pretende trazer uma reflexão como é concebida a aprendizagem significativa e propor maneiras de trabalhar o Ensino de Física no Ensino Médio, a partir das descobertas feitas nesta ciência no final século XX e nas primeiras décadas do século XXI, na Escola Pública. O objetivo deste trabalho foi elaborar um manual de aulas experimentais para conectar teoria e prática, composto de nove aulas práticas utilizando desde um objeto simples como uma vela de parafina acesa, emissores de luz invisível e luz visível, emissor de raio laser, rádio de pilha e prisma de cristal. Com isto, promover aulas de Física mais atrativas e, facilitar o entendimento, gerando aprendizagem significativa.

Palavras chaves: Radiações eletromagnéticas, Aulas experimentais, Ensino de Física, Ensino Médio.

ABSTRACT

The individual learns significantly when he receives information that is related to some knowledge that he already has in a relevant way, and that both start to interact in a specific way, maintaining a connection. From the student's cognitive aspect, the knowledge of the existence of so many equipment and devices that were built and developed through the discoveries of physical phenomena, is something relevant to a teaching and learning process. This knowledge may serve as subsumers for new information regarding Modern and Contemporary Physics, but specifically in studies on electromagnetic radiation and its applications. This work intends to bring a reflection on how meaningful learning is conceived and to propose ways of working with Physics Teaching in High School, based on the discoveries made in this science in the late 20th century and in the first decades of the 21st century, in the Public School. For this, it elaborates a manual of experimental classes to connect theory and practice, composed of nine practical classes using from a simple object such as a lit paraffin candle, invisible and visible light emitters, laser beam emitter, battery radio and prism of crystal. With this, promote more attractive Physics classes and facilitate understanding, generating meaningful learning.

Keywords: Electromagnetic radiation, Experimental classes, Teaching Physics, High School.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação das ondas	26
Figura 2: Espectro eletromagnético, destaque na região da luz visível.....	27
Figura 3: Medida da temperatura das regiões de luz visível e invisível após o vermelho	29
Figura 4: Sistema usado para gerar onda eletromagnética na faixa de rádio	30
Figura 5: Emissão estimulada de um fóton por um fóton incidente de energia.	32
Figura 6: Diagrama esquemático de um equipamento de emissão de laser	33
Figura 7: Faixa de luz visível	34
Figura 8: a- A primeira radiografia da história. b- Esquema simplificado de uma ampola de raios X	35
Figura 9: Distinção das regiões das cores e a região do infravermelho	49
Figura 10: Ajuste da emissão de calor e percepção da variação de intensidade	49
Figura 11: Níveis de energia em uma chama de vela	50
Figura 12: Imagem do movimento ondulatório da luz.....	51
Figura 13: Enxergando o sinal de infravermelho	52
Figura 14: Perfil topográfico dos níveis de energia emitidos pela lâmpada incandescentes	52
Figura 15: Perfil topográfico de um raio laser	53
Figura 16: Gerando ondas de rádio por curto-circuito	54
Figura 17: Refração de luz branca	55
Figura 18: EEEM Luis Magno de Araújo	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Cronograma de aplicação do produto educacional	41
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultado das quatro perguntas sócioeconômicas	57
Gráfico 2: Porcentagem de alunos que gostam de estudar Física	58
Gráfico 3: Aulas por semana e conhecimento do tema estudado.....	59
Gráfico 4: Conhecimento sobre emissores de ondas eletromagnética.....	60
Gráfico 5: Respostas das questões relacionadas aos recursos e formas de ensinar Física	60
Gráfico 6: Nível de relevância e aceitação dos experimentos	62
Gráfico 7: Nível de aceitação do manual e da sequência dos experimentos.....	62
Gráfico 8: Capacidade das aulas experimentais em envolver e explicar	63
Gráfico 9: Questões pertinentes aos conteúdos estudados.....	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Geral	15
1.2.2	Específicos	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	A TECNOLOGIA NO CONTEXTO SOCIAL	16
2.2	O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO	17
2.2.1	Considerações no cenário atual	17
2.2.2	Inserção da FMC no EM	18
2.2.3	Em que momento deve ser inserido radiações eletromagnéticas no EM	19
2.3	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	20
2.4	RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS	24
2.4.1	As equações de Maxwell e as ondas eletromagnéticas	24
2.4.2	O espectro eletromagnético e as características das ondas de luz	26
2.4.3	O infravermelho	28
2.4.4	As ondas de rádio	29
2.4.5	O raio laser	31
2.4.6	A luz visível	33
2.4.7	Raios X	35
2.4.8	A apresentação das ondas eletromagnéticas	36
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICO	38
3.1	O MANUAL DE AULAS EXPERIMENTAIS	38
3.2	ESTRATÉGIA DIDÁTICA	39
3.3	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	40
3.3.1	Público contemplado	40
3.3.2	Cronograma das etapas de aplicação do produto	40

3.3.3	Estrutura e Método aplicado no pré teste	42
3.3.4	Método aplicado nas aulas práticas.....	42
3.3.5	Tempo para a aplicação do produto educacional	43
3.3.6	Desenvolvimento e observações do produto educacional	44
3.4	ESTRUTURA DO PÓS-TESTE	47
3.5	OS OBJETIVOS DAS AULAS EXPERIMENTAIS.....	47
3.5.1	Aula experimental 01: Análise da chama de uma vela.	49
3.5.2	Aula experimental 02: Percebendo o infravermelho.	49
3.5.3	Aula experimental 03: Verificando a topografia dos níveis de energia (radiação) em uma chama de vela.	50
3.5.4	Aula experimental 04: Enxergando as ondas eletromagnéticas em um feixe de luz.....	51
3.5.5	Aula experimental 05: Enxergando a radiação infravermelha emitida por controle remoto.....	51
3.5.6	Aula experimental 06: Visualizando o perfil das ondas eletromagnéticas em uma lâmpada de filamento (incandescente).	52
3.5.7	Aula experimental 07: Verificando a topografia de um raio laser.	53
3.5.8	Aula experimental 08: Geração de ondas de rádio.	53
3.5.9	Aula experimental 09: Refração de luz branca.	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1	RESPOSTAS DAS QUESTÕES DO PRÉ-TESTE	56
4.2	RESPOSTAS DAS QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE.....	61
5	CONCLUSÃO.....	66
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICES	71
	APÊNDICE A	71
	APÊNDICE B	75
	APÊNDICE C	77
	MANUAL DE AULAS EXPERIMENTAIS	77

1 INTRODUÇÃO

Os desenvolvimentos tecnológicos e científicos trouxeram ganhos significativos para a humanidade, seja no campo das engenharias, do meio ambiente, da medicina, da informação e comunicação. Dentre esses ganhos, destaca-se a aproximação e utilização cada vez maior de equipamentos e ferramentas de uso no cotidiano da maior parte da população. A juventude estudantil se mostra atenta e esperta para as grandes descobertas e construções na área tecnológica, mas não consegue associá-la aos conteúdos do currículo escolar, uma vez que estes, não têm sido atualizados conforme a estruturação e aplicação das tecnologias.

É de conhecimento geral que o Ensino de Física (EF) no Ensino Médio (EM), sobretudo, da escola pública, é desenvolvido sobre as bases do tradicionalismo das aulas com pincéis e quadro branco, em que a ênfase dada é a conceituação, leis e fórmulas sem articulação, e distanciadas do mundo cotidiano dos alunos, que são abastecidos de teorias e abstrações. O formalismo matemático muito presente na didática de sala de aula através fórmulas, que nem sempre, trazem um significado físico efetivo. Insistindo na resolução de exercícios repetitivos na intuição que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através de habilidades adquiridas.

É evidente a escassez da prática experimental, seja pela falta de laboratórios de Física na maioria dos estabelecimentos de ensino público, que seja, por indisponibilidade de recursos financeiros e tecnológicos. Valadares (2001) destaca que a falta dos recursos financeiros e o pouco tempo que os educadores dispõem para conceber aulas mais atraentes e motivadoras sejam fatores que contribuam para o cenário dominante nas escolas, talvez o obstáculo mais decisivo seja de natureza cultural, não só da Física, mas, principalmente das ciências como um todo.

Por fim, é observado uma educação conteudista que tem dispensado a contextualização e aplicação da ciências no ambiente social.

Apesar de documentos oficiais (MEC - Orientações curriculares para o Ensino Médio, 2000) e (MEC - Parâmetros curriculares nacionais, 2006) indicarem a inclusão de alguns tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) na grade de conteúdos do EM, não se percebe o desenvolvimento dos estudos desses temas nas salas de aulas durante o EF, tanto porque faltam formações continuadas aos professores, a fim de prepará-los para tal fim, quanto por falta de recursos didáticos nas unidades

escolares. Sendo assim, o aluno não consegue enxergar a ligação da Física com sua realidade e, conseqüentemente, a necessidade de estudar esta disciplina.

Se faz necessário avaliações e novos olhares a fim de saber como ensinar Física de maneira que proporcione a melhor compreensão da natureza e seus fenômenos para uma formação mais adequada para a cidadania de cada jovem aluno. Embora não havendo soluções simples ou únicas, nem receitas prontas que garantam o sucesso no EF, os professores de cada Escola, dentro da realidade social dos seus alunos precisam enfrentar esta situação de forma a suprir a carência do “fazer e viver ciência” no processo educativo. Não bastando para isso, a simples elaboração de novos tópicos ou listas de conteúdos, mas desenvolver o EF com novas ações de maneira a promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida social dos estudantes, fazendo estes perceberem os significados nos momentos em que aprendem, e não em tempos posteriores quando estes já estão nos seus momentos profissionais, em que aprendem pelo empirismo da realidade vivida, mas algumas vezes de maneira distorcida.

O conhecimento da Física não é suficiente apenas como objetivo, também deve ser entendida como um instrumento, ou seja, um meio que leve à compreensão do mundo de maneira prática, e que permita a ultrapassagem do interesse imediato. Como o EM é uma fase própria do desenvolvimento cognitivo dos jovens estudantes, o entedimento da Física traz características específicas que certamente poderá favorecer construções ricas em abstrações e generalizações no sentido prático e conceitual.

Considerando o momento em que estamos vivendo das muitas transformações e evoluções da tecnologia, devemos ter um cuidado especial em promovermos a autonomia para o aprendizado pois, o conhecimento de profissões futurísticas ainda pode estar em processo de geração, e a busca independente do saber possibilitará a apropriação de competências da formação cidadã. Uma vez que, habilidades e competências são adquiridas com ações e experiências, é preciso direcionar o estudante para certos olhares na realidade física, que podem ser desenvolvidas em temas diferentes com formas diferentes, adequando-os aos contextos de desenvolvimento. Portanto, consideremos formas e conteúdos largamente interdependentes e condicionados a assuntos a serem trabalhados.

Neste trabalho será construído um manual de aulas experimentais (práticas), designado como o produto educacional, com um conjunto de 09 experimentos que

podem ser usados por professores e alunos na verificação e estudo sobre as radiações eletromagnéticas, tanto as que são emitidas por objetos do nosso cotidiano, como as que são produzidas, emitidas ou recebidas por equipamentos e instrumentos desenvolvidos para a automatização de dispositivos eletroeletrônicos e mecânicos. Fundamentado na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (MORREIRA e MASINI, 2016) que diz que o indivíduo aprende de maneira significativa quando recebe uma informação que tem relação com algum conhecimento que ele já possui e que ambos passam a interagir de forma específica mantendo uma conexão.

O estudo foi desenvolvido sob a metodologia da pesquisa, visando dá resposta à problematização ou indagação.

- Como estudar e/ou aprimorar o ensino de FMC no campo do espectro eletromagnético?

Haja vista que refere-se a uma questão que não foi completamente resolvida por isto se torna objeto de discussão em uma pesquisa de um problema.

A solução possível para a problematização anterior descrita, é a construção do produto educacional (manual de aulas experimentais) pois, este se mostra como uma proposição, ou seja, expressões sequenciais da demonstração de alguns fenômenos físicos de forma verdadeira e clara, a essa proposição dá-se o nome de hipótese. Assim, a hipótese é a proposição testável que pode vir a ser a solução do problema, (GIL, 2002, p. 31).

Pretende-se inicialmente, desenvolver uma aprendizagem com a inserção de organizadores prévios, como: o espectro eletromagnético com a distinção entre a luz visível e não visível existentes neste ente físico; sua interação com a matéria e as várias aplicações em equipamentos modernos. Eles irão se reestruturar cognitivamente para servir de subsunçores, uma vez que estes são de grande importância para a aprendizagem de novos conceitos. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em subsunçores relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende (AUSUBEL, 1980, *apud* MORREIRA e MASINI, 2016, p. 17).

1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

A Física por ser uma Ciência destinada ao estudo da natureza não deve ser explorada com memorização de curto prazo (decoração) de uma sequência de fatos e definições, também não deve ser apresentada com uso exagerado de expressões matemáticas, totalmente descontextualizadas, mostrando que os professores se preocupam apenas com o formalismo matemático, sem vínculos com a realidade, deixando de fora a interpretação Física do fenômeno analisado. Se faz necessário observar os significados e conceitos sobre a mesma e sua aplicação no contexto social, fazendo o aluno perceber o desenvolvimento da ciência no ambiente tecnológico em que estamos inseridos.

As aulas em sua maioria não provocam estímulos e curiosidades para os estudantes, seja pela dificuldade da interpretação textual, seja pela complexidade dos cálculos para uma grande parte de alunos, seja também pela falta de demonstração da presença dessa Ciência dentro, e entorno do contexto social de toda classe estudantil.

A dificuldade no EF está ligada à necessidade de modificações nos métodos educacionais. É preciso iniciar a partir daquilo que os discentes conhecem e prosseguir com o aprofundamento em níveis de aprendizagem. Estas ações são amplamente oportunizadas em nossos dias, a considerar a vasta aplicação da ciência e tecnologia no modo de viver da humanidade, e o processo de ensino e aprendizagem da Física possui uma afinidade com esta aplicação. As TIC's (Tecnologias da Informação e Comunicação) e a experimentação laboratorial têm sido o elo de ligação entre o ambiente tecnológico, o ensino e a aprendizagem.

Diante do exposto, surge a minha motivação para realizar um trabalho que envolve a construção de um manual de experimentos (aulas práticas) para estudar o fenômeno das radiações eletromagnéticas e sua aplicação no funcionamento de dispositivos de detecção e emissão de sinais, a fim de tornar o EF mais atrativo e instigador buscando uma aprendizagem significativa.

Ao inserir a experimentação durante as aulas, desperta o interesse dos estudantes pela Ciência, pois é comum a dificuldade do aluno em relacionar a teoria desenvolvida em sala com a realidade a sua volta (BARBALHO, 2019, p. 19). Uma vez que, os conceitos são as construções das teorias abstraídas da realidade, o fazer científico se inicia com o aluno do EM durante seus momentos de estudos e observações nos laboratórios.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

O objetivo deste trabalho é a produção de um manual de aulas práticas orientadas para o estudo do uso das radiações eletromagnéticas em diferentes instrumentos tecnológicos, em objetos comuns como uma vela de parafina e o vidro.

1.2.2 Específicos

- Tornar as aulas de Física mais atrativas e receptivas por parte dos alunos;
- Proporcionar uma aprendizagem significativa;
- Instigar discussão entre os alunos para que haja troca de conhecimentos;
- Facilitar o entendimento e a compreensão do fenômeno do espectro eletromagnético;
- Entender o princípio de funcionamento de equipamentos como controle remoto, rádio de pilha, feixe de laser;
- Perceber a presença de ondas eletromagnéticas em diversas situações e objetos do nosso cotidiano.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A TECNOLOGIA NO CONTEXTO SOCIAL

O meio em que vive a sociedade é permeada por fenômenos físicos, tanto em objetos comuns quanto nos objetos tecnologicamente desenvolvidos, no entanto, muitos são despercebidos como ciência pelo estudantes. Envolver esses fenômenos no processo de ensinagem é como colocar um ingrediente na prática de sala de aula que poderá trazer mais clareza daquilo que se pretende ensinar.

A Ciência, desde os primórdios da humanidade, é ativamente presente na sociedade e passa por modificações e aperfeiçoamentos, uma vez que o homem tenta compreender amplamente a natureza e a si mesmo. A séculos a ciência associou-se à tecnologia, possibilitando diversas aplicações que resultam em benefícios para as pessoas nas diversas sociedades e culturas. Os avanços científicos e tecnológicos têm impactado o homem e seu meio como a eficiência e qualidade do setor produtivo, dos transportes, da comunicação e da saúde (BRASIL, 2006, p.70-77)

Os conhecimentos de natureza científica e tecnológica são cada vez mais valorizados na sociedade atual, que tem como principal característica um permanente e rápido processo de transformação. Na formação de um cidadão crítico e participativo no meio em que vive, tais conhecimentos devem promover a ampliação de sua compreensão do mundo, preparando-o para ser agente de mudanças.

Nesse contexto, o ensino de Física constitui um “espaço privilegiado em que as diferentes explicações sobre o mundo, os fenômenos da natureza e as transformações produzidas pelo homem podem ser expostos e comparados” (BRASIL, apud ANTIOGENES e PRAÇA, 2019).

É sabido que a humanidade depende cada vez mais dos conhecimentos científico e tecnológico para desenvolver e aprimorar sua forma pragmática de vivência, através de adaptações, implementações, conexões e aplicações do conhecimento formal ao meio social. Verifica-se que a ligação substanciada entre a ciência e a sociedade, no ambiente estudantil acadêmico, acaba por gerar mais ciência e mais tecnologia, causando a geração de riqueza e o bem estar social. Para isso, o desenvolvimento de atitudes e valores é tão essencial quanto o aprendizado de conceitos e de procedimentos. Nesse sentido, é responsabilidade da escola e do professor promoverem o questionamento, o debate, a investigação, visando o entendimento da ciência como construção histórica e como saber prático, superando

as limitações do ensino passivo, baseado na memorização de definições e de classificações sem qualquer sentido para o aluno (BRASIL, apud ANTIOGENES e PRAÇA, 2019).

2.2 O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

2.2.1. Considerações no cenário atual

Desde o início dos anos 1990 é debatida a inserção dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) na Educação Básica. Pesquisadores, professores, documentos legais, entre outros, defendem que tais conhecimentos devem ser introduzidos no EM, existindo um consenso entre os citados de que o mundo atual, bem como o estudante, utiliza-se do conhecimento de FMC, sendo em forma de tecnologia, relacionando-se com a sociedade, ou de forma científica. Portanto, existe a necessidade de que estes conteúdos sejam ensinados, à vista de estarem condizentes com a realidade atual (BUSSATO, 2018).

Há propostas evidentes, por parte da LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de 1996) e PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), para incluir a FMC no Ensino Médio. Fica claro na LDB que, aos estudantes, faz-se necessária a compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos, em que se deve relacionar a teoria com a prática no ensino de cada disciplina (LDB, artigo 35, inciso IV). Considerando a FMC uma das ciências mais consolidadas e utilizadas pela humanidade nos diversos setores, é fundamental a organização do ensino da mesma de forma que, em sua abordagem, o educando compreenda seus aspectos no campo tecnológico e domine seus princípios científicos.

De maneira geral, observa-se que, apesar de haver muitas considerações acerca da importância e necessidade da presença de tópicos de FMC no EM e consenso entre os pesquisadores da área, muitas vezes não é possível a execução do ensino dessa temática por outras razões, como nos mostra (MENEZES 2000, *apud* D'AGOSTIN, 2008).

É claro que precisa ser cautelosa a sinalização para a inclusão desses novos conteúdos, seja pelos desafios didáticos que implica, encontrando professores despreparados e os textos escolares desguarnecidos, seja porque as próprias universidades, ainda por algum tempo, continuarão a solicitar os velhos conteúdos em seus vestibulares. Será preciso algum tempo para que a mensagem seja, primeiro, compreendida e, mais tarde, aceita. (p. 7).

A preocupação do tema de FMC no EM leva os pesquisadores a investigarem e proporem maneiras de disseminar o estudo dessa área de forma espontânea e constante. Ostermann e Moreira (2001), mapearam as contribuições sobre a temática FMC em diversos meios de divulgação, concentraram em publicações direcionadas ao Ensino da Física e identificaram desde os primeiros trabalhos publicados nessa linha, do final da década de 1970 até 2001, a existência de uma grande concentração de publicações que apresentam temas de FMC em forma de divulgação, ou como bibliografia de consulta para professores do Ensino Médio.

A presente revisão envolveu consulta a artigos em revistas, livros didáticos, dissertações, teses, projetos e navegações pela INTERNET, que abordam a questão da FMC no EM. A pesquisa concentrou-se em publicações direcionadas ao ensino da Física e foi um importante subsídio para o desenvolvimento de uma pesquisa sobre o tema.

Por outro lado, notaram também uma escassez de trabalhos sobre concepções alternativas de estudantes acerca de tópicos de FMC, bem como pesquisas que relatam propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem. Isso é justificado pela falta de contato dos estudantes no mundo das pesquisas atuais em Física: há escassez de formas ou programas definidos para atrair jovens para a carreira científica, falta disseminação dos conhecimentos que a ciência e a tecnologia propiciam à população.

2.2.2 Inserção da FMC no EM

Os fenômenos naturais são objetos de estudos desde a idade antiga, seja no campo das pesquisas em Química, Geografia, Engenharia etc. A Física faz parte destas ciências e permeia a sociedade através das aplicações tecnológicas no mundo social e ambiental, de forma a influenciar o modo de viver das sociedades em todo o mundo.

Uma aplicação tecnológica que revolucionou o mundo do conhecimento ocorreu na área de comunicação, que foi o advento da internet, que se popularizou e se tornou a maior fonte de pesquisa voltada ao “saber”. É importante mostrar ao público estudantil a ciência da FMC aplicada a essa tecnologia, mas não apenas o saber superficial como é costume na fala de algumas pessoas, “é a física que faz funcionar”. Se faz necessário desenvolver aí estudos minuciosos que venham mostrar as variáveis, as técnicas e os dispositivos em sua dinâmica de funcionamento.

Do exposto, justifica-se inserir a FMC no EM mesmo que não tenha havido mudança na grade curricular dos conteúdos, pois dentro dos temas de Física Clássica, que são amplamente ensinados, é factível falarmos, por exemplo: de ondas eletromagnéticas e sua aplicação na construção de diversos equipamentos e instrumentos utilizados pelo homem.

2.2.3 Em que momento deve ser inserido radiações eletromagnéticas no EM

No Ensino Fundamental, os estudantes têm a oportunidade de se depararem com questões que demandam a aplicação dos conhecimentos sobre *Matéria* e *Energia* em uma perspectiva fenomenológica, com o objetivo de introduzir a prática da investigação científica e ressaltar a importância dessa temática na análise do mundo contemporâneo. Conforme a BNCC, Brasil (2018), no EM é possível unificar essas duas temáticas de modo que os estudantes compreendam de forma mais ampla os processos a elas relacionados. Isso significa considerar a complexidade relativa à origem, evolução e manutenção da vida, como também às dinâmicas das interações entre ciência e tecnologia. Implica ainda, considerar modelos mais abrangentes ao se explorar algumas aplicações da Física ao ambiente social. Para além do aprofundamento dessas temáticas, a BNCC propõe que os estudantes ampliem as habilidades investigativas desenvolvidas no Ensino Fundamental, apoiando-se em análises quantitativas, e na avaliação e comparação de modelos explicativos. Por fim, e em conformidade com a própria natureza da área no EM, a BNCC propõe também que os estudantes aprofundem e ampliem suas reflexões a respeito das tecnologias, tanto no que concerne aos seus meios de produção e seu papel na sociedade atual, como também em relação às perspectivas futuras de desenvolvimento tecnológico. Desse modo, propõe continuidade ao tratamento dado no Ensino Fundamental, etapa na qual as tecnologias foram abordadas sob uma perspectiva de aplicação de conhecimentos e análise de seus efeitos sobre a saúde e a qualidade de vida das pessoas.

Considerando esses pressupostos, e em articulação com as competências gerais da Educação Básica e com as competências desenvolvidas na área de Ciências da Natureza durante o Ensino Fundamental, o aluno que se encontra no EM estudando a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias já possuiu bom conhecimento prévio sobre o que de fato é a Física e em que áreas ela atua fortemente com o tema em questão junto à sociedade. Daí, entende-se que podemos optar pelos

níveis do segundo ano e terceiro ano para inserir esse estudo, haja visto que nesse estágio o aluno já estudou sobre ondas e se encontrará com o tema eletromagnetismo.

Com relação ao contexto desse aluno, considera-se a sua realidade em um mundo constituído de significados onde ele formula conceitos, mesmo que no formalismo popular, que mostra uma versão simplificada ou errônea e complexa, mas que tornará possível um aprendizado de significados derivativos e correlativos que serão retidos mais eficientemente formando um corpo de conhecimento. Pois, considera-se que todos os alunos do segundo e terceiro ano do EM usam equipamentos e instrumentos emissores e receptores de radiações eletromagnéticas. A isto, esse aluno vive a realidade experimentada através da ciência e tecnologia que transmite a ideia de conteúdo cognitivo, capaz de estabelecer relacionamentos da experiência com conceitos padronizados que irão influenciar em uma aprendizagem significativa.

2.3 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Quando educadores se reúnem para pensar e planejar as práticas escolar, referente ao Ensino de Ciências, traçam os objetivos do fazer pedagógico considerando a formação cidadã, uma vez que a Ciência permite a leitura do universo tanto na descrição dos fenômenos naturais quanto nas relações de vivência do homem (ZABALA e ARNAU, 2010). Logo, é importante destacar o atual contexto da humanidade para a construção de conceitos e seus significados à medida que percebemos e estabelecemos as conexões entre Ciência e modo de viver, enfatizando a ideia do desenvolver educacional objetivando a formação do cidadão.

A proposta para o desenvolvimento do produto educacional é fundamentada na Teoria de Aprendizagem de David Ausubel, que define a organização e integração do material na estrutura mental como um construto de armazenamento de informação que é incorporada a uma estrutura cognitivista, que pode ser manipulada e utilizada no futuro, entendida como “conteúdo total de ideias” de um certo indivíduo e sua organização (MOREIRA e MASINI, 2016). O desenvolvimento desta teoria partiu da crítica à aplicação mecânica do ensino na sala de aula em que os resultados obtidos são de tarefas não significativas.

É necessário e oportuno destacar dois aspectos desta teoria: o primeiro se refere à integração dos novos conteúdos aos problemas expostos, e o segundo aspecto a considerar é sobre os tipos e aprendizagem propostos na situação

socialmente determinada, como é o espaço da sala de aula, onde a linguagem é o sistema básico da comunicação e da transmissão dos conteúdos (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1978, *apud*, PORTILHO, 2011).

A abordagem de um material novo, ideias e informações que apresentam conceitos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, contribuem para sua diferenciação, elaboração e estabilidade, assegurando a aprendizagem significativa, que é a experiência consciente, claramente articulada e precisamente diferenciada, que emerge quando sinais, símbolos, conceitos e proposições potencialmente significativos são relacionados à estrutura cognitiva e nela incorporados. Ao contrário da memorização mecânica, a aprendizagem significativa ficará retida por muito mais tempo, pois será conectada a outro conhecimento e estará disponível com transparência para usar nas aplicações.

Diz-se que o material simbólico é potencialmente significativo quando pode ser relacionado, de forma substantiva e não arbitrária, a uma estrutura cognitiva hipotética que possui antecedentes, isto é, conteúdo ideacional. Desde que o significado seja fenomenológico, o material a ser aprendido deverá ser relacionado com essa estrutura cognitiva particular do ser que aprende (MOREIRA e MASINI, 2016).

Moreira e Masini (2016) argumentam ainda que os cognitivistas sustentam que aprendizagem de material potencialmente significativo é, por excelência, um mecanismo humano para adquirir e reter a vasta quantidade de ideias e informações de um corpo de conhecimentos. A posse de habilidades que tornam possível a aquisição, retenção e aparecimento de conceitos na estrutura cognitiva é o que capacitará o indivíduo a adquirir significados, uma vez que este, estará em uma dimensão de aprendizagem por descoberta por refletir diante da informação (conteúdo).

Portanto, este trabalho foi o desenvolvido através de procedimentos que se relacionam de maneira relevante com aquilo que o estudante já sabe ou conhece, objetivando a aprendizagem significativa. Sendo um processo de ensino e aprendizagem que considera a relação do conhecimento prévio do indivíduo com uma estrutura de conhecimento específico definida como conceito subsunçor (MOREIRA e MASINI, 2016).

Os conceitos tornam possível o desenvolvimento de ideias abstratas na ausência de experiências empírico-concretas, e de ideias que podem ser usadas tanto para categorizar novas situações, como para servir de pontos de ancoragem para a

assimilação e descobertas de novos conhecimentos. Logo, a organização simplificada da realidade que se processa mediante a aquisição de conceitos é o aspecto que constitui fundamentação da aprendizagem significativa.

O processo para uma aprendizagem significativa considera, que por meio do compartilhamento de significados entre alunos e professores, visto que, a existência de conhecimento prévio é própria de cada aluno, haverá relacionamento de conceitos sobre o tema na estrutura cognitiva. Esses conhecimentos estabelecerão ideias inter-relacionadas no ambiente da sala de aula, onde se expõe a maioria dos conceitos formais e relacionais da ciência e tecnologia (MOREIRA, 1999).

De acordo com Moreira (2011), na Teoria da Aprendizagem significativa de David Ausubel, propõe que a mente das pessoas armazena as informações de modo hierarquicamente organizada, na qual elementos específicos do conhecimento são ligados e assimilados a conceitos mais gerais, criando uma rede de estrutura hierárquica de conceitos, ou seja, uma estrutura cognitiva que representa as experiências sensoriais do indivíduo. Desse modo, a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes preexistentes na estrutura cognitiva do aluno. Para Moreira, a aprendizagem vai se tornando mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento do aluno, de forma que passa a ter significado para ele a partir da relação com o seu conhecimento prévio (AUSUBEL, *apud* MOREIRA e MASSINI, 2016).

Todos os conteúdos e informações outrora aprendido pelos estudantes devem ser usados para ancorar novas aprendizagens, e estas estão disponíveis para serem transferidas em novos contextos. É muito importante que os estudantes e os professores sejam conscientes do valor que existe nos conhecimentos prévios para a aquisição dos novos conhecimentos, além de recordar e aplicar as informações nestes atuais contextos, tendo portanto a capacidade de ir mais além do aprendido.

Para Ausubel, as situações de aprendizagens e transferências de aprendizagens ocorrem em dois cenários, o vertical e o horizontal, que convergem para um contínuo. Na vertical é mostrado a aplicação de habilidades dos conhecimentos adquiridos no nível inferior para facilitar as aprendizagens de habilidades no nível superior. O autor sugere que os docentes sigam uma sequência e garantam que os alunos tenham os conhecimentos de todos os passos da sequência, a fim de consolidar as aprendizagens e garantir o domínio antes de

prosseguir para os passos superiores. Na horizontal deve ocorrer a aplicação dos conhecimentos adquiridos no aprendizado de um determinado domínio para facilitar o aprendizado de outro domínio, sendo de responsabilidade dos professores a promoção nesta direção, centrado nos princípios e generalizações, oportunizando aos alunos aplicar o que aprendeu em situações reais. Este processo que liga novas informações aos conhecimentos preexistentes é chamado de inclusão, e forma uma estrutura organizada em hierarquia com relação aos níveis de abstração e generalidade provocando o surgimento de novos significados, (MOREIRA e MASSINI, 2016).

Desta forma, a Teoria de Aprendizagem de David Ausubel está fundamentada na interação entre conceitos preexistente na estrutura cognitiva e novos conceitos, e no aprendizado final adquirido com novas observações e novos conceitos (MOREIRA, 2011).

O desenvolvimento de conceitos é facilitado quando os elementos mais gerais, mais inclusivos de um conceito, são introduzidos em primeiro momento, e em seguida, esse conceito é progressivamente diferenciado, em termos de detalhes e especificidade (Ausubel, *apud* Moreira e Masini, 2016).

Moreira (2010), argumenta que cada disciplina acadêmica tem uma estrutura articulada e hierarquicamente organizada de conceitos que constituem o sistema de informações dessa disciplina. Esses conceitos podem ser identificados e ensinados a um aluno, constituindo para ele um sistema de processamento de informações, um verdadeiro mapa intelectual que pode ser usado para analisar o domínio particular da disciplina e nela resolver problemas. O desenvolvimento dos conceitos procede-se da melhor forma quando os elementos mais gerais e inclusivos de um conceito são introduzidos em um primeiro momento, e, este é progressivamente diferenciado, em torno de detalhes e especificidade.

Jesus (2015) aborda que, levando em consideração o caso específico de uma sala de aula de Física, é possível, a partir de um conjunto de conceitos subsunçores tais como: aceleração, diferença de potencial, carga elétrica, energia, onda mecânica, onda eletromagnética, calor, comprimento de onda e frequência, desenvolver um processo de ensino e aprendizagem de conceitos quânticos tomando como tema central a Teoria de Produção e Emissão de Radiação infravermelho. A existência desses conceitos subsunçores na estrutura cognitiva dos estudantes, ou a construção dos mesmos, a partir da utilização de organizadores prévios, servirá de base para a

inserção de novos conceitos relacionados à Mecânica Quântica, no contexto de estudo da Teoria de Produção e Emissão de Radiações eletromagnéticas.

2.4 RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS

2.4.1 As equações de Maxwell e as ondas eletromagnéticas

Por muito tempo, a luz visível foi a única parte conhecida do espectro eletromagnético. A ciência da Grécia antiga imaginava que a luz viajava em forma de linhas retas, enquanto estudavam algumas de suas propriedades, que fazem parte do que atualmente denominamos óptica geométrica. Mas somente entre os séculos XVI e XVII que o estudo dos fenômenos luminosos passou a gerar teorias que conflitavam o aspecto da sua natureza (ROCHA et. al, 2015).

Conforme Rocha et. al. (2015), em meados do século XIX, as pesquisas mais importantes sobre eletricidade e magnetismo estavam sendo feitas na Alemanha, por físicos e matemáticos alemães, como Wilhelm Weber, J. C. Neumann e George Riemann, e eram baseados na teoria de ação à distância. Na Inglaterra, entretanto, uma visão completamente diferente tinha sido adotada por Faraday: aquela que admitia a presença de um meio entre os corpos, e a ação entre eles se dando através deste meio.

É nesse estágio crucial para o desenvolvimento do eletromagnetismo que surge os trabalhos de James Maxwell, em 1865 ele conseguiu provar no papel a existência das ondas eletromagnéticas. Mas foi em 1888 que o físico alemão Heinrich Hertz conseguiu provar que a luz e a eletricidade são a mesma coisa, pois, estas podem ser refletidas, refratadas, difratadas e polarizadas. Foi mostrado também que elas interferem umas com as outras e também se propagam com a mesma velocidade escalar (ROCHA et. al, 2015). Nesta época os raios infravermelhos, a luz visível e os raios ultravioletas eram as únicas ondas eletromagnéticas conhecidas. Mas Hertz, que já tinha provado que luz e eletricidade são a mesma coisa, descobriu as ondas de rádio e viu que elas se propagam com a mesma velocidade da luz visível (LOUREIRO, 2005).

A geração das ondas ocorrem quando uma carga oscila para cima e para baixo em um mesmo circuito elétrico, ela está em movimento acelerado produzindo um campo elétrico variável \vec{E} , com capacidade para gerar um campo magnético, conforme a quarta equação de Maxwell,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \phi_E}{\partial t} \quad (1)$$

que também é variável. Esse campo magnético irá gerar outro campo elétrico conforme a terceira equação de Maxwell,

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\phi_B}{dt} \quad (2)$$

e esse novo campo elétrico irá gerar um novo campo magnético, permanecendo assim sucessivamente. Esta sucessão de geração de novos campos elétricos e magnéticos se encarregarão de uma perturbação eletromagnética, se propagando pelo espaço com autonomia e independência da fonte criadora, sem necessidade de meio material para se propagar.

As equações (1) e (2) definem o relacionamento entre as magnitudes dos campos elétrico \vec{E} e magnético \vec{B} , uma vez que, estes são perpendiculares entre si e ambos perpendiculares em relação à direção de propagação da perturbação.

$$\text{De (1) segue: } E = c B, \quad (3)$$

$$\text{De (2) segue: } B = \varepsilon_0 \mu_0 c E, \quad (4)$$

onde C é a velocidade de propagação da perturbação. Para que ambas as equações sejam satisfeitas simultaneamente, essa velocidade tem que assumir o valor conforme equação a seguir¹:

$$c = \frac{1}{\varepsilon_0 \mu_0 c} \quad , \quad c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \quad (5)$$

Conhecendo os valores do coeficiente de permissividade no vácuo ε_0 e a constante de permissividade do campo magnético no meio μ_0 o cálculo de C resulta em aproximadamente: $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s, que é exatamente a velocidade de propagação da luz no vácuo. Sendo assim, chegamos à conclusão que a perturbação

¹ Disponível em: https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15161916022012Fisica_C_Aula_6.pdf. Acesso em: 29 de maio de 2022.

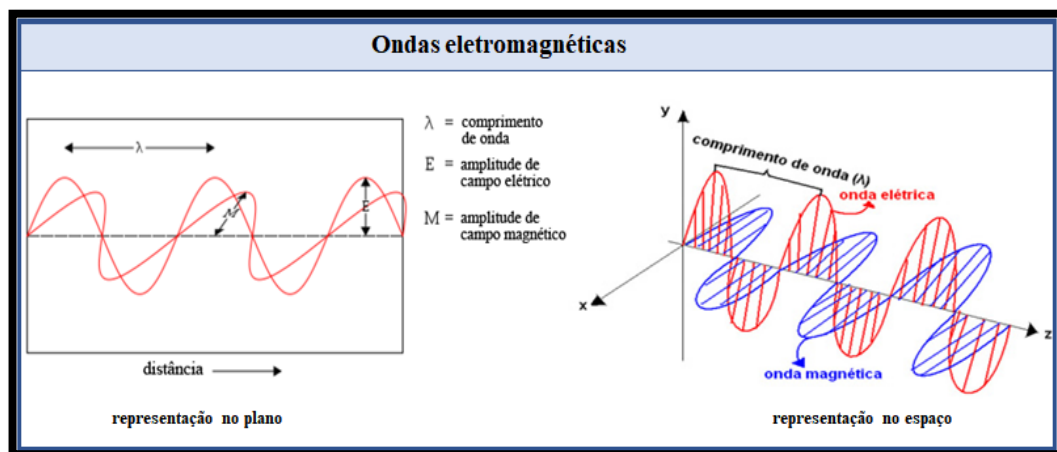
eletromagnética propaga-se através do espaço com a velocidade igual à velocidade de luz. Isto indica que a luz tem natureza eletromagnética.

Diante do exposto, afirma-se que a perturbação eletromagnética, anteriormente descrita, se propaga no espaço igual a uma onda, com a velocidade de $v = 1/\sqrt{\varepsilon_0\mu_0} = c$, sendo um resultado coerente com a equação (5), e esta onda é definida como onda eletromagnética.

2.4.2 O espectro eletromagnético e as características das ondas de luz

As ondas eletromagnéticas são energias que percorrem qualquer espaço, apresentando-se de diversas maneiras, como: o calor de uma chama, o calor das superfícies aquecidas, a luz solar, os pulsos de sinais de controles remotos, o calor dissipado no aparelho de micro-ondas, os sinais de rádio, os feixes de luz dos equipamentos de raios laser, os raios X e as luzes emitidas por qualquer tipo de lâmpada, (KHAN ACADEMY, 2021). Composta por duas ondas que oscilam perpendicularmente entre si (figura 1).

Figura 1: Representação das ondas



Fonte: adaptada, de: chem.libretexts.org²

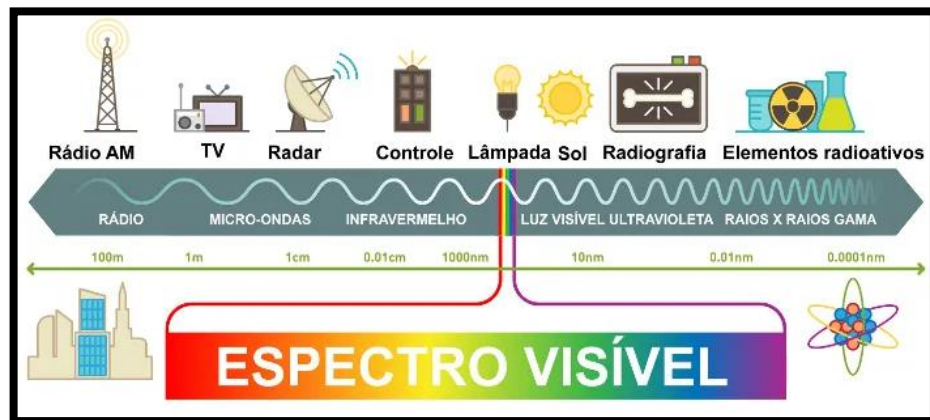
Atualmente conhecemos um largo *espectro* de ondas eletromagnéticas, que foi chamado por um ator criativo de “arco-íris de Maxwell”. Estamos imersos em ondas eletromagnéticas pertencentes a esse espectro. O Sol, cujas radiações definem o meio ambiente no qual nós, como uma espécie, evoluímos e nos adaptamos, é a fonte

² Disponível em: [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical and Theoretical Chemistry Textbook Maps/supplemental Modules \(Physical and Theoretical Chemistry\)/Spectroscopy/Fundamentals of Spectroscopy/Electromagnetic Radiation](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical%20and%20Theoretical%20Chemistry%20Textbook%20Maps/supplemental%20Modules%20(Physical%20and%20Theoretical%20Chemistry)/Spectroscopy/Fundamentals%20of%20Spectroscopy/Electromagnetic%20Radiation). Acesso em 05 de março de 2022.

predominante. Nossos corpos são também atravessados por sinais de rádio e televisão. Microondas de radares e de sistema 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, RESNICK e WALKER, 2009).

O espectro eletromagnético reúne elementos que caracterizam os tipos de ondas eletromagnéticas, suas frequências e comprimentos. Considera-se o intervalo completo de todas as possíveis frequências da radiação eletromagnética, que se estende desde as ondas de baixa frequência (as ondas de rádio) até as de mais alta frequência, como as da radiação gama (figura 2).

Figura 2: Espectro eletromagnético, destaque na região da luz visível



Fonte: mundoeducacao.uol.com.br³

Sabemos que uma onda tem um vale e uma crista, e que a distância do topo de uma crista até o eixo central é chamada de amplitude. Essa distância é a propriedade relacionada à intensidade da onda. O comprimento da onda é definido pela distância entre dois vales consecutivos, ou entre duas cristas consecutivas. A grandeza conhecida como frequência da onda diz respeito ao número de comprimentos de onda completos que passam por um determinado ponto no espaço a cada segundo, sua unidade de medida no SI (sistema internacional) é dada em Hertz (KHAN ACADEMY, 2021).

³ Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/ondas-eletromagneticas.htm>. Acesso em: 05 de agosto de 2021.

Da equação (5), podemos ver que a perturbação eletromagnética propaga-se através do espaço com a velocidade igual à velocidade de luz, e, que ela tem natureza eletromagnética.

Sendo assim, o comprimento de onda pode ser encontrado a partir da equação,

$$c = \lambda \nu \quad (6)$$

onde λ é o comprimento de onda (metros), e ν é a frequência (Hertz). Percebe-se entre essas duas grandezas a relação de proporção inversa.

De uma forma geral todas as ondas têm a mesma velocidade, porém diferem em frequência e comprimento. As ondas com maiores comprimentos estão associadas a frequências mais baixas, enquanto as ondas com menores comprimentos estão relacionadas a frequências mais altas, suas características revelam-se através das cores, que estão no intervalo que pode ser percebido pelo sistema visual humano, denominado de espectro eletromagnético visível, que inicia-se na frequência que corresponde à luz vermelha com ondas mais longas e manifestação de quente e termina na frequência da luz violeta com ondas mais curtas e manifestação de frio. Além desta faixa do visível existem as radiações com frequências ainda mais baixas, inferior a luz vermelha, que chamam-se de infravermelho. Da mesma forma, existem frequências mais altas, além da cor azul, denominadas de ultravioletas.

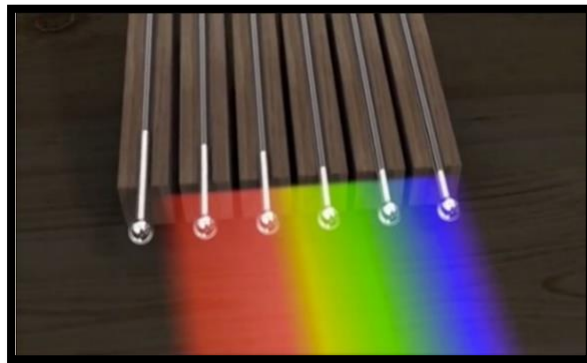
2.4.3 O infravermelho

O infravermelho foi a primeira das ondas eletromagnéticas invisíveis a ser descoberta. Em 1800, William Herschel (1738–1822), alemão nascido na cidade de Hanover, utilizou um prisma por causa da sua superfície lisa e favorável a reflexão da luz e colocou ao sol, ele queria descobrir quanto calor passava por diferentes filtros coloridos que ele usava para observar a luz solar. Então percebeu que filtros de cores diferentes pareciam deixar passar quantidades diferentes de calor, daí imaginou que os próprios raios coloridos poderiam ser de diferentes temperaturas, e projetou um novo experimento para investigar sua hipótese (CIÊNCIA VIVA, 2021).

Herschel usou três termômetros com bulbos pretos (pois estes absorvem melhor o calor) e, para cada cor do espectro colocou um bulbo em uma cor visível e os outros dois fora do espectro para medir a temperatura ambiente e poder verificar o efeito da cor sobre a temperatura. Quando mediu as temperaturas individuais (de cada

cor), pôde verificar que todas as cores tinham temperatura acima da temperatura de controle (ambiente sem luz). Além disso, ele descobriu que as temperaturas das cores aumentavam do violeta ao vermelho ao longo do espectro. Para melhorar a comparação com a temperatura ambiente, ele mediu a temperatura da região sem luz (invisível), logo após o vermelho e, então ficou muito surpreso por descobrir que esta região tinha a maior temperatura de todas (figura 3). O que Herschel havia descoberto era uma forma de luz (ou radiação) além da luz vermelha, atualmente conhecida como radiação *infravermelho*. Foi muito importante a experiência de Herschel porque pela primeira vez alguém demonstrava que havia tipos de luz que não poderia ser vista com olhos humanos.

Figura 3: Medida da temperatura das regiões de luz visível e invisível após o vermelho



Fonte: cienciaviva.org.br⁴

O infravermelho permitiu desenvolvimentos significativos nas recentes tecnologias de sensores e detectores nos campos da medicina, da segurança policial, da salva guarda de pessoas e animais em eventos de incêndio, da medição de temperaturas por satélites e sondas no espaço, dentre outros.

2.4.4 As ondas de rádio

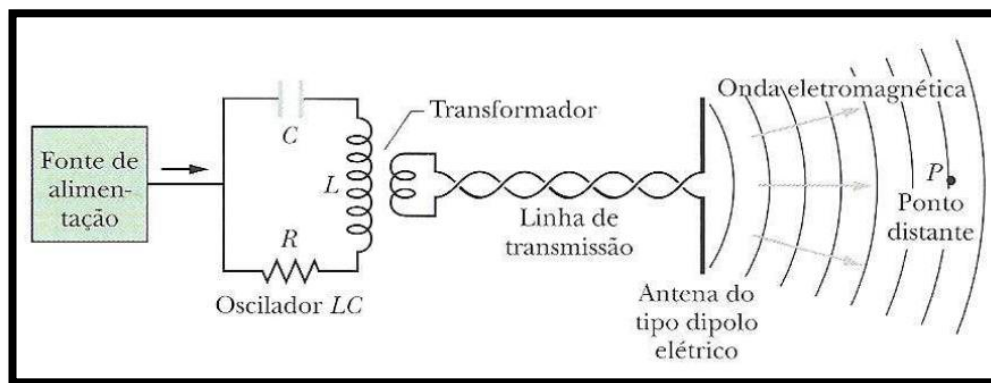
Ondas de rádio foram descobertas décadas mais tarde em experimentação laboratorial. Conforme mostrado anteriormente, no início deste tópico, em 1888 o alemão Hertz demonstra a existência das ondas eletromagnéticas em laboratório,

⁴ Disponível em: <http://cienciaviva.org.br/index.php/2019/06/26/como-herschel-descobriu-o-infravermelho>. Acesso em 10 de junho de 2021.

gerando de forma experimental ondas de rádio, que foram chamadas de “ondas indutivas” e posteriormente chamadas de “ondas hertzianas”.

As ondas de rádio podem ser produzidas por uma fonte de oscilações de corrente ou carga. O sinal elétrico é convertido em ondas eletromagnéticas através da aceleração das cargas de um arranjo conhecido como dipolo existente dentro da fonte, a variação de velocidade das cargas gera uma variação no campo elétrico produzido fazendo com que as ondas se desprendam da fonte e se propaguem pelo meio.⁵

Figura 4: Sistema usado para gerar onda eletromagnética na faixa de rádio



Fonte: HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009, p. 03.

A parte principal do sistema da figura 4 é o oscilador LC porque estabelece uma frequência angular ($\omega = 1 / \sqrt{LC}$). Ele está conectado a um transformador (fonte de alimentação) e acoplado a uma antena por meio de uma linha de transmissão composta por dois condutores retilíneos. A corrente que varia senoidalmente no oscilador, provoca uma oscilação senoidal das cargas com a frequência angular ω do oscilador LC ao longo destes condutores. As cargas oscilantes constituem correntes que também variam senoidalmente, em amplitude e sentido, com frequência angular ω . A antena equivale a um dipolo elétrico cujo momento dipolar elétrico varia senoidalmente em módulo e sentido ao longo do eixo da antena. As variações dos campos elétrico e magnético se propagam para longe da antena com velocidade c da luz, formando uma onda eletromagnética que se afasta da antena com velocidade c (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2009, p. 04).

De acordo com esquema da figura 4, entende-se que a onda eletromagnética se propagando na direção horizontal (eixo x) se dirigindo ao ponto P positivamente.

⁵ Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_de_r%C3%A1dio. Acesso em 30 de maio de 2022.

Analisando individualmente os campos elétrico e magnético, estão oscilando paralelamente ao eixo y e ao eixo z respectivamente. Logo, é possível descrever os campos elétrico e magnético por meio de funções senoidais com as variáveis x (posição) e t (tempo):

$$E = E_m \text{sen}(kx - \omega t) \quad (7)$$

$$B = B_m \text{sen}(kx - \omega t) \quad (8)$$

em que E_m e B_m são as amplitudes dos respectivos campos.

2.4.5 O raio laser

O laser é um tipo de luz visível, gerado a partir da amplificação da luz por emissão estimulada. Essa luz tem propriedades especiais, como: seus raios mantêm uma relação de fase fixa uns em relação aos outros, o comprimento de onda corresponde a uma faixa muito estreita e o ângulo de divergência é muito pequeno fazendo com que o espalhamento seja muito pouco.

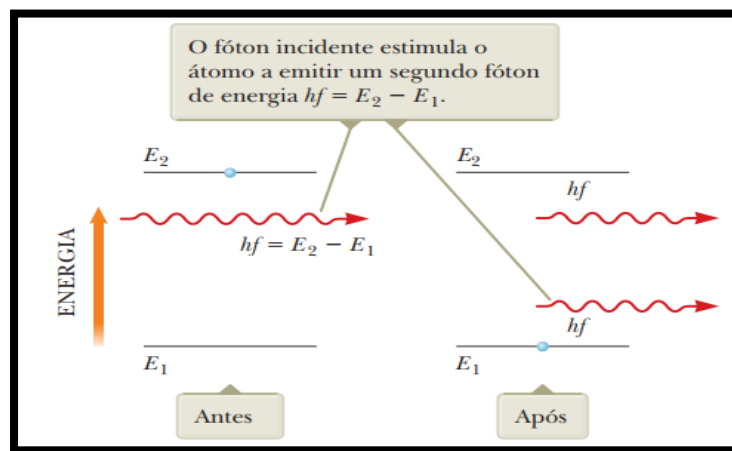
A origem destas propriedades tem relação com os níveis de energia atômica e alguns requisitos especiais para os átomos que emitem luz laser. Descrevemos como um fóton incidente pode iniciar transições de energia atômica ascendente (absorção estimulada) ou descendente (emissão estimulada). Os dois processos têm a mesma probabilidade. Em geral, quando a luz incide sobre um grupo de átomos, uma absorção líquida de energia ocorre, pois, quando o sistema está em equilíbrio térmico, muito mais átomos estão no estado fundamental do que nos excitados. No entanto, se a situação puder ser invertida, de modo que mais átomos estejam em um estado excitado do que no fundamental, uma emissão líquida de fótons pode ocorrer. Tal condição é chamada *inversão de população*. Esta inversão é, de fato, o princípio fundamental envolvido no funcionamento de um *laser* (amplificação da luz por emissão estimulada de radiação). O nome completo indica um dos requisitos para a luz laser (JEWETT e SERWAY, 2012).

Em detalhe, esse processo ocorre da seguinte forma: supondo que um átomo esteja excitado (identificado como E_2) e um fóton com energia

$$hf = E_2 - E_1 \quad (9)$$

incida sobre esse átomo. O fóton incidente pode estimular o átomo excitado a retornar ao estado fundamental e, então, emitir um segundo fóton com a mesma energia hf deslocando-se no mesmo sentido, este fóton incidente não será absorvido, de maneira que, logo após a emissão estimulada passarão a existir dois fótons idênticos, o incidente e o emitido, ambos ficando em fase. Eles podem estimular outros átomos a emitir fótons em uma cadeia de processos similares. Os vários fótons assim produzidos são a fonte da luz intensa e coerente em um laser (figura 5).

Figura 5: Emissão estimulada de um fóton por um fóton incidente de energia.



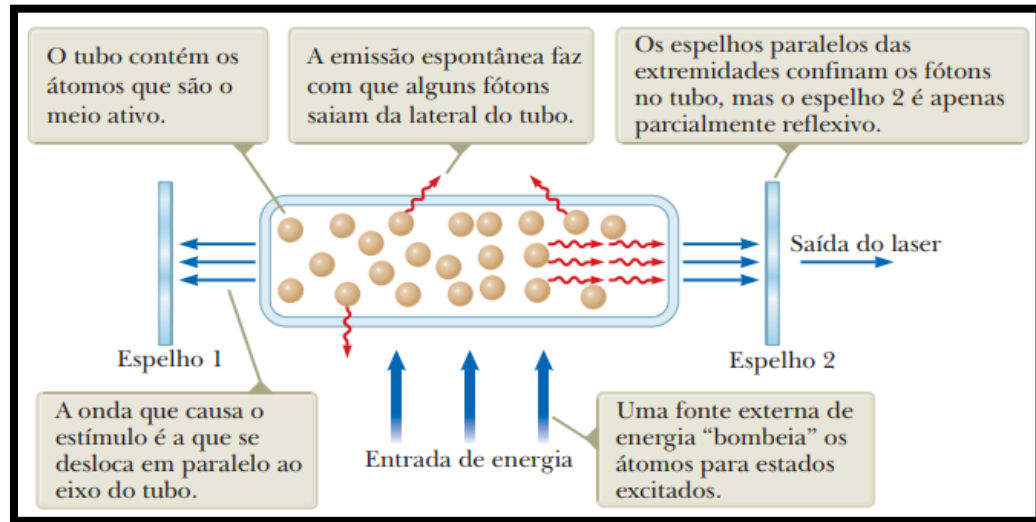
Fonte: JEWETT e SERWAY, 2012, p. 256.

É necessário haver um acúmulo de fótons no sistema para que a emissão estimulada gere luz laser. Logo, as três condições devem acontecer:

- I- O sistema deve estar em um estado de inversão de população, ou seja, é preciso existir mais átomos em um estado excitado do que no fundamental. Isto deve ser verdadeiro, porque o número de fótons emitidos deve ser maior que o dos absorvidos.
- II- O estado excitado do sistema deve ser *metaestável*, o que significa que sua vida deve ser longa em comparação com as geralmente breves dos estados excitados, que são, em geral, de 10^{-8} s. Neste caso, a inversão de população poderá ser estabelecida e a emissão estimulada provavelmente ocorrerá antes da emissão espontânea.
- III- Os fótons emitidos devem estar confinados no sistema durante tempo suficiente para que sejam capazes de estimular mais emissões de outros átomos excitados. Isto é possível por meio da utilização de espelhos nas extremidades do sistema. Uma extremidade é total e a outra é parcialmente reflexiva. Uma fração da intensidade da

luz passa através da extremidade parcialmente reflexiva, formando o feixe de luz laser (figura 6).

Figura 6: Diagrama esquemático de um equipamento de emissão de laser



Fonte: JEWETT e SERWAY, 2012, p. 257.

2.4.6 A luz visível

No século XVII o físico Isaac Newton reconheceu que a luz branca é uma mistura de luz de todas as cores com intensidade aproximadamente iguais. Ele pôde ver isso fazendo um pequeno feixe de luz solar passar por um prisma de vidro e observar o espectro da luz refratada. Uma vez analisado este espectro em termos de comprimentos de suas ondas constituintes, ver-se um intervalo contínuo de comprimento, podendo ser chamado de espectro contínuo. Mas se uma luz for emitida por átomos em gases à baixa pressão, conterá apenas um grupo discreto de comprimentos de onda, onde cada comprimento de onda emitido pela fonte produzirá uma imagem separada. Sendo assim, teremos um espectro chamado de espectro de linha.

As fontes mais comuns de luz visível são transições de elétrons de valência nos átomos. Normalmente um átomo está em seu estado fundamental quando seus elétrons estão nos menores níveis de energia permitidos, consistente com o princípio da exclusão de Pauli, que diz que dois elétrons em um átomo não pode ocupar o mesmo estado quântico. Os elétrons de menor energia estão fortemente ligados ao núcleo, formando um caroço estável de elétrons, enquanto os elétrons nos estados

mais elevados de energia estão ligados com uma energia bem menor ao núcleo e são facilmente excitados a estados mais altos de energia que estejam desocupados. Estes elétrons externos são responsáveis pelas variações de energia no átomo que resultam na emissão ou absorção da luz visível (TIPLER e MOSCA, 2015, p.380).

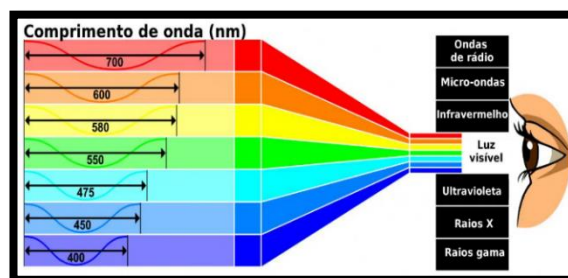
Na colisão de um átomo com outro átomo ou com um elétron livre, ou mesmo quando o átomo absorve energia, os elétrons da camada de valência poderão ser excitados a estados mais altos de energia. Passado um intervalo de 10^{-9} segundos, espontaneamente os elétrons de valência transitam para estados de mais baixas energia com a emissão de um fóton, este processo é espontâneo e aleatório. Pelo princípio da conservação de energia, a energia de um fóton emitido é a diferença entre o estado final e o estado inicial do átomo. Essa energia tem relação com a frequência da onda, que pode ser explícita através da equação (9). Logo, o comprimento de onda da luz emitida será:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{hc}{h_f} = \frac{hc}{|\Delta E|} \quad (10)$$

em que, aplicando a esta equação o menor comprimento de onda (400 nm) e ao maior comprimento de onda (700 nm) de luz visível, obteremos as energias dos fótons correspondente à $3,10 \text{ eV}$ e $1,77 \text{ eV}$ respectivamente.

A luz visível é uma radiação que sensibiliza a visão, criadas pelo fenômeno de cargas elétricas oscilantes nos momentos de saltos quânticos, em que elétrons de mais alto nível energético saltam para um nível menos energético. Porém, mesmo sendo uma luz de cor única, corresponde a uma mistura de cores diferentes (figura 7).

Figura 7: Faixa de luz visível



Fonte: brasilescola.uol.com.br⁶

⁶ Disponível em: <http://brasilescola.uol.com.br/fisica/luz>. Acesso em 01 de junho de 2022

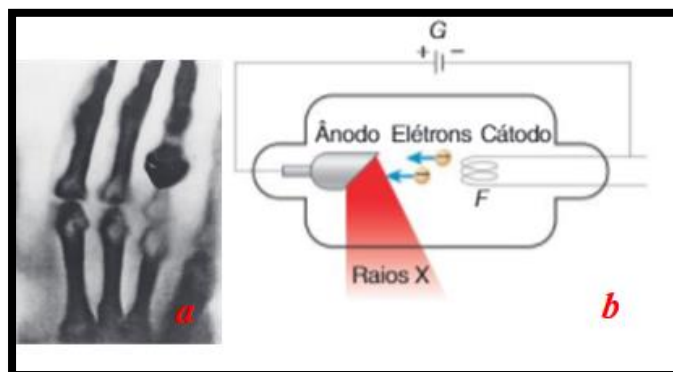
2.4.7 Raios X

Em 1895, ocorre a descoberta dos raios X pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen. Ele fazia estudos sobre o comportamento do ar e de outras misturas gasosas, encerradas em ampolas de vidro, quando atravessadas por correntes elétricas, estas ampolas são chamadas de tubo de raios catódicos. Em seu experimento, Röntgen diminuiu a pressão do gás no interior da ampola, aumentou a tensão elétrica a que o tubo era submetido e recobriu o equipamento com uma cartolina preta (SIQUEIRA, 2006)

Quando o tubo foi posto em operação, ele notou que uma placa recoberta com platinocianeto de bário, esquecida próxima do equipamento, passava a emitir uma luz fluorescente. A fluorescência persistia mesmo quando se colocava um livro e uma folha de alumínio entre o tubo e a placa. Alguma coisa era irradiada a partir do tubo, atravessava as barreiras e atingia o platinocianeto de bário. A fluorescência desaparecia quando o tubo era desligado.

Com mais alguns experimentos, Röntgen descobriu que a fluorescência era causada por uma radiação invisível, mais penetrante que os raios ultravioletas e que podia ionizar o ar, atravessando camadas espessas de certos materiais e impressionar filmes fotográficos. Depois destas observações, ele fez a radiação atravessar, por 15 minutos, a mão de sua esposa, Bertha, atingindo do outro lado uma chapa fotográfica. Revelada a chapa, podia-se ver claramente a sombra dos ossos da mão de Bertha (figura 8), surgia aí a primeira radiografia da história. Por desconhecer a natureza de tal radiação, Röntgen chamou-a de raios X.

Figura 8: a- A primeira radiografia da história. b- Esquema simplificado de uma ampola de raios X



Fonte: Torres et al. 2016.

Em 1900 Paul Villard estava estudando as emissões radiativas do radium quando ele identificou um novo tipo de radiação que ele primeiramente pensou se tratar de partículas semelhantes às conhecidas partículas alfa e beta, mas com a propriedade de serem bem mais penetrantes que ambas. Entretanto, em 1910 o físico William Henry Bragg demonstrou que os raios gama eram uma radiação eletromagnética, e não partícula, e em 1914, Ernest Rutherford (que havia nomeado a radiação de raios gamas em 1903 quando percebeu que eles eram fundamentalmente diferentes de partículas alfa e beta) mediu seus comprimentos de onda e descobriram que os raios gama eram semelhantes aos raios X, porém com comprimentos menor e maior frequência (ESPECTRO E REDES COMUNITÁRIAS, 2021).

2.4.8 A apresentação das ondas eletromagnéticas

O espectro eletromagnético compreende todo o universo de possíveis frequências que as ondas eletromagnéticas possuem, as pequenas diferenças entre elas são apenas fenomenológicas. Os raios X e a luz visível fazem parte das ondas eletromagnéticas, mas são bastante distintos no modo em que interagem com a matéria.

Confira quais são os tipos de ondas eletromagnéticas e descubra como elas estão presentes em nosso cotidiano: as ondas de rádio apresentam a menor frequência entre as ondas eletromagnéticas e, conseqüentemente, o maior comprimento de onda, são comumente usadas para transmissão de sinal de televisão, rádio e celular; as micro-ondas têm frequência um pouco maior que as ondas de rádio, são bastante usadas nas telecomunicações (no wi-fi, por exemplo) e também em radares que captam a velocidade de veículos em movimento; o infravermelho apresenta frequência pouco inferior à da luz visível, esse tipo de onda, também conhecido como onda de calor, é capaz de aumentar a agitação térmica de átomos e moléculas, por exemplo, quando nos aproximamos de uma fogueira e sentimos o seu calor, parte da energia transmitida para nós vem em forma de radiação térmica, transportada pelas ondas de infravermelho; a luz visível é aquela que pode sensibilizar os olhos dos seres humanos, uma vez que existem animais capazes de enxergar diferentes tipos de ondas eletromagnéticas, como o *infravermelho* e o *ultravioleta*, por exemplo, ela compreende uma estreita faixa de comprimentos de onda no espectro eletromagnético, entre 700 nm e 400 nm

(nanômetros = 10^{-9} m); a ultravioleta é considerada uma radiação ionizante, isto é, durante a sua interação com a matéria, ela é capaz de arrancar elétrons dos átomos, causando danos a moléculas importantes, como aquelas presentes no DNA das células epiteliais, e devido à sua capacidade *ionizante*, a radiação ultravioleta é usada na esterilização de utensílios médicos, por exemplo; os raios X são ondas eletromagnéticas ionizantes com grande poder de penetração, sendo capaz de atravessar diversos tipos de tecidos, graças ao seu pequeno comprimento de onda, é largamente utilizadas em exames de imagens, como radiografia e tomografia; os raios gama são as ondas eletromagnéticas de maior frequência em todo o espectro eletromagnético, podem ser obtidas em reações nucleares e durante a aniquilação de pares (quando há contato entre matéria e antimatéria), porém a maior parcela de raios gama que incidem sobre a Terra tem origem em estrelas, como o nosso Sol. Esse tipo de radiação é extremamente penetrante e possui grande capacidade de ionização (MUNDO EDUCAÇÃO, 2021).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICO

3.1 O MANUAL DE AULAS EXPERIMENTAIS

Para a inserção dos dispositivos de emissão e recepção de radiações eletromagnéticas no processo de ensinagem de Física no EM foi desenvolvido um manual de aulas experimentais. Para o desenvolvimento destas aulas foram usados objetos e equipamentos como: vela de parafina, ferro de passar roupa, lâmpada de led de luz branca, lâmpada incandescente, controle remoto de televisão e de portão automático, emissor de laser vermelho, webcam sem o filtro de infravermelho, rádio portátil AM e um prisma triangular.

O manual descreve todas as instruções para que os professores e alunos possam realizar os experimentos observando os fenômenos e características das radiações eletromagnéticas, além de fazer suposições e chegar a conclusões, uma vez feito um paralelo do conhecimento de mundo e do conhecimento científico.

No aspecto curricular, o manual foi fundamentado na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), para adequar-se às orientações referentes as habilidades e competências que é preconizado neste documento.

Nesta construção foi seguida uma linha de estudos e análises nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e no manual do professor em livros didáticos de Física, além de consultas a dissertações e artigos.

Contendo um total de 09 (nove) aulas experimentais, o manual propõe a conexão entre teoria e prática, considerando os conhecimentos prévio dos estudantes, a fim de manter a ancoragem dos conceitos subsunçores da aprendizagem significativa, de David Ausubel, com novas teorias e descobertas na manipulação de cada objeto e equipamento utilizado, trazendo mais clareza e compreensão dos fenômenos físicos e suas aplicações.

Os objetos e equipamentos utilizados para o desenvolvimento de cada aula experimental são de fácil acesso e adquiridos a baixo custo. A montagem de cada sequência é simples e possível de ser feita mesmo em ambiente fora dos tradicionais laboratórios, como na própria sala de aula, na mesa do professor.

3.2 ESTRATÉGIA DIDÁTICA

Em algum momento dentro das aulas teóricas que antecedem a realização das aulas experimentais contidas no manual, o professor pode abordar os aspectos característicos das ondas eletromagnéticas, em especial, o seu uso para o desenvolvimento e construção de equipamentos e dispositivos presentes em meio à humanidade, esclarecendo aos alunos as características das ondas eletromagnéticas e as relações de proporcionalidade entre comprimento de onda, frequência e energia. Desse modo, eles poderão compreender melhor o uso de determinado tipo de onda em sua aplicação prática.

É necessário levar os alunos a perceberem que uma onda eletromagnética é sempre originada por cargas elétricas oscilantes, ressaltando o fato de que o tipo de carga e a frequência com que essas cargas elétricas oscilam definem a onda gerada.

A realização das aulas experimentais precisam seguir alguns passos, descritos a seguir:

- Análise dos temas que serão abordados;
- Definição do local para realização das aulas: a sala de aula ou laboratório de ciências, ou laboratório de informática com a adaptação do espaço;
- Aquisição dos objetos e equipamentos que serão utilizados;
- Montagem e demonstração de cada fenômeno ou processo físico tratado no tema.

Para cada aula, o professor deve organizar os alunos em equipes de até 05 (cinco) componentes. Cada aluno deve ter um manual em sua posse para leitura e acompanhamento.

Para a realização de cada aula experimental será necessário uma hora aula de 45 minutos, com a dinamização e distribuição deste tempo da seguinte forma:

- Organização das equipes em 5 minutos;
- Leitura do manual em 10 minutos;
- Realização e observação do experimento em 20 minutos;
- Discussão e respostas do questionário concernente à aula em 10 minutos.

A aplicação de todas as aulas experimentais do manual necessita de um total de nove (09) horas aulas de 45 minutos cada uma delas.

3.3 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

3.3.1 Público contemplado

Para que se efetive um experimento, torna-se necessário selecionar sujeitos. Essa tarefa é de fundamental importância, visto que a pesquisa tem por objetivo generalizar os resultados obtidos para a população da qual os sujeitos pesquisados constituem uma amostra. De modo geral, população significa o número total de elementos de uma classe. (GIL, 2002, p. 98).

A aplicação do produto educacional ocorreu na Escola Estadual de Ensino Médio Prof. Luis Magno, localizada na cidade de Parauapebas, Pará. Sendo contemplado o público dos alunos de cinco (05) turmas da 2ª série e três (03) turmas da 3ª série do turno vespertino. Em um primeiro momento participaram 109 alunos de um total de 285 matriculados, mas devido o advento da pandemia do covid-19 esses alunos estavam frequentando a escola em grupos que revezavam em dias da semana de acordo uma tabela estabelecida pela escola, e, este revezamento só permitiu que 44 alunos (aproximadamente 15% dos 285 matriculados) participassem integralmente da aplicação do produto educacional, sendo 12 do sexo masculino e 32 do sexo feminino. Sendo assim, destes 285 alunos, efetivamos uma amostra composta de 44 estudantes.

Os alunos foram organizados em grupos de 5 a fim de otimizar a execução, a organização da sequência das aulas e as posteriores análises e discussão de acordo com o tempo determinado. Cada aluno recebeu um exemplar do manual para atentamente trilhar cada passo e orientações.

3.3.2 Cronograma das etapas de aplicação do produto

A aplicação do produto ocorreu em modalidade mista, parte on-line (através do Google formulário) e parte presencial. Seguindo um cronograma de ações, a aplicação do produto educacional ocorreu de acordo com o exposto na tabela 01.

Quadro 1: Cronograma de aplicação do produto educacional

Período de tempo	Mês/ano	Tarefa aplicada	Modalidade
1 (uma) semana	maio/2021	pré-teste	online
2 (duas) semanas	nov/2021	Aulas experimentais: - Análise da chama de uma vela; - Verificando a topografia dos níveis de energia na chama da vela; - Enxergando as ondas eletromagnéticas em um feixe de luz.	presencial
1 (uma) semana	dez/2021	Aulas experimentais: - Enxergando a radiação infravermelha emitida por controle remoto; - Visualizando o perfil das ondas eletromagnéticas em uma lâmpada de filamento (incandescente).	presencial
3 (três) semanas	jan/2022	Aulas experimentais: - Verificando a topografia de um raio laser; - Geração de ondas de radio; - Refração de luz branca.	presencial
1(uma) semana	fev/2022	pós-teste	Presencial e online

Quadro 1: Cronograma de aplicação do produto educacional

3.3.3 Estrutura e Método aplicado no pré teste

O questionário foi composto de 4 perguntas de caráter social e 14 perguntas voltadas ao tema aqui estudado, totalizando 18. Disponibilizamos-o na plataforma online por um período de 50 minutos nos dias 12, 13, 17 e 19 de maio de 2021, a fim de atender as diversas particularidades dos alunos como (sinal de internet indisponível, horário de trabalho de alguns, horários de cursos ou outros compromissos). Teve duração de 50 minutos, com horários de início e fim configurados no aplicativo para garantir o exato tempo determinado para a elaboração de todas as respostas. A integridade das respostas de cada aluno de forma individual foi uma característica validada. No cabeçalho do questionário foi escrita uma mensagem de orientação a respeito da importância de respondê-lo sem a ajuda de terceiros ou pesquisas em livros ou pesquisas em sites.

O método de aplicação foi remota devido a situação de afastamento social que vivíamos naquele momento. Composto pela coleta de dados e questões sobre o tema estudado, foi aplicado de forma on-line porque a Escola estava oferecendo somente aulas remotas (EAD-ensino à distância) devido o afastamento social que provocou a suspensão das aulas presenciais.

As 14 perguntas relacionadas ao tema estudado obedeceram os seguintes formatos: 06 com marcação para “sim” ou “não” acrescentada a justificativa, 07 de múltipla escolha com a marcação daquela julgada correta e 01 objetiva com resposta em texto curto. O controle do tempo ocorreu pela configuração feita no questionário dentro do aplicativo, onde o aluno acessava o questionário e a partir daí um contador de tempo (*timer*) era ativado para automaticamente encerrar exatamente 50 minutos depois.

3.3.4. Método aplicado nas aulas práticas

A aplicação das aulas experimentais do manual se deu de forma presencial e ocorreu em 06 (seis) semanas, distribuídas entre os meses de novembro de 2021 a janeiro de 2022. Este tempo foi longo porque os alunos estavam frequentando a Escola em regime de revezamento escalonado imposto pelas leis que determinavam as limitações de aglomeração para evitar contágio da covid-19 em plena pandemia.

Das nove aulas experimentais do manual foram aplicadas oito delas, sendo: Análise da chama de uma vela; Verificando a topografia dos níveis de energia (radiação) em uma chama de vela; Enxergando as ondas eletromagnéticas em um

feixe de luz; Enxergando a radiação infravermelha emitida por controle remoto; Visualizando o perfil das ondas eletromagnéticas em uma lâmpada de filamento (incandescente); Verificando a topografia de um raio laser; Geração de ondas de radio; Refração de luz branca.

3.3.5 Tempo para a aplicação do produto educacional

O pré-teste foi aplicado on-line pelo aplicativo Google formulário em um tempo determinado de 50 minutos. Na configuração do formulário (questionário com dados e questões referentes ao tema estudado) foi definido os horários de início e fim para garantir os exatos 50 minutos disponíveis para o preenchimento e repostas. Previamente, foram passadas as instruções a respeito da integridade que cada aluno deveria manter, em não fazer consultas em livros, ou a outras pessoas, ou em sites de buscas de textos ou videos.

O tempo demandado para a aplicação de oito aulas experimentais, das nove composta no manual foi de 8 horas aulas com duração de 45 minutos cada.

A aplicação do pós-teste ocorreu nos formatos on-line pelo aplicativo Google formulário e de forma presencial, ambos com 50 minutos de duração. A necessidade da aplicação on-line foi para atender os alunos (um total 14) da 3ª série que já estavam em fase transitória de finalizar o ano letivo e buscar colocações em cursos de graduação, haja visto, que o ano letivo de 2021 estava atrasado e já estávamos em fevereiro de 2022.

Os alunos receberam orientações sobre os questionários pré-teste e pós-teste para total atenção e cuidado nas perguntas e questões que exigiam, além do “sim” ou “não”, a justificativa ou “porque”.

Cada aula experimental realizada levou aproximadamente 45 minutos na execução, seguindo os passos: organização das equipes, leitura do manual, realização e observação do experimento, discussão e respostas do questionário concernente à aula.

Durante a realização de cada aula experimental os alunos montavam e/ou organizavam em posições ideais para a execução os objetos e equipamentos, fazendo observações dos fenômenos físicos ocorridos. Cada grupo recebeu de dois a três exemplares do manual.

Os fenômenos observados na ocorrência de cada experimento foram anotados nos cadernos dos próprios alunos, seguindo as questões de um questionário descrito

no final de cada aula experimental, chamado “estruturando os resultados”.

3.3.6 Desenvolvimento e observações do produto educacional

Na primeira aula experimental que é a análise da chama de uma vela utilizamos uma simples vela de parafina, que foi acesa para permitir a combustão e o fenômeno da chama. No decorrer desta aula foi observado as três cores distintas que existem na chama da vela, e comparando-as visualmente com as cores de luz visível do espectro eletromagnético. O professor cuidadosamente aproxima um dedo na chama e orienta aos alunos fazerem o mesmo para perceber a radiação térmica (infravermelha) em volta da mesma. Foram gastos aproximadamente 20 minutos para a realização desta aula, contando com montagem sugerida, observações feitas e anotações dos fenômenos observados.

Os alunos argumentaram sobre a percepção e comparação das cores distintas da chama da vela com os níveis de energia e frequência das cores de luz visível do espectro, e, que agora fica esclarecido porque as chamas azuis ou parte azul de uma chama possui maior poder de queima. Entenderam orque a chama de um fogão de cozinha consegue fornecer grande poder de queima no processo de cozimento.

Na segunda aula experimental realizada onde se verificou a topografia dos níveis de energia na chama da vela utilizamos a mesma vela de parafina do primeiro experimento, e uma webcam modificada (sem o filtro de infravermelho) e um notebook. Ainda observando as três cores distintas que existem na chama da vela, desta vez, comparando-as com o perfil fotográfico desta chama na tela do notebook fica evidente também três cores distintas no perfil da imagem, que se relacionam da seguinte forma: a parte azul da chama aparece na imagem como um branco itenso abrilhantado, a parte vermelha alaranjada da chama aparece na imagem com um tom avermelhado, e a parte mais externa da chama que caracteriza a radiação infravermelha aparece na imagem como um branco bem leve, que é o tom mostrado pela câmera sem filtro quando se trata de luz invisível (infravermelho). Os alunos observaram que a comparação das cores com os níveis de energia é sugestivo na imagem gerada pela webcam, devido à distinção de cores geradas na imagem.

Para a realização desta aula foram gastos aproximadamente 25 minutos para montagem adequada, observações feitas e anotações dos fenômenos observados.

A terceira aula realizada foi enxergando as ondas eletromagnéticas em um feixe de luz, em que utilizamos uma lâmpada de luz branca acoplada em um pequeno

abajur, uma webcam modificada (sem o filtro de infravermelho) e um notebook. Os alunos ficaram surpresos em ver o fenômeno ondulatório de uma luz, fenômeno este que já tinham lido em livros a respeito e ouvido falar em aulas anteriores. A imagem projetada na tela do notebook a partir da captação do feixe de luz emitido pela lâmpada é dinâmica em que se refere aos movimentos dos fótons de luz. O tempo decorrido para este experimento foi de aproximadamente 28 minutos.

Na quarta aula experimental foi enxergando a radiação infravermelha emitida por controles remotos, e foram utilizados dois controle típicos do nosso dia a dia, um de televisão e outro de aparelho de som, uma webcam modificada (sem o filtro de infravermelho) e um *notebook*. Para a montagem adequada, observações feitas e anotações dos fenômenos observados o tempo gasto foi de 30 minutos.

Manipulamos, ou seja, digitamos várias teclas dos controles remotos e por vezes pressionávamos uma tecla e segurava, fazendo observações sobre o pulso de radiação emitida e a diferença desses pulsos quando digitado ou pressionado. Os alunos entenderam que o sinal de infravermelho não é a luminosidade do led frontal do controle, pois este led é apenas um indicativo de bateria funcionando.

Na quinta aula experimental realizada, sobre a visualização do perfil das ondas eletromagnéticas em uma lâmpada de filamento (incandescente), utilizamos uma lâmpada de luz amarela acoplada em um pequeno abajur, uma webcam modificada (sem o filtro de infravermelho) e um notebook. A montagem para este experimento foi similar à montagem da terceira aula. Para o desenvolvimento total do procedimento experimental decorreram 26 minutos.

Os alunos puderam verificar na imagem projetada na tela do computador o fenômeno ondulatório, típico de toda luz, o perfil das ondas de luz amarela emitida dentro do bulbo da lâmpada e o perfil das ondas de infravermelho na parte externa do bulbo, esta última em forma de calor. Nesta aula foi possível ainda, observar o quanto é parecido o perfil dos níveis de energia em uma chama de vela e os níveis de energia em uma lâmpada incandescente (figura 11 do manual).

Na sexta aula experimental foi verificado o perfil topográfico ondulatório de um raio laser. Utilizamos um pequeno instrumento emissor de raio laser de baixa frequência, uma webcam modificada (sem o filtro de infravermelho), um telefone celular smartfone com câmera fotográfica e um notebook. A montagem e a manipulação dos equipamentos e instrumentos para a ativação do fenômeno físico a ser observado foram semelhantes à nossa quarta aula sobre “enxergar a radiação

infravermelha emitida por controles remotos.

A verificação do perfil ondulatório do raio laser projetado pela webcam no computador permitiu visualizar a coerência do feixe de luz, além da percepção da cor avermelhada provocada pelo elemento químico semicondutor utilizado na fabricação do instrumento, e da cor branca que identifica a radiação infravermelha, uma vez que os lasers de baixa frequência funcionam na faixa do infravermelho. No perfil ondulatório do raio laser projetado pela câmera do smartfone não é possível visualizar as raias de cor branca que identificam a radiação infravermelha.

Geração de ondas de rádio foi nossa sétima aula experimental realizada, com apenas um pequeno rádio de pilha e uma bateria de 9 volts com dois terminais de fios conectados nos pólos negativo e positivo desencapados nas extremidades foi possível comprovar o fenômeno físico que começou a tecnologia das comunicações por radiações. O rádio ao ser sintonizado por uma frequência desconhecida emite apenas um chiado de falta de sintonia, logo, provocando contato entre os dois fios um som distinto do chiado é emitido, este se refere às ondas de rádio. Nesta experiência o tempo decorrido foi de 20 minutos entre montar, organizar, produzir a onda e analisar o fenômeno.

A oitava aula experimental realizada foi sobre a refração de luz branca, com a utilização de um prisma triangular pudemos demonstrar e verificar a composição da luz branca ao sofrer desvio por este objeto. Os alunos comentaram sobre a simplicidade de ver um fenômeno físico, até então visto por eles somente em livros.

A avaliação inicialmente feita sobre a aplicação do produto é que os alunos não demonstraram dificuldades na compreensão dos temas abordados e os fenômenos físicos gerados em cada aula experimental. Em alguns momentos houve dificuldade de visualização de um ou outro fenômeno por conta da luminosidade do ambiente, mas com pequenas ações como fechar porta e adaptar cortinas na janelas envidraçadas foi possível resolver este problema.

Ficou evidente a surpresa e admiração pela maioria dos estudantes essa forma de estudar a Física. Eles também demonstraram grande interesse em buscar novos conhecimentos dos temas estudados e outros temas de Física em canais de grande aceitação e fácil acesso a todos, como: youtube, google pesquisas, documentários em canais de televisão, na internet de uma forma geral.

A aplicação do produto educacional iniciou com a realização do pré-teste com uma lista de perguntas de caráter socioeconômicas e uma lista sequencial de

questões investigativas inerentes ao tema estudado. Após a aplicação do produto foi aplicado um pós-teste, com questões investigativas, aos mesmos alunos que participaram do pré-teste e conseqüentemente de todas as aulas experimentais, com o objetivo de descobrir quais os impactos verificados na aprendizagem dos alunos.

3.4 ESTRUTURA DO PÓS-TESTE

A estrutura do questionário pós-teste foi composta por 15 itens, sendo 4 perguntas que buscavam respostas a respeito da relevância do manual de experimentos como ferramenta e metodologia para o processo de ensino e aprendizagem de Física, e 11 perguntas relacionadas às questões investigativas a respeito de todo o tema estudado e os fenômenos observados. A maioria destas questões buscavam respostas do tipo “sim” ou “não” acrescidas de justificativas, enquanto duas outras perguntas buscavam respostas do tipo nível de satisfação “ruim”, “regular”, “bom”, e “ótimo”. Todas as questões tiveram o objetivo geral de analisar o quanto o produto educacional é importante.

Na aplicação deste questionário foi informado aos alunos que o tempo para todas as respostas seria aproximado ao tempo das aulas. A identificação de cada aluno foi um item opcional, mas muitos deles preferiram se identificar. Ocorreu de forma presencial e no formato on-line pelo aplicativo Google formulário, este último foi necessário para atender alguns alunos da 3ª série que já estavam em fase transitória de finalizar o ano letivo e buscar colocações em cursos de graduação. Em ambos os formatos o tempo utilizado foi de 50 minutos. Aproximadamente 70% dos alunos responderam ao questionário pós-teste de forma presencial.

3.5 OS OBJETIVOS DAS AULAS EXPERIMENTAIS

Fundamentados nos conceitos físicos e nas aplicações da Física no contexto do mundo, todas as aulas experimentais do manual buscam conectar teoria e prática, além de mostrar a fundamentação e desenvolvimento das tecnologias por meio da Física.

Conforme Araújo e Abib (2003), através de experimentos tem-se procurado verificar a existência de conceitos espontâneos nos alunos e a possibilidade de ocorrência de mudanças conceituais produzidas pela criação de condições que facilitem o processo de reflexão, em uma abordagem com enfoque nas características cognitivistas.

Tem também o propósito de potencializar o processo de ensinagem de Física a partir dos conhecimentos de senso comum, dos conhecimentos de como funcionam os equipamentos e instrumentos de uso diário da sociedade, e observações de fenômenos físicos. Estes, conforme a teoria de aprendizagem de David Ausubel, são considerados subsunçores de ancoragem para novas aprendizagens.

Em termos simples, subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles (MOREIRA, 2010).

3.5.1 Aula experimental 01: Análise da chama de uma vela.

Essa aula mostra a relação da temperatura de uma chama com as diferentes cores apresentadas nas regiões distintas dela. Esclarecendo que as diferentes cores na chama são devidas as diferentes frequências das ondas eletromagnéticas.

Abordagem dos comprimentos de ondas e frequências distintas são grandezas inversamente proporcionais. Ainda foi falado sobre a região externa da chama que é a região do infravermelho que não pode ser vista, porém sentida em forma de energia térmica (calor).

Para esta aula foi usada apenas uma vela de parafina e acendedor, além do manual. A figura 9, distingue as cores existentes na chama e a percepção do infravermelho no entorno.

Figura 9: Distinção das regiões das cores e a região do infravermelho

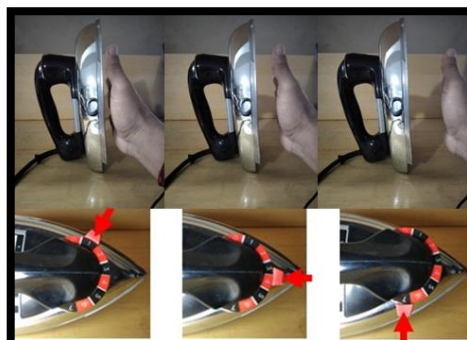


Fonte: Elaborada pelo autor

3.5.2 Aula experimental 02: Percebendo o infravermelho.

Esta aula mostra que o calor emitido pela superfície de um ferro elétrico de passar roupa é radiação infravermelha, e que a variação da temperatura controlada pela modulação do botão de ajuste reflete na mudança da frequência da radiação, isto significa dizer que a intensidade do infravermelho muda sempre que muda o ajuste, ver figura 10.

Figura 10: Ajuste da emissão de calor e percepção da variação de intensidade



Fonte: Elaborada pelo autor

Os alunos precisam compreender que a presença da radiação infravermelha é frequente em nosso contexto de vivência nas superfícies quentes, como por exemplo: na superfície do ferro de passar roupa, na camada energética na superfície de nosso corpo, dentre outros. Entender também que essa onda eletromagnética não é percebida pela maioria das pessoas, uma vez que ela se situa na faixa de luz invisível, não podendo ser vista, mas sentida em forma de calor.

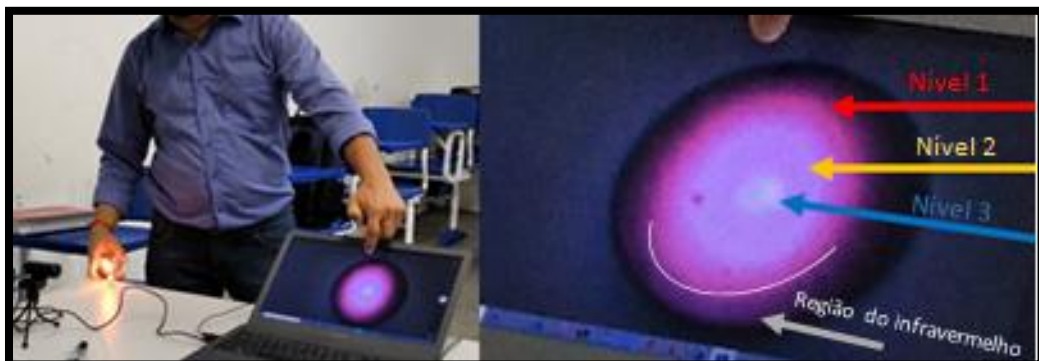
3.5.3 Aula experimental 03: Verificando a topografia dos níveis de energia (radiação) em uma chama de vela.

A presente aula tem início com a apresentação de um instrumento óptico modificado (*webcam sem filtro de infravermelho*) que permite o olho humano enxergar as ondas eletromagnéticas na região do infravermelho. Assim como na primeira, nesta aula foi usada uma vela de parafina e um notebook para conectar a webcam.

Através da imagem da chama da vela projetada no monitor do computador pretende-se visualizar os níveis de calor que está sendo produzido por ela. Vimos na primeira aula que as três cores distintas produzem níveis diferentes de energia. E, importa que os estudantes compreendam que as diferentes cores em uma chama são devidas aos diferentes comprimentos de onda e às diferentes frequências das ondas eletromagnéticas.

O destaque maior para os alunos é a visualização do fenômeno da luz invisível representado pela faixa mais externa da imagem, que é o infravermelho (figura 11).

Figura 11: Níveis de energia em uma chama de vela



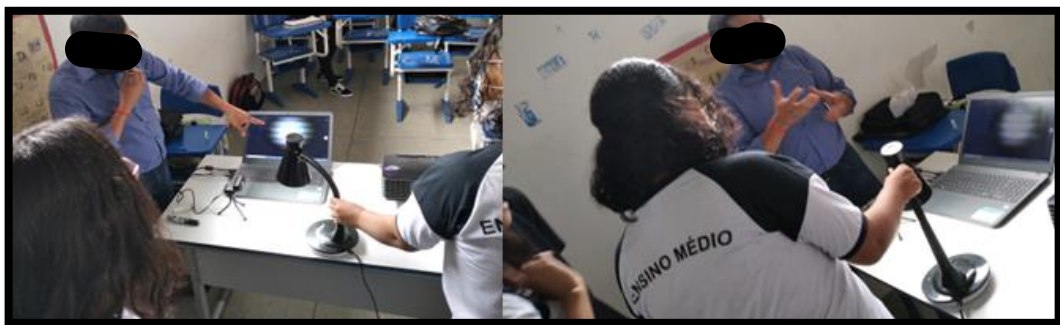
Fonte: Elaborada pelo autor

3.5.4 Aula experimental 04: Enxergando as ondas eletromagnéticas em um feixe de luz.

Semelhantemente à aula três, esta aula tem início com a apresentação de um instrumento óptico modificado (*webcam sem filtro de infravermelho*) que permite o olho humano ter visão do fenômeno ondulatório, comum a todo tipo de luz. Utilizamos uma lâmpada de led cor branca acoplada em um abajur para a emissão do feixe de luz.

Mostrar e levar o aluno a entender que a sensibilidade dos nossos olhos em se comunicar com as regiões visível e invisível do espectro está em função com o comprimento de onda. E, explicar a construção do conhecimento físico como um processo histórico dos modelos idealizados até aos atuais modelos.

Figura 12: Imagem do movimento ondulatório da luz



Fonte: Elaborada pelo autor

Para a produção de uma boa imagem é sugerido o uso de lâmpada de led porque esta emite pouca radiação infravermelha, o que possibilita a webcam captar as ondas da região do espectro que tem maiores frequências.

3.5.5 Aula experimental 05: Enxergando a radiação infravermelha emitida por controle remoto.

Semelhantemente às aulas três e quatro, esta aula tem início com a apresentação de um instrumento óptico modificado (*webcam sem filtro de infravermelho*) que permite o olho humano ter visibilidade de luz invisível. Utilizamos um *notebook*, controle remoto de televisão e de aparelho de som.

Esta aula propõe levar os estudantes a perceberem que a sensibilidade dos nossos olhos em se comunicar com as regiões visível e invisível do espectro está em função com o comprimento de onda, e compreenderem o desenvolvimento histórico

da tecnologia, suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de nossa época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e novas necessidades. Neste caso, que o processo tecnológico de emissão de sinal de infravermelho proporcionou grandes mudanças e avanços para o bem-estar do ser humano. Na figura 13 é possível ver a imagem de luz invisível na tela do *notebook*.

Figura 13: Enxergando o sinal de infravermelho



Fonte: Elaborada pelo autor

3.5.6 Aula experimental 06: Visualizando o perfil das ondas eletromagnéticas em uma lâmpada de filamento (incandescente).

Este experimento tem início com a apresentação de um instrumento óptico modificado (*webcam sem filtro de infravermelho*) que permite o olho humano enxergar as ondas eletromagnéticas na região do infravermelho.

Similarmente à terceira aula, onde pudemos ver o perfil topográfico dos níveis de energia na chama de vela. O aluno deve perceber a semelhança do perfil topográfico dos níveis de calor gerados em torno da lâmpada, tanto no próprio filamento como nas partes internas e externas do bulbo de vidro. Entender que em ambos os meios produtivos de ondas eletromagnéticas (chama e filamento acesso) é evidente os diferentes comprimentos de ondas, conseqüentemente, distintos níveis de energia.

Figura 14: Perfil topográfico dos níveis de energia emitidos pela lâmpada incandescentes



Fonte: Elaborada pelo autor

É notável pelos alunos que tanto na chama de uma vela quanto no aquecimento do filamento da lâmpada ocorrem emissão de infravermelho, que é visível na borda de ambas as imagens captadas pela *webcam*.

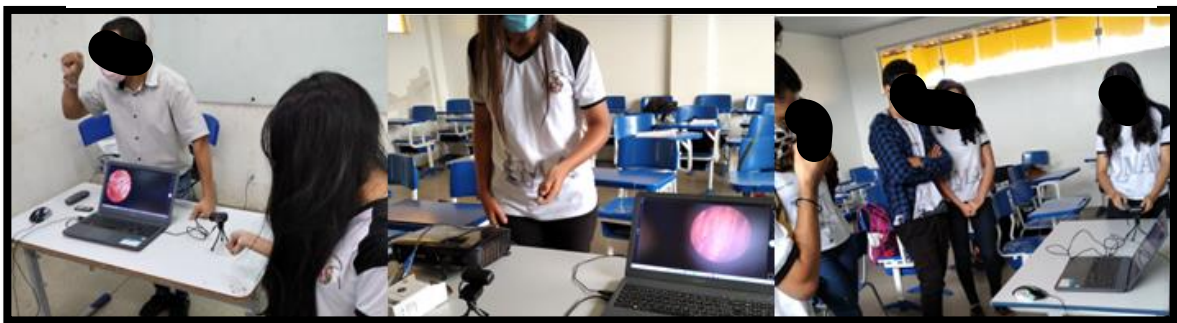
3.5.7 Aula experimental 07: Verificando a topografia de um raio laser.

Esta aula permite o professor explicar o fenômeno de radiação laser, notadamente expondo o feixe de luz colimada e divergente de forma visual, podendo ainda mostrar a diferença entre luz coerente e não coerente. O laser é uma luz especial por apresentar características distintas de uma luz normal, isto fica de fácil compreensão a partir do acompanhamento desta aula.

O laser tem se mostrado de extrema importância para o desenvolvimento de diversos equipamentos e instrumentos usados na medicina, na indústria, na diversão e outros.

Este experimento poderá despertar os alunos a conhecerem profundamente as tecnologias envolvidas com este fenômeno. Na figura 15 pudemos ver alunos vendo o perfil topográfico de um raio laser.

Figura 15: Perfil topográfico de um raio laser

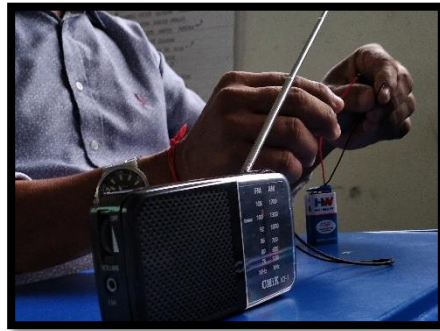


Fonte: Elaborada pelo autor

3.5.8 Aula experimental 08: Geração de ondas de rádio.

Para esta aula experimental utilizamos um rádio de pilha e mais uma bateria de 9 volts capaz de gerar um curto-circuito ao ser tocado um pólo no outro pólo através de dois terminais com as extremidades sem isolamento (figura 16).

Figura 16: Gerando ondas de rádio por curto-circuito



Fonte: Elaborada pelo autor

Aqui, a proposta é fazer os alunos compreenderem que a sintonização dos rádios tradicionais (que funcionam sem conexão com internet) ocorre porque as ondas eletromagnéticas permitem o fluxo do som, entendendo que as ondas transportam energia.

A compreensão de forma simples como uma onda eletromagnética pode ser gerada através de cargas elétricas aceleradas, além de sua captação por um receptor adequado, como neste caso, em que usamos a antena do rádio.

Sugerimos que para esse experimento, seja utilizado uma bateria de no mínimo 9 volts a fim de gerar um curto-circuito suficiente para gerar a onda, e que a turma possa fazer o máximo de silêncio no momento da emissão da onda porque esta será ouvida no rádio como um ruído distinto do ruído normal do rádio.

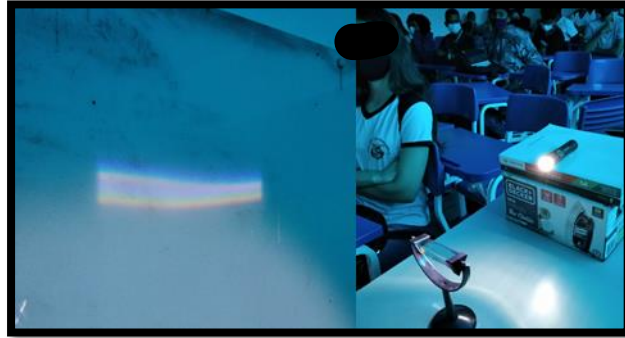
3.5.9 Aula experimental 09: Refração de luz branca.

O fenômeno da refração de luz branca foi verificado por Newton em 1672 ficando conhecido como teoria das cores de Newton. Normalmente a teoria das cores de Newton é apresentada nos livros didáticos como bastante simples e direta, além de ser considerada como um exemplo de apresentação do método científico. Os livros-texto também levam a crer que é fácil chegar às mesmas conclusões que Newton a partir dos seus experimentos (SILVA e MARTINS, 2003).

Sendo assim, esta aula experimental objetiva demonstrar para os alunos, na prática aquilo que para muitos tem sido apenas teorizado e/ou ilustrado nos livros didáticos. Pretende-se ainda abordar que as diferentes cores que conseguimos ver são de fato originadas a partir da luz branca. Neste experimento usamos um prisma

triangular em suporte plástico e uma lanterna com lâmpada de led para a emissão de luz branca (figura 17).

Figura 17: Refração de luz branca



Fonte: Elaborada pelo autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Programa Nacional de Mestrado Profissional do Ensino de Física, por iniciativa da Sociedade Brasileira de Física (SBF) e apoiada pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), tem como proposta capacitar os professores da Educação Básica na ministração de conteúdos atualizados e de técnicas alternativas de Ensino.

O produto educacional aqui apresentado é fundamentado nesta proposta. Ele foi aplicado na Escola Estadual de Ensino Médio “Luis Magno de Araújo”, situada no município de Parauapebas no Estado do Pará.

Figura 18: EEEM Luis Magno de Araújo

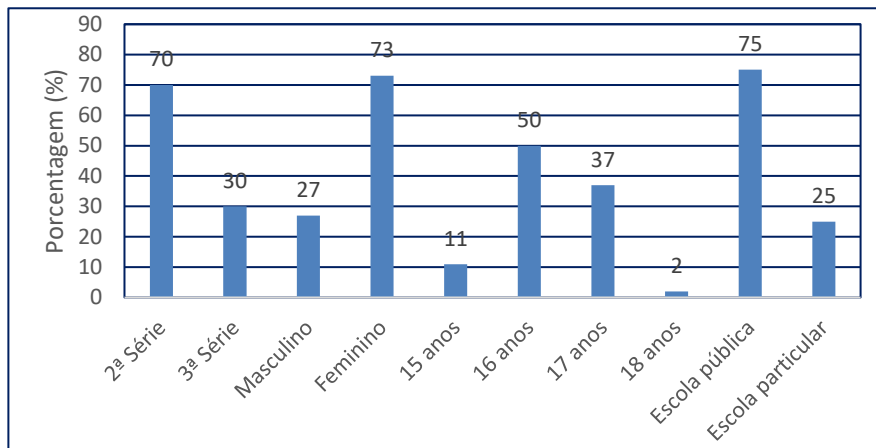


Fonte: Elaborada pelo autor

4.1 RESPOSTAS DAS QUESTÕES DO PRÉ-TESTE

As quatro perguntas iniciais foram focadas nas características básicas dos estudantes, como: série em curso, sexo, idade e ambiente estudantil de anos anteriores (frequentava escola pública ou privada). Ver gráfico 1 a distribuição destas informações.

Gráfico 1: Resultado das quatro perguntas sócioeconômicas



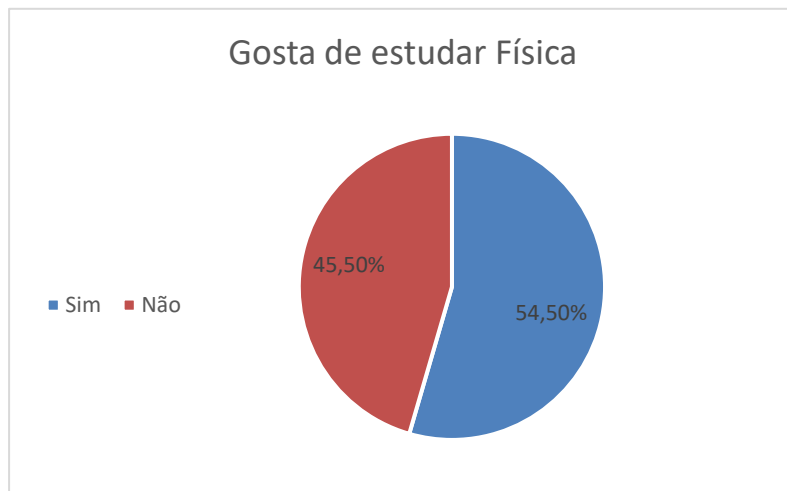
Fonte: Elaborada pelo autor

Analisando o exposto na distribuição gráfica, percebe-se que a maior participação nos estudos foi dos alunos da 2ª Série com 70%, enquanto a 3ª Série contou com 30%, o que é proporcionalmente compatível com as 5 turmas e 3 turmas da 2ª Série e 3ª Série respectivamente. Com relação ao sexo, a maior participação foi das mulheres com 73%.

Podemos observar que a idade dos alunos frequentes na Escola Luis Magno está de acordo com o que diz a Lei de diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB)/1996, que define até 17 anos para cursar o Ensino Básico. Conforme o gráfico, 98% dos alunos estão na faixa entre 15 a 17 anos, apenas 2% não obedece o que diz a LDB, sendo isto uma exceção devido um aluno que pagava matéria por reprovação passada. Observa-se também na pesquisa que a maioria dos estudantes vem de Escola pública, 75% deles. É um indício de que a maioria nem sempre dispunham de atividades escolares que fossem comum a teoria e prática com aulas experimentais.

As questões investigativas do pré-teste, iniciando a partir da quinta questão, objetivaram conhecer a opinião dos alunos a respeito do ensino de Física dentro do ambiente escolar. A primeira pergunta desta sequência de questões busca saber o gosto dos alunos em estudar Física. O gráfico 2 mostra a quantidade percentual sobre a resposta.

Gráfico 2: Porcentagem de alunos que gostam de estudar Física



Fonte: Elaborada pelo autor

O gosto ou vontade de estudar Física é dividido entre os alunos, quase que meio a meio, prevalecendo a resposta “sim” com aproximadamente 55%. No entanto, podemos considerar que os 45%, aproximadamente, que não gostam de estudar Física pode ser um fator preocupante porque representa uma rejeição à esta tão importante área da ciência.

Vejamos a justificativa desta resposta por vários alunos. De alguns que assinaram sim:

- Está presente no nosso cotidiano, é um conhecimento que pode nos levar a descobrir muitas coisas interessantes.
- Para mim é bastante curioso como funciona a física de todo o universo que nos cerca.
- É uma matéria que traz muitos conhecimentos, através de exemplos do cotidiano, além disso podemos descobrir muitas coisas interessantes por meio dela.
- Eu gosto de saber como alguns fenômenos acontecem, e a física proporciona explicações à muita coisa, mas desgosto da parte de resolver os problemas, por sempre ter algumas dificuldades com cálculos, e fórmulas. Venho tentando melhorar isso.
- Aprendemos as leis gerais da natureza.

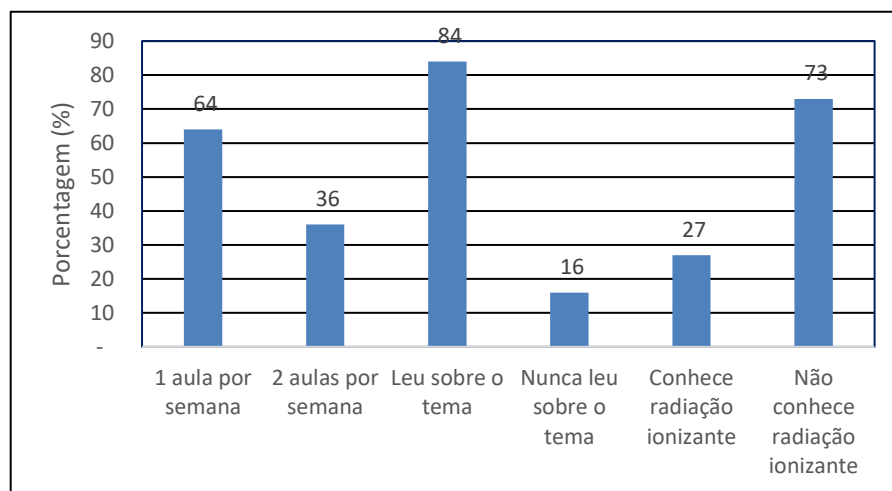
De alguns que assinaram não:

- Nenhum professor me ensinou o certo o que é física, então eu tenho uma ideia formada sobre física.
- Eu tenho muita dificuldade para entender a matéria porque é tudo cálculo.
- Porque quase tudo na física envolvem matemática, e eu não gosto de matemática, nem é gostar, é que eu não sei muito.

- Porque há vários temas que por mais que eu tente, não compreendendo, e também para desenvolver as atividades, na hora que o professor está resolvendo uma questão é fácil, mas quando tento sozinha é complicado.

O gráfico 3 mostra uma visão das respostas referentes as questões 2- Quantas aulas de Física você tem por semana? 3- Você já leu sobre ondas eletromagnéticas? e 4- Você sabe o que radiação ionizante?

Gráfico 3: Aulas por semana e conhecimento do tema estudado



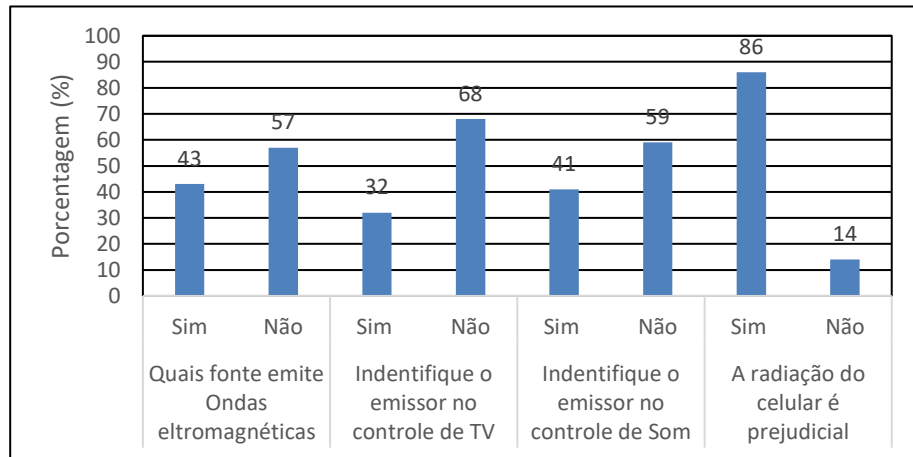
Fonte: Elaborada pelo autor

No que diz respeito à quantidade de aulas de Física por semana, percebe-se uma carga horária deficiente de tempo para o ensino da disciplina, haja vista que 64% só tem uma única aula por semana. Sobre conhecer previamente o tema estudado, 84% dos estudantes respondendo que já leu sobre ondas eletromagnéticas, isso corresponde a 37 alunos, mas 67% destes afirmaram não saber explicar.

Ainda sobre leitura ou estudo prévio a cerca do tema, 73% não entende o que é radiação ionizante (este é um conhecimento fundamental para ações preventivas de saúde).

O gráfico 4 traz uma clareza sobre o que os alunos sabem a respeito das fontes de emissões de ondas eletromagnética abordado na questão cinco, o que conhecem dos instrumentos de emissões de sinais de infravermelho (controle remotos de tv e portão) abordado nas questões seis e sete, o que sabem sobre a radiação emitida pelo telefone celular perguntado na questão 8.

Gráfico 4: Conhecimento sobre emissores de ondas eletromagnética

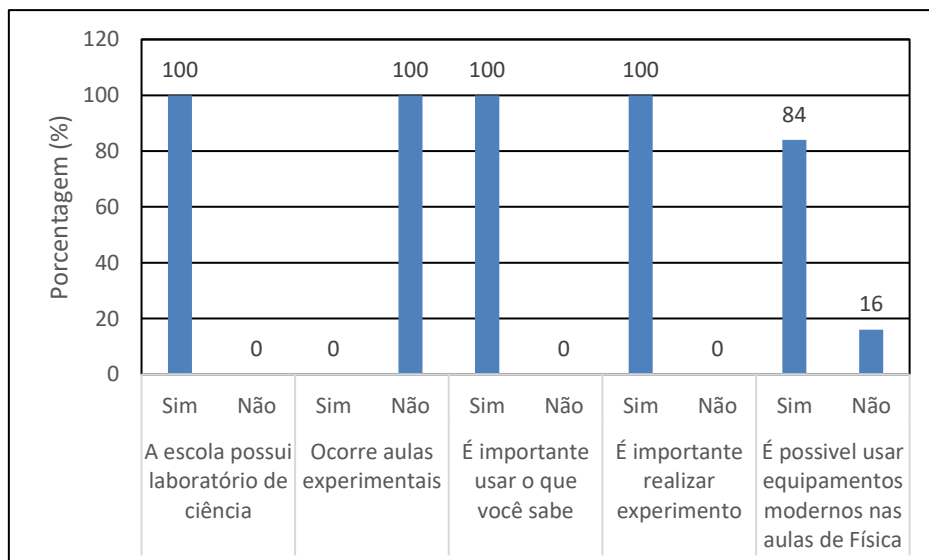


Fonte: Elaborada pelo autor

Menos da metade dos alunos conhecem o que foi perguntado a respeito das fontes naturais e industriais emissoras de ondas eletromagnéticas. Sobre a pergunta a respeito da radiação emitida pelo telefone 86% tem uma ideia errada sobre o fenômeno, no que diz respeito à saúde humana.

O gráfico 5 trata das questões relacionadas aos recursos e formas de ensinar Física.

Gráfico 5: Respostas das questões relacionadas aos recursos e formas de ensinar Física



Fonte: Elaborada pelo autor

A Escola onde se deu a aplicação do produto educacional não possui

laboratório de Ciências e não ocorrem aulas experimentais.

Foi perguntado aos alunos sobre usar o que eles já sabem ou conhecem (subsunçores, conforme a teoria da aprendizagem significativas para fundamentar novos conceitos), isto envolve o saber do senso comum e àquilo que trazem da vida escolar de anos anteriores. Perguntamos também se eles achavam importante estudar Física por meio de experimentos.

A estas duas últimas perguntas a resposta correspondeu a 100% dos alunos confirmando “sim”.

4.2 RESPOSTAS DAS QUESTÕES DO QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE

Composto com 15 questões investigativas, nos seguintes formatos:

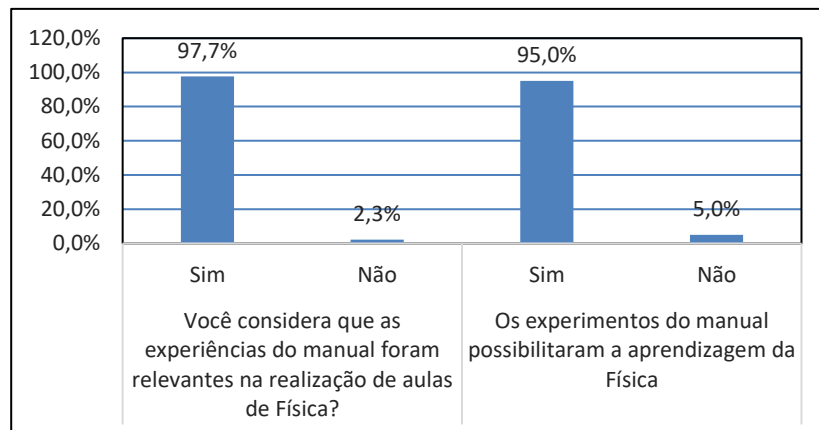
- ✓ 2 apontavam respostas “ruim”, “regular”, “bom” e “ótimo”;
- ✓ 7 apontavam respostas “sim” ou “não” com justifique, escreva ou cite;
- ✓ 5 buscou resposta explicativas e 1 apontou resposta de múltipla escolha.

O pós-teste objetivou saber dos alunos a aceitabilidade das aulas experimentais e a clareza delas para a compreensão da FMC, inclusive a respeito das ondas eletromagnéticas, a avaliação do manual, a importância de usar objetos e equipamentos do nosso dia a dia no estudo de Física, se gostariam de estudar com frequência a associação da teoria e prática.

Aplicamos também algumas questões anteriormente aplicadas no pré-teste que abordavam sobre o tema, a respeito dos conhecimentos dos alunos tanto das fontes emissoras de ondas eletromagnéticas e dispositivos desenvolvidos a partir do uso desses fenômenos. Estas, buscou medir se houve progressão na aprendizagem, já que temos referencial nas respostas do pós-teste.

O gráfico 6 mostra o percentual de relevância e aceitabilidade dos experimentos como metodologia na realização das aulas de Física; mostra também o potencial dos experimentos na compreensão do tema estudado.

Gráfico 6: Nível de relevância e aceitação dos experimentos

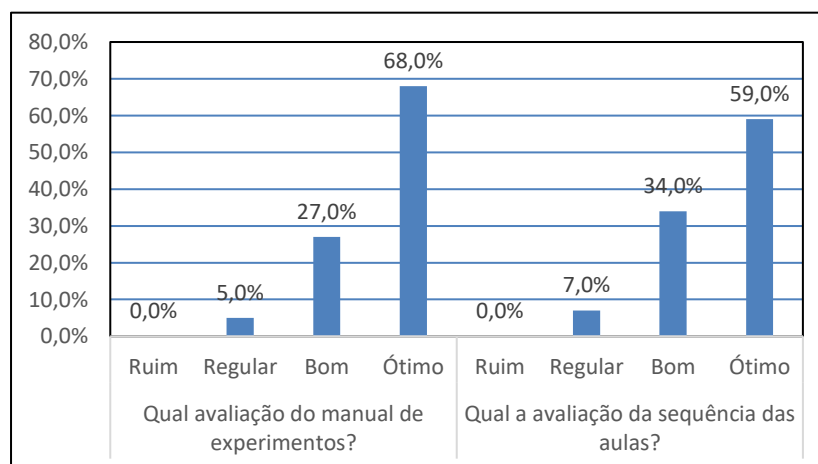


Fonte: Elaborada pelo autor

Apenas 1 aluno dos 44 participantes da aplicação do produto educacional responderam “não” à primeira pergunta, isto corresponde aos 2% apontado no gráfico. Conforme os registros, 2 alunos não conseguiram compreender, ou seja, não aprendeu sobre o tema estudado, pois o percentual “não” na resposta da segunda pergunta é de 5%. No entanto a maioria dos estudantes que participaram aceitaram e aprenderam com as aulas experimentais, com percentuais de 97,7% e 95,0% respectivamente.

As questões 3 e 4 buscavam medir o nível de aceitabilidade do manual de aulas experimentais e a satisfação da sequência seguida na realização dos experimentos, por parte dos alunos, apresentaram respostas de acordo com o gráfico 7.

Gráfico 7: Nível de aceitação do manual e da sequência dos experimentos



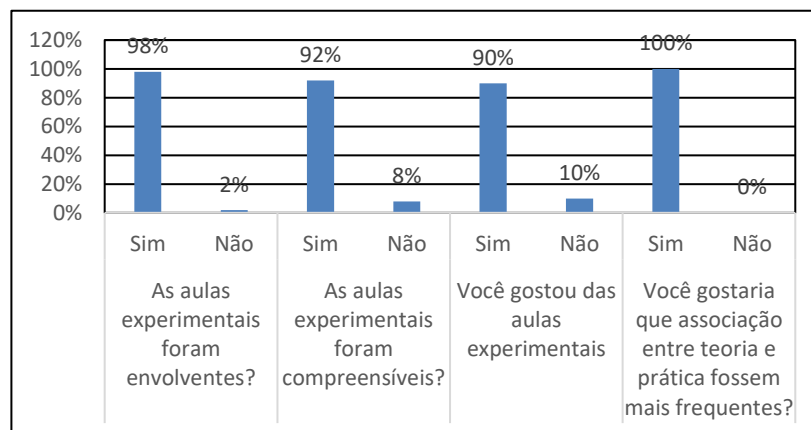
Fonte: Elaborada pelo autor

Consideremos um bom nível de aceitação do manual de experimentos, pois 95% dos alunos avaliaram entre “bom” e “ótimo”.

No decorrer da aplicação do produto educacional houveram algumas opiniões distintas, por parte dos discentes, a respeito da sequência de realização das aulas experimentais. Devido a isto, atribuímos ao questionário pós-teste a questão mostrada do lado direito do gráfico, ver-se então aí, 93% de satisfação com a sequência adotada quando somamos as avaliações de respostas “bom” e “ótimo”.

O gráfico 8 demonstrou a capacidade dos experimentos em envolver os alunos para o estudo da Física, e também a clareza do tema estudado em nível compreensível para eles, nas questões quinta e sexta respectivamente. A sétima pergunta: Você gostou das aulas experimentais? testou o gosto dos alunos em estudar com a metodologia da experimentação, enquanto a oitava pergunta busca saber o quanto os alunos desejam estudar Física relacionando teoria e prática.

Gráfico 8: Capacidade das aulas experimentais em envolver e explicar



Fonte: Elaborada pelo autor

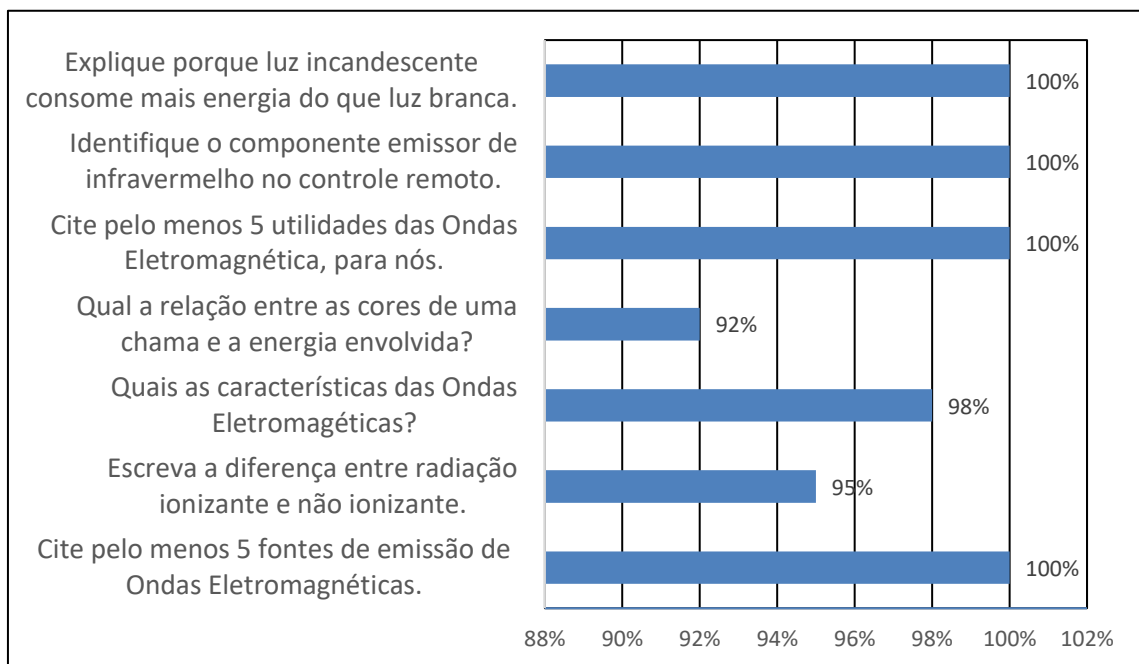
É fato que, determinados métodos ou procedimentos de ensino podem ser envolventes, mas não garante o nível de compreensão do conteúdo ministrado e nem garante que os alunos terão gosto pelas aulas.

Os 10% dos discentes que disseram não ter gostado dos experimentos, embora a maioria destes terem achado que os experimentos são envolventes, justificaram o “não” pelo fato de ter sido desconfortável o ambiente da sala de aula para a ministração, haja vista que a Escola Luis Magno de Araújo não dispõe de laboratório.

As aulas experimentais são favoráveis à motivação da aprendizagem dos alunos e a formação de conceitos pode despertar o interesse pela observação, investigação da natureza e até para a resolução de problemas, mas para que isso ocorra, o papel do professor é fundamental como agente motivador e mediador instigando o aluno na construção do conhecimento (SILVA, et al. 2021).

Para a evidência dos ganhos obtidos com relação ao aprendizado do tema estudado, apresentamos os dados do gráfico 9.

Gráfico 9: Questões pertinentes aos conteúdos estudados



Fonte: Elaborada pelo autor

Os estudantes adquiriram transparência de alguns fenômenos físicos tão presentes em nosso meio, como: a radiação de infravermelho em uma simples chama de vela e em uma superfície quente de um ferro de passar roupas; o perfil ondulatório das luzes, tão teorizada nos livros didáticos. A compreensão do funcionamento dos equipamentos e instrumentos como controle remoto, emissor de raio laser e rádio de pilha. Também conseguiram relacionar as cores das luzes visíveis com o poder energético.

Das 7 questões investigativas discriminadas no gráfico, 100% dos discentes responderam com acerto pelo menos 4 delas, as outras 3 não houve acerto por todos

os alunos, mas acima de 90% deles acertaram nas respostas. A isto, evidenciam novos aprendizados.

Alguns estudantes argumentaram que “não imaginavam que a Física tem tanta influência na construção da Ciência”. Falaram ainda, “que as aulas experimentais além de trazer maior clareza à compreensão dos fenômenos e dos conceitos, despertam o desejo para aprender mais e mais desta Ciência responsável por grandes feitos na tecnologia que temos hoje”.

Metodologias de ensino que contemplam fatores psicoemocionais potencializam a aprendizagem porque a torna significativa.

Conforme Moreira (1999), relata que a aprendizagem afetiva resulta de sinais internos ao indivíduo e pode ser identificada com experiências tais como prazer, satisfação, alegria, ansiedade. Algumas experiências afetivas sempre acompanham as experiências cognitivas. Portanto, a aprendizagem afetiva é concomitante com a cognitiva. (1999, p. 152).

A prática em sala de aula é uma ferramenta de grande importância do processo de ensinagem, pois traz incentivo e melhora a ação cognitiva do aluno para o saber científico. A conexão entre teoria e prática nas aulas de Física traz mais clareza na contextualização dos conhecimentos, superando a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações do cotidiano.

Tomazello e Schiel (2000), argumentam que muitos fatores se configuram como suporte estratégico dos processos de ensino e aprendizagem das Ciências Naturais, inclusive a Física. Contudo, um deles — a prática experimental em sala de aula — destaca-se por sua aplicação mais intensa, levando melhoria da qualidade do ensino nessa área do conhecimento.

O saber científico é potencialmente efetivo quando há manipulação dos fenômenos ou eventos físicos, sendo assim, a ocorrência para tais circunstâncias é viabilizada pela abordagem do experimento, que será capaz de transmitir informações relevantes à aprendizagem significativa.

A realização de experiências é uma parte essencial para o ensino de física. O uso de atividades experimentais como estratégia de ensino tem sido apontado como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de aprender e de se ensinar física de modo significativo e consistente (PERUZZO, 2013).

5 CONCLUSÃO

Toda proposta de ensino, seja qual for o método, fundamenta-se na construção de conhecimento no entanto, pesquisadores tem verificado o uso exagerado de expressões matemáticas, totalmente descontextualizadas, mostrando que os professores se preocupam muito com o formalismo matemático sem vínculos com a realidade, deixando de fora a interpretação Física dos fenômenos analisados.

Quando uma metodologia de ensino se propõe conectar teoria e prática viabiliza um processo de ensinagem potencialmente significativo, e consegue construir conhecimento.

Por séculos, a experimentação tem sido uma forte aliada da humanidade no processo de descobertas e análises científicas. Há décadas a experimentação, mesmo simples e sem muito requintes técnicos tem sido presente no processo de ensino e aprendizagem na escada dos níveis educacionais. É cada vez mais frequente (nos momentos letivos) a imersão dos alunos da educação básica em aulas com experimentos, visualizado, provocando e analisando os fenômenos físicos. A partir daí, conseguindo entender muito do que tem sido descoberto e aproveitado para fazer ciência no mundo da Física.

No produto educacional desenvolvido e apresentado aqui neste trabalho, utilizou-se estratégia didática e método que ligaram a estrutura conceitual com a estrutura experimental, tornando transparente “coisas” da Ciência que para muitos discentes pareciam mistérios, como por exemplo: a chama azul que cozinha os alimentos mais rapidamente, o calor do micro ondas que esquenta comida, o acionamento dos equipamentos e instrumentos com um controle remoto, a comunicação sem fio entre os smartphones e *smartTv*, o perfil ondulatório das luzes que é apenas falado nos livros e a façanha de uma luz chamada laser que alcança grandes distâncias.

A elaboração deste manual de aulas experimentais como um produto educacional é apresentado como um recurso para a exploração de temas de Física já bastante conhecido de forma teórica, considerando cada conhecimento prévio dos alunos, seja conhecimento do senso comum quanto os conhecimentos adquiridos nos anos escolares anteriores. Estes conhecimentos são denominados subsunçores na teoria de aprendizagem significativa de Davis Ausubel.

A partir do exposto, busca-se evidenciar no sistema do ensino básico a FMC,

principalmente com um tema tão presente em nosso cotidiano, “as radiações eletromagnéticas”. Sabemos que a Física tem um papel fundamental na construção de uma sociedade, que precisa ser letrada na linguagem científica.

A amostra da aplicação do produto educacional, composta por 44 alunos da Escola Estadual de Ensino Médio, apresentou no pré-teste uma compatibilidade entre idade e série estudada.

É de fundamental importância que na estruturação de aulas experimentais tenha, indispensavelmente, uma sessão para discussão de resultados e registro de todos os pontos relevantes em cada momento pedagógico. A análise, interpretação e registro implicam em retenção do que foi estudado, isto é, construção do conhecimento. Sendo assim, o manual de experimento aqui apresentado garantiu na sua última parte uma sessão denominada “estruturando os resultados” a fim de garantir os registros daquilo que foi observado e analisando.

Na verificação do pós-teste pudemos ver através do gráfico 9 uma avaliação positiva das respostas e análises registradas pelos alunos após a participação nas aulas, mostrando um rendimento na aprendizagem entre 92% a 100%, evidenciando o quanto é válido atividades com experimentos. O gráfico 8 mostra que aulas com experimentos tendem a atrair e envolver os estudantes, despertando-os para a busca da ciências.

Notadamente é possível ver que a conexão entre teoria e prática é uma necessidade constante nas aulas de Ciências.

REFERÊNCIAS

ANTIOGENES, L.; PRAÇA, A. V. S. **O Ensino de Ciências e a Aprendizagem Significativa: Reflexões Sobre uma Aula Prática com a Utilização de Insetos.** *Revista Contexto & Educação*: Ano34, nº 107. Jan./Abr. 2019.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

BARBALHO, R. I. **O uso do Laser como ferramenta para o Ensino de Física.** Dissertação (Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual do Ceará. Quixadá-CE, p. 155, 2019.

BEN-DOV, Y. **Convite à Física.** Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editora, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação a Distância. **Reflexões sobre a educação no próximo milênio.** Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio – Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília, DF, 2006. páginas. 70-77. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em 08 maio 2021.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília, DF, 2000. V. 2. p. 57. Disponível em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em 08 maio 2021.

BUSSATO, C. Z. et al. **O Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica.** *Revista CIATEC – UPF*, v.10, n.1, pp.104-115, 2018.

D'AGOSTIN, A. **Física Moderna e Contemporânea: com a palavra professores do Ensino Médio.** Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, p. 112, 2008.

ESPAÇO CIÊNCIA VIVA. **Como Herschel descobriu o infravermelho.** Disponível em: <http://cienciaviva.org.br/index.php/2019/06/26/como-herschel-descobriu-o-infravermelho/>. Acesso em 20 de agosto de 2021.

ESPECTRO E REDES COMUNITÁRIAS. **O espectro eletromagnético.** Disponível em: <https://espectro.org.br/pt-br/content/o-espectro-eletromagn%C3%A9tico#:~:text=Em%201895%20Wilhelm%20R%C3%B6ntgen%20>

percebeu, v% C_3A_1 cuo%20sujeito%20% C_3A_0 %20alta%20voltage. Acesso em 22 de agosto de 2021.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo, Editora Atlas, 4ª Edição, 2002.

JEWETT JR., J. W. e SERWAY, R. **Física para cientistas e engenheiros: luz, óptica e física moderna - volume 4**. Tradução e revisão técnica: Carlos Roberto Grandini, 8ª edição. São Paulo : Cengage Learning, 2012.

JESUS, J. da S. **O Estudo da Radiação X: Desenvolvendo uma Estratégia de Ensino para a Aprendizagem Significativa**. (Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) UEFS. Feira de Santana-BA, p. 239, 2015.

KHAN ACADEMY. **Luz: ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnéticos e fótons**. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/light-waves/introduction-to-light-waves/a/light-and-the-electromagnetic-spectrum>. Acesso em 15 de novembro de 2021.

LOPES, J. L. **Uma história da Física no Brasil**. São Paulo, Editora Livraria da Física, 1ª Edição, 2004.

LOUREIRO, E. P. **A Física aplicada na transmissão e recepção por ondas de rádio**. Rio de Janeiro, UFRJ, 2005.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hiperídia. **Revista Brasileira do Ensino de Física**. V.28 n. 04, 2006.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, UFM, Cuiabá-MT, 2010.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 2ª Edição, 2011.

MOREIRA, M. A. e MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa – A teoria de David Ausubel**. São Paulo, Centauro Editora, 4ª Edição, 2016.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Ondas eletromagnéticas**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/ondas-eletromagneticas.htm>. Acesso em: Acesso em 22 de agosto de 2021.

PERUZZO, J. **A Física através dos experimentos: Mecânica V**. Irani-SC, Edição do autor, 1ª Edição, 2013.

PINTO, J. A.; PEDROSO, L. S. **Práticas Experimentais Para o Ensino de Ciências**. Curitiba-PR, Editora Bagai, 1ª Edição, 2021.

POLKINGHORNE, J. **Teoria Quântica** – Uma breve introdução. Porto Alegre, L&PM Pocket. Tradução de Iuri Abreu, 2019.

PORTILHO, E. **Como se Aprende?** Estratégias, Estilos e Metacognição. Rio de Janeiro, Wak Editora, 2ª Edição, 2011.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D. WALKER, J. **Fundamentos de Física** – volume 4. Tradução e revisão técnica: Ronaldo S. de Biasi, 8ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

ROCHA, J. F. M. et al. **Origens e evolução das ideias da Física**. Salvador, Edufba, 2ª Edição, 2015.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. **A teoria das cores de Newton**: Um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.

SILVA, G. A. et al. **Práticas Experimentais Para o Ensino de Ciências**. O Modellus em Sala de Aula: uma experiência no ensino de Física. Curitiba-PR, Editora Bagai, 1ª Edição, p. 117-120, 2021.

SIQUEIRA, M. R. P. **Do Visível ao Indivisível**: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, p. 26-27, 2006.

TIPLER, P. A., MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros** – Volume 2. Tradução e revisão técnica: Naira Maria Balzaretti, 6ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

TOMAZELLO, M. G. C.; SCHIEL, D. **O livro da Experimentoteca**: Educação para as Ciências da Natureza através de práticas experimentais. Piracicaba-SP, VITAE/UNIMEP/USP, 2000.

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; PENTEADO, P. C. M. **Física: Ciência e Tecnologia**. Ensino Médio: volume 3. Editora Moderna. São Paulo, 2016.

VALADARES, E. C. **Propostas de Experimentos de Baixo Custo Centradas no Aluno e na Comunidade**. *Química Nova na Escola*, 13, 38-40, 2001. Disponível: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc>. Acesso em 06/05/2021.

ZABALA, A. e ARNAU, L. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre, Artimed Editora, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Questionário pré-teste aplicado nas turmas de 2º e 3º anos do Ensino Médio da
Escola Estadual de Ensino Médio “Luis Magno de Araújo”

Questões Investigativas

1. Qual ano (série) você estuda, atualmente?
() 2º ano () 3º ano
2. Qual o seu Sexo?
() Masculino () Feminino
3. Qual a sua idade?
() 16 anos. () 17 anos. () 18 anos ou mais anos.
4. Você sempre estudou em escola pública?
() Sim. () Não

Questões investigativas

1- Você gosta de estudar Física? () Sim () Não

Porque? _____

2- Quantas aulas de Física você tem durante uma semana?

() uma () duas () três

3- Você já leu ou estudou sobre ondas eletromagnéticas?

() Sim () Não

Se sim, onde? _____

4- Você já leu ou estudou sobre radiação ionizante?

() Sim () Não

Se sim, onde? _____

5- No seu entendimento, quais as fontes que produzem radiação infravermelho?

() espelho, lâmpada fluorescente e controle remoto de portão

() sol, espelho e controle remoto de TV

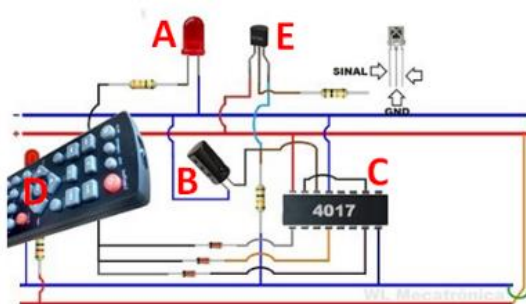
() espelho, lâmpada incandescente e controle remoto de TV

() sol, lâmpada incandescente e controle remoto de TV

() espelho, vidros de carros e controle remoto de portão

6- Na questão anterior (5) se você marcou uma das alternativas que consta o controle remoto de TV. Responda: Onde fica a parte que emite a radiação infravermelha?

a) ponto A b) ponto B c) ponto C d) ponto D e) ponto E



7- Na questão (5) se você marcou uma das alternativas que consta o controle remoto de PORTÃO. Responda: Onde fica a parte que emite a radiação infravermelha?

a) ponto A b) ponto B c) ponto C d) ponto D e) ponto E



8- A radiação emitida pelo celular não é prejudicial ao corpo humano porque

- é visível ao olho nu e toda radiação visível não tem energia ionizante.
- é invisível ao olho nu e toda radiação invisível não tem energia ionizante.
- é uma radiação não ionizante e está na faixa de frequências abaixo da luz visível.
- é uma radiação não ionizante e está na faixa entre os raios X e raios gama.
- Nunca ouvi falar sobre este tema

9- Na sua escola possui laboratório de Ciências ou algum outro tipo de laboratório?

- Sim Não

10- Nas aulas de Física que você assiste é frequente a associação dos conhecimentos

teóricos com a realização de experimentos? Se sim, como você avalia?

- Sim Não
-
-

11- Você considera importante o professor usar o que você já sabe para estruturar aprendizagens posteriores no estudo da Física? Caso sua resposta seja sim como você considera o nível de importância?

- Sim Não
-
-

12- Você acha importante realizar experimentos nas aulas de Física? Por quê?

- Sim Não
-
-

13- Você acredita ser possível utilizar equipamentos modernos na realização de experimentos de Física?

() Sim () Não

Se sim, explique com suas palavras.

APÊNDICE B

Questionário pós-teste aplicado aos mesmos 44 alunos do pré-teste que participaram de todas as aulas experimentais

Série: () 2º ano () 3º ano Sexo: () Masc. () Fem. Data: __/__/__

Questões investigativas

1- Você considera que as experiências do manual foram relevantes na realização de aulas de Física?

() Sim Não ()

Justifique: _____

2- Os experimentos do manual possibilitaram a aprendizagem da Física?

() Sim Não ()

Justifique: _____

3- Qual a avaliação você faz sobre o manual de experimentos (produto educacional)?

() Ruim () Regular () Bom () Ótimo

4- Qual a sua avaliação sobre a sequência das aulas experimentais?

() Ruim () Regular () Bom () Ótimo

5- As aulas experimentais foram envolventes por usar objetos como uma vela, as lâmpadas, equipamento gerador de calor (ferro de passar roupa), o controle remoto, o laser, o rádio e o teste de Herschel proposto pelo manual?

() Sim Não ()

6- As abordagens dos conteúdos das aulas experimentais do manual foram compreensíveis para você?

() Sim Não ()

7- Considerando os objetos, equipamentos e instrumentos nas aulas experimentais, você gostou das aulas?

() Sim Não ()

Justifique: _____

8- Você gostaria que associação entre teoria e prática fossem mais frequentes?

() Sim () Não

9- Foi possível aprender sobre as fontes emissoras e receptoras de ondas eletromagnéticas? Se sim, cite pelo menos 5 fontes emissoras.

() Sim Não ()

Cite-as: _____

10- Escreva a diferença entre radiação ionizante e não ionizante.

Ionizante: _____

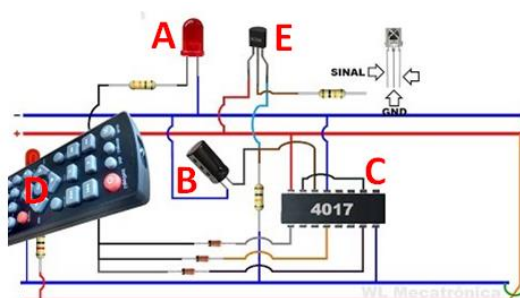
Não ionizante: _____

11- Quais as características das Ondas Eletromagnéticas?

12- Qual a relação entre as cores de uma chama e a energia envolvida?

13- Cite pelo menos 5 utilidades das Ondas Eletromagnética, para nós.

14- No controle de TV, marque a alternativa onde fica a parte que emite a radiação infravermelha.



a) () ponto **A** b) () ponto **B** c) () ponto **C** d) () ponto **D** e) () ponto **E**

15- Explique por que luz incandescente consome mais energia do que luz branca.

APÊNDICE C

MANUAL DE AULAS EXPERIMENTAIS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ - UNIFESSPA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL NO ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

JOSIVALDO CHAVES COSTA

**DISPOSITIVOS DE EMISSÃO E RECEPÇÃO DE RADIAÇÕES
ELETROMAGNÉTICAS NO PROCESSO DE ENSINAGEM DA FÍSICA NO
ENSINO MÉDIO**



MARABÁ – PA, 2022

APRESENTAÇÃO

“A Física é a Ciência que investiga os fenômenos naturais.”

Este tem sido o conceito mais disseminado e conhecido desta ciência que ocupou estudiosos e pesquisadores ao longo de milênios e séculos. A terra e o universo trazem desafios desde os tempos passados até o atual momento. Na medida que a humanidade foi descobrindo e aprendendo como ocorrem as leis da natureza, ficou claro que a Física tem um papel fundamental para os seres humanos, no que diz respeito a praticidade no fazer as coisas do dia a dia, conforto e qualidade de vida. Fica cada vez mais evidente a presença desta Ciência no contexto de vivência das sociedades mundo a fora.

O estudo da Física ocorre na fase final do ensino básico, especificamente nos três anos da jornada do Ensino Médio. Neste estágio, o objetivo geral é desenvolver a autonomia intelectual para bons projetos de vida do ser humano, guiando-os para a vida adulta de forma ética, e, conhecedor dos ambientes de vivência. Diante disto, a nova concepção do ensino de Física deve apresentar os conceitos físicos na linguagem do cotidiano, em conexão com a História, a Química, a Matemática e a Biologia.

A proposta deste manual é criar um cenário de investigação, para docentes e discentes, que traga conhecimentos das mais diferentes questões do ambiente tecnológico que estamos inseridos. Vendo o que os cientistas do passado descobriram, estudaram e desenvolveram.

Na busca de uma melhor compreensão de alguns fenômenos físicos demonstramos aqui, alguns eventos naturais na forma de atividades experimentais.

Esperamos que este manual possa ser mais uma ferramenta de apoio e incentivo para o instigante desafio de compreender a natureza e a tecnologia dos nossos dias.

O autor

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	5
1. ESTRUTURA DO MANUAL.....	7
2. A UTILIZAÇÃO DO MANUAL.....	8
3. FUNDAMENTOS PARA O ENSINO.....	9
4. AULAS EXPERIMENTAIS.....	10
4.1 AULA EXPERIMENTAL 01: ANÁLISE DA CHAMA DE UMA VELA.....	10
4.2 AULA EXPERIMENTAL 02: PERCEBENDO O INFRAVERMELHO.....	14
4.3 AULA EXPERIMENTAL 03: VERIFICANDO A TOPOGRAFIA DOS NÍVEIS DE ENERGIA (RADIAÇÃO) EM UMA CHAMA DE VELA.....	18
4.4 AULA EXPERIMENTAL 04: ENXERGANDO AS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS EM UM FEIXE DE LUZ.....	21
4.5 AULA EXPERIMENTAL 05: ENXERGANDO A RADIAÇÃO INFRAVERMELHA EMITIDA POR CONTROLE REMOTO.....	24
4.6 AULA EXPERIMENTAL 06: VISUALIZANDO O PERFIL DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS EM UMA LÂMPADA DE FILAMENTO (INCANDESCENTE).....	28
4.7 AULA EXPERIMENTAL 07: VERIFICANDO A TOPOGRAFIA DE UM RAIOS LASER.....	33
4.8 AULA EXPERIMENTAL 08: GERAÇÃO DE ONDAS DE RÁDIO.....	39
4.9 AULA EXPERIMENTAL 09: REFRAÇÃO DE LUZ BRANCA.....	43
BIBLIOGRAFIA.....	47

INTRODUÇÃO

O manual aqui apresentado é um produto educacional desenvolvido dentro do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

Neste, são abordados temas importantes da Física Moderna e Contemporânea, mas a proposta principal é levar o aluno a perceber a presença desta Ciência em seu contexto social, seja, em objetos simples como uma vela ou lâmpada acesa, ou equipamentos eletroeletrônicos desde os mais simples aos mais complexos. Para atender a esta proposta é preciso ir além do ensino tradicional, com a incorporação de novas metodologias de ensino ou com a inovação dos métodos já existente.

É sugerido que o planejamento didático pedagógico, em primeiro momento, deve utilizar propostas como esta, para nortear as aulas, a partir de um eixo norteador que deixe claro “para que ensinar”, e, “não o que ensinar”. Este último questionamento tem relação com os conteúdos a serem ensinados.

Nesse “para que ensinar” estão inseridas as competências e as habilidades a serem trabalhadas no Ensino Médio. As competências mais gerais são agrupadas, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), em três conjuntos: representação e comunicação; investigação e compreensão; contextualização sociocultural. Essas competências mais gerais se desdobram em habilidades básicas específicas, que se espera que sejam desenvolvidas pelos alunos em Física. (TORRES et al. 2016).

Aulas experimentais são justificativas importantes para buscar a compreensão dos fenômenos físicos a partir dos conteúdos, desde que se tenha definido “para que ensinar”. Elas consolidam a aprendizagem de certos conceitos que são de difícil compreensão, uma vez que a Física é uma Ciência de muita abstração. Experimentos, também permite o entendimento da aplicabilidade da Física em situações do cotidiano.

A metodologia de aulas experimentais tem forte tendência de encantar os estudantes e despertar o entendimento para o fazer científico, além da clareza e transparência das aplicações dos conteúdos ministrado nas aulas teóricas.

Conforme os PCNEM, a Física precisa apresentar-se como um conjunto de competências específicas que permitam o estudante perceber e lidar com os fenômenos da natureza e a tecnologia que estão presentes tanto no cotidiano atual

quanto na compreensão do universo distante, a partir de modelos, leis e princípios existentes nela. Diante do exposto, há a necessidade de ensinar Física de forma contextualizada promovendo uma transposição didática do conhecimento formal para a vivência do aluno, a fim de que haja significado. Neste sentido fica determinado a relação entre a teoria e a prática, ideal para a contextualização dos conteúdos mais concretos de uma Ciência tão presente. Logo, investigar aplicações das ciências no processo educacional é condição para aprendizagem significativa.

1. ESTRUTURA DO MANUAL

Este manual traz instruções de práticas de aulas experimentais com abordagens sobre as radiações eletromagnéticas, destacando os conceitos e características de cada faixa do espectro eletromagnético entre as ondas de rádio e as ondas de luz visível. Aqui estão descritos 09 (nove) experimentos de pouca complexidade que podem ser trabalhados nos ambientes de laboratório de Ciência ou mesmo no ambiente de sala de aula.

Os objetos e equipamentos utilizados são de fácil acesso e custo relativamente baixo, são eles: a câmera tipo webcam modificada (sem o filtro de infravermelho). para projeção de imagem no computador, vela de parafina, ferro elétrico de passar roupa, lâmpadas branca e incandescente, emissor de laser de baixa intensidade, rádio de pilha e prisma de formato triangular ou quadrangular.

As aulas experimentais descritas neste manual abordam os seguintes temas:

01. Análise da chama de uma vela.
02. Percebendo o infravermelho.
03. Verificando a topografia dos níveis de energia (radiação) em uma chama de vela.
04. Enxergando as ondas eletromagnéticas em um feixe de luz.
05. Enxergando a radiação infravermelha emitida por controle remoto.
06. Visualizando o perfil das ondas eletromagnéticas em uma lâmpada de filamento.
07. Verificando a topografia de um raio laser.
08. Geração de ondas de rádio.
09. Refração de luz branca.

Cada aula experimental está organizada da seguinte forma:

- ✓ Abordagens
- ✓ Competências e habilidades
- ✓ Materiais utilizados
- ✓ Fundamentação teórica
- ✓ Estratégia didática
- ✓ Problematização
- ✓ Procedimentos
- ✓ Estruturando os resultados
- ✓ Dicas de segurança (se necessário)
- ✓ Sugestão

2. A UTILIZAÇÃO DO MANUAL

A utilização deste manual poderá potencializar o processo de ensino e aprendizagem do tema ondas eletromagnéticas, uma vez que a visualização e vivência da aplicação da Física Moderna nos diversos meios objetos e equipamentos proporcionam uma melhor compreensão dos fenômenos naturais e a tecnologia. O professor pode, caso ache necessário, fazer uma abordagem do tema a ser estudado (experimentado).

É ideal que os alunos sejam organizados em grupos de máximo 6 componentes no momento da realização das aulas experimentais. Entregar um manual para cada um ou dois alunos, a fim de ler e conhecer toda a fundamentação teórica e acompanhar os procedimentos necessários para o desenvolver de cada aula.

O tempo sugerido para cada aula experimental é de 50 minutos, assim distribuídos:

- 5 minutos para a organização dos grupos e distribuição do manual;
- 20 minutos para leitura e esclarecimentos de dúvidas (se necessário);
- 15 minutos para realização e observação do experimento;
- 10 minutos para discussão, anotações e estruturação dos resultados.

Durante os 20 minutos de leitura e esclarecimentos, o professor poderá usar da estratégia didática para enfatizar a teoria presente no referido tema estudado.

3. FUNDAMENTOS PARA O ENSINO

A fundamentação de ensino deste manual está na teoria da aprendizagem significativa descrita por David Ausubel. Considera-se todos os conhecimentos prévios dos alunos, como aqueles do senso comum e os conhecimentos adquiridos nas séries anteriores subsunçores que irão ancorar na nova informação, formando novos conceitos e entendimentos.

O manual proporciona o encontro entre teoria e prática em um mesmo momento pedagógico, com a intenção de despertar a curiosidade e atração para os conteúdos que tratam do tema em questão, e consolidando novos conhecimentos com significância e realidade. O vínculo entre teoria e prática é uma expertise pedagógica que deve estar presente no processo ensino e aprendizagem.

Em cada aula experimental o tópico estratégia didática deve ser um guia para o professor explorar melhor cada tema abordado, com o intuito de alcançar os objetivos definidos conforme a BNCC, que preconiza a mobilização de conhecimentos, novas habilidades, atitudes e valores para entender e resolver demandas complexas da vida cotidiana.

4. AULAS EXPERIMENTAIS

4.1 AULA EXPERIMENTAL 01: ANÁLISE DA CHAMA DE UMA VELA



Abordagens

A relação da temperatura de uma chama com as diferentes cores apresentadas nas regiões distintas dela; mostrar que a cor do fogo é resultado da radiação de luz visível, e que esta é formada por fótons (micropartículas que tem comportamento de onda eletromagnética); a relação do comprimento e frequência da onda com as diferentes cores apresentadas nas regiões distintas da chama.

Competências e habilidades

- Conhecer que a chama de um pavio (vela, lamparina ou similar) são ondas eletromagnéticas.
- Entender que as diferentes cores na chama são devidas as diferentes frequências das ondas eletromagnéticas.
- Caracterizar e classificar os tipos de ondas eletromagnéticas presentes em uma chama de vela, lamparina ou similar.

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica (de acordo com a BNCC).

Materiais utilizados

- ✓ Vela
- ✓ Papel sem pauta tipo sulfite A4
- ✓ Lápis de cor (azul, amarelo e vermelho)

Fundamentação teórica

Equipamento de uso doméstico como o fogão de cozinha possui uma chama azul, pois esta possui alta energia e alta temperatura, que proporcionam um cozimento mais rápido dos alimentos. Outro equipamento de emissão de chama azul é o maçarico de soldagem a gás, que emite alta energia e alta temperatura que

provoca o derretimento do metal a ser soldado.

Nas radiações eletromagnéticas, o tamanho da onda depende da quantidade de energia que ela carrega: uma onda muito curta possui mais energia do que uma onda muito grande. O comprimento da onda na região da cor azul em uma chama de vela é menor que o comprimento de uma onda na região da cor amarela. Logo, existe mais energia na região azul e menos energia na região amarela, daí vem o entendimento porque as temperaturas são altas e baixas nas duas regiões respectivamente. A tabela I abaixo mostra alguns valores de temperatura e energia relacionados às cores do espectro eletromagnético.

Tabela I

<i>Relação temperatura, energia e cor da chama</i>			
Faixa do espectro	Cor	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (aproximada)	Energia do fóton (aproximada)
Infravermelho	-----	< 525	0,66 eV a 1,13 eV
Visível	Vermelho	~ 525	1,89 eV
Visível	Alaranjado	~ 800	2,1 eV
Visível	Ciano	~ 1000	2,5 eV
Visível	Azul	~ 1300	2,86 eV

Adaptada de: Paulo José Sena dos Santos (UFSC – Departamento de Física)

Estratégia didática

O professor pode apresentar o modelo clássico da emissão de ondas eletromagnéticas provenientes da vibração das cargas elétricas para a discussão de alguns fenômenos relacionados à emissão de luz e sua interação com a matéria. Demonstrar o espectro eletromagnético, destacando todas as variáveis relacionadas nas diferentes faixas de ondas, dando maior ênfase na faixa de luz visível e suas diferentes cores. Destacar a região do infravermelho, mostrando suas características com relação às características das outras faixas.

A experimentação precisa ser feita em um ambiente com pouco ou nenhum fluxo de vento para que possa ser produzida uma chama sem espalhamento, de maneira uniforme.

Problematização

Na observação e análise do espectro eletromagnético é compreendida a relação da frequência e comprimento das ondas com as cores da parte do visível, embora em pequenas variações, também é observada a baixa frequência da região

invisível (infravermelho) relacionando com uma baixa temperatura. Conforme os dados da tabela I, verifica-se uma variação consideravelmente pequena de energia nas faixas de cores distintas, porém o suficiente para provocar grandes variações na temperatura dessas faixas.

Procedimentos

- 1- Acender a vela (mantendo o ambiente fechado para evitar espalhamento da chama por fluxo de vento).
- 2- Observe as cores distintas na chama, em seguida desenhe com lápis de cor no papel as diferentes cores observadas na chama.

Figura 01 – Disposição das cores



Fonte: Elaborada pelo autor

- 3- Gerar discussão com os colegas do grupo se há alguma relação das cores observadas com a temperatura e energia.
- 4- Montar a tabela a seguir para anotar os valores da temperatura e da energia em baixa, média ou alta, conforme a cor identificada (use a tabela I para fundamentar suas observações).

Cor da chama	Temperatura	Energia

- 5- A partir das anotações defina qual a parte da vela possui mais energia e menos energia.
- 6- Escreva uma pequena conclusão sobre os resultados observados.

Estruturando os resultados

- 1- Descreva o que você sabia antes sobre as diferentes cores existentes nos processos de combustão (chama), e o que entendeu após a realização desta aula prática sobre o assunto abordado.
- 2- Diga o que explica melhor sobre os conhecimentos do fenômeno da combustão e relação de cores, seus conhecimentos prévios (o que você já possuía) ou que foi adquirido nesta aula?
- 3- Qual a comparação feita sobre as faixas de cores e da chama e as temperaturas nelas?
- 4- Qual a conclusão a respeito das ondas eletromagnéticas e as faixas de luz visível e luz invisível (infravermelha)?

Dicas de Segurança

Cuidado ao manusear a vela, mantenha em lugar fixo.

Sugestões

- Para o acompanhamento e observação organize os alunos em grupos de 5 ou 6.
- Tente manter o ambiente fechado sem fluxo de vento para manter a chama o mais alinhado possível.
- Tente manter o ambiente com pouca iluminação para melhorar a visualização das distintas cores.

4.2 AULA EXPERIMENTAL 02: PERCEBENDO O INFRAVERMELHO



Abordagens

A presença da **radiação infravermelha** em nosso contexto de vivência, como por exemplo: o calor transmitido pela superfície do ferro de passar roupa, a camada energética na superfície de nosso corpo, dentre outros, mas essa onda eletromagnética não é percebida pela maioria das pessoas. Os humanos não conseguem enxergar a radiação infravermelha, mas consegue sentir em forma de calor.

Competências e habilidades

- Observar o aquecimento gradual na superfície de um ferro de passar roupas.
- Entender que o aquecimento na superfície do ferro é a radiação infravermelha emitida.
- Analisar fenômenos naturais e fenômenos provocados em processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global. (EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica (de acordo com a BNCC).

Materiais utilizados

- ✓ Ferro elétrico de passar roupas
- ✓ Papel sem pauta tipo sulfite A4

Fundamentação teórica

É de conhecimento da ciência que objetos quentes emite radiação infravermelha e mesmo ela não podendo ser vista, pode ser sentida. Aproximadamente 70% dos raios emitidos pelo sol atingem a terra e chegam à superfície terrestre, uma parte destes raios é absorvido por diversos corpos e objetos,

e até mesmo pela terra e em seguida refletidos sob a forma de radiação infravermelha. Quando estamos expostos ao sol sentimos esta radiação em forma de calor.

Estratégia didática

É importante que o professor faça a demonstração do espectro eletromagnético, mostrando o comprimento de onda da radiação infravermelha (que tem entre 1μ micrômetro e 1000μ), que é ligeiramente mais comprida do que a luz visível e que se situa entre a região de luz vermelha e a região das micro-ondas. Destacar as três regiões: infravermelha longa, média e próxima, mesmo entendendo que essa subdivisão não seja muito precisa, mas que se fundamenta nas variações do comprimento de onda como:

- De 0,7 a 1,5 micrômetro – próxima.
- De 1,6 a 9,9 micrômetros – média
- De 10 a 1000 micrômetros – longa

Abordar que a radiação infravermelha próxima possui as mesmas características da luz visível, e que é possível produzi-la a partir de qualquer fonte luminosa, já a radiação infravermelha média exige técnicas mais aprofundadas para sua produção e a longa necessita de equipamentos especiais para que seja produzida.

Deixa claro para o aluno que uma onda eletromagnética não precisa de um meio para se propagar e por isso que o calor (radiação infravermelha) sentido na mão ao se aproximar da superfície do ferro de passar roupa é sentido.

Problematização

A existência da radiação térmica é constatada quando aproximamos parte de nosso corpo a um objeto aquecido como, por exemplo: uma brasa ou um metal incandescente. Mesmo se a atmosfera ao redor desse corpo estiver fria iremos perceber um aquecimento em nossa pele, isto se dá por causa da radiação infravermelha.

Podemos verificar se um ferro de passar roupas está quente sem precisar tocar nele, para isto basta aproximar uma das mãos à superfície inferior (local onde faz contato com a roupa), então uma sensação repentina de calor é sentida porque a radiação infravermelha é emitida pelo equipamento e as moléculas da superfície da mão vibram transmitindo a sensação de calor.

O ferro elétrico de passar roupa funciona (aquece) devido a passagem de uma corrente elétrica em um corpo resistivo, chamado de “resistências”. Esse processo é o fenômeno do Efeito Joule, em que ocorre colisões de elétrons no interior do material da resistência produzindo energia térmica, denominada de calor.

Embora havendo a correlação entre temperatura e emissão de radiação, não é possível fornecer uma descrição quantitativa que seja aceitável. A temperatura é uma medida da agitação aleatória das partículas (calor), que constituem a matéria, e a matéria possui cargas que se movimentam de forma acelerada emitindo radiação.

Procedimentos

- 1- Ligar o ferro elétrico de passar e observar o aquecimento de sua base de metal.
- 2- Ajustar o botão de nível de aquecimento, em pelo menos 3 níveis diferentes.

Figura 02 – Botão de ajuste de temperatura



Fonte: Elaborada pelo autor

- 3- Em cada nível ajustado aproximar a mão em aproximadamente 5,0 cm da base (**sem tocar na superfície!**), percebendo as diferentes temperaturas sentidas.

Figura 03 – Posição da mão

Fonte: Elaborada pelo autor



- 5- Faça as observações, para cada nível de temperatura ajustado nos botões (tópico 2), da sensibilidade sentida pelo corpo, entendendo que a radiação infravermelha varia de acordo com a variação de temperatura.

Estruturando os resultados

- 1- Descreva o que você sabia antes sobre a radiação térmica e a relação dela com a radiação infravermelha, e o que entendeu após a realização desta aula prática sobre o assunto abordado.
- 2- Descreva sobre seu conhecimento prévio a respeito do calor sentido ao aproximar a mão na superfície quente de um ferro elétrico, ou seja, que explicação ou teoria você consegue descrever sobre o processo de aquecimento?
- 3- Em grupo, discutir o que foi observado nos níveis de temperatura, por exemplo: sensação de calor nos níveis de ajustes do botão.
- 4- Em comparação com a aula experimental 01, faça as observações notadas entre luz visível e luz invisível.
- 5- Qual a conclusão a respeito da radiação térmica e a radiação infravermelha?

Dicas de Segurança

Não toque com sua mão ou qualquer outra parte do corpo na superfície aquecida do ferro.

Sugestões

- Para o acompanhamento e observação organize os alunos em grupos de máximo 6.
- Tente manter o ambiente com refrigeração moderada (aproximadamente 25° C) para melhorar as observações sobre os níveis de calor gerado pelo ferro.

4.3 AULA EXPERIMENTAL 03: VERIFICANDO A TOPOGRAFIA DOS NÍVEIS DE ENERGIA (RADIAÇÃO) EM UMA CHAMA DE VELA



Abordagens

Instrumentos ópticos para visualização de radiações nas regiões do espectro de luz invisível e visível. Enxergar a topografia dos níveis de calor que está sendo produzido pela chama de uma vela por meio da webcam e uma tela de computador, com destaque na região da radiação infravermelha.

Competências e habilidades

- Compreender por meio da visualização que parte da quantidade de calor emitido em uma chama é radiação infravermelha.
- Perceber que em uma chama de vela existem diferentes comprimentos de ondas.
- Entender que as diferentes cores em uma chama são devidas aos diferentes comprimentos de onda e às diferentes frequências das ondas eletromagnéticas.
- Visualizar e analisar fenômenos naturais com base nas interações e relações entre matéria e energia.
- (EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, (de acordo com a BNCC).

Materiais utilizados

- ✓ Uma vela e isqueiro ou caixa de fósforo
- ✓ Notebook ou Computador de mesa
- ✓ Webcam sem o filtro de infravermelho

Fundamentação teórica

De todas as ondas eletromagnéticas, nossos olhos só podem detectar uma pequena parte delas, e, que devido a isto, é chamada de radiação visível ou simplesmente luz. Essa radiação é emitida por corpos aquecidos, como a chama de uma vela ou o filamento de uma lâmpada incandescente. A radiação visível é composta por diversas cores, onde cada uma corresponde a uma faixa de frequência.

Não existem limites claros e específicos que definem a transição de uma cor para a outra. Quando olhamos um arco-íris percebemos que não é possível definir onde termina, por exemplo, vermelha e começa a amarela. É observável também que uma mesma cor pode apresentar diferentes tonalidades.

A luz das chamas ou das lâmpadas que iluminam nossos ambientes pode ser decomposta em diferentes cores. A decomposição das cores do espectro de luz se deve à diferença entre as frequências das ondas. Cada cor do espectro está associada a uma frequência e, portanto, a certa energia.

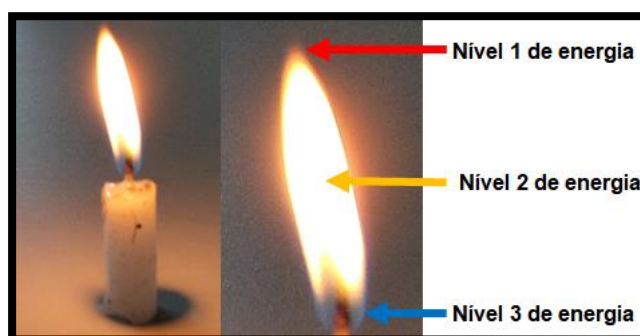
Estratégia didática

É importante que o professor faça a demonstração do espectro eletromagnético, destacando a faixa de luz visível e a variação da frequência, assim como destacar que, a variação de energia é devida à variação de frequência. Como se trata de uma chama, a variação de cores tem relação com a variação de níveis de energia térmica.

Problematização

Pelo senso comum, é de conhecimento da maioria das pessoas que a cor de uma chama demonstra o quanto quente ela é, ou seja, o quanto é alta sua temperatura. Por exemplo, a cor de uma chama avermelhada é menos quente do que uma amarelada, e esta é menos quente do que uma chama azulada. Neste contexto, é válido o saber pela ciência da forma topográfica dos níveis de energia das relações de cores.

Figura 04 – Níveis de calor

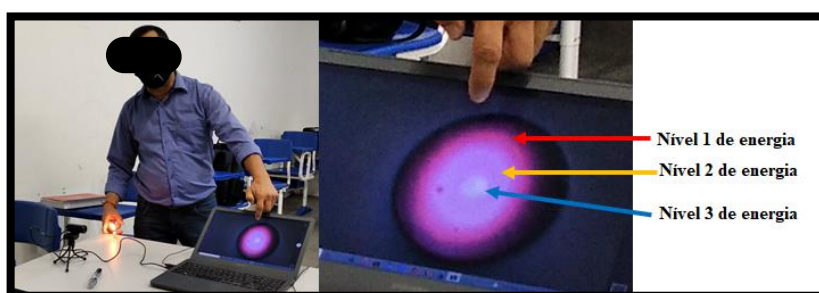


Fonte: elaborado pelo autor

Procedimentos

- 1- Conectar a webcam em um Notebook ou Computador de mesa.
- 2- Posicionar uma vela acesa em frente a webcam.
- 3- Procurar um posicionamento da webcam que proporcione um ângulo ideal para projetar a imagem da chama da vela na tela do Notebook ou Computador de mesa.
- 4- Faça as observações na imagem projetada na tela (figura 05).

Figura 05 – Topografia dos níveis de energia



Fonte: elaborado pelo autor

Estruturando os resultados

- 1- Descreva o que você sabia antes sobre a relação de calor com as cores da chama de uma vela, e o que entendeu após a realização aula sobre o assunto abordado.
- 2- Em grupo, discutir o que foi observado na topografia da quantidade de calor em relação às cores da chama.
- 3- Em comparação com a aula experimental 01, faça as observações de sua compreensão sobre a radiação em volta da chama e as diferentes cores percebidas na topografia dela.
- 4- Descreva a relação das diferentes cores percebidas na topografia da quantidade de calor da chama com os comprimentos de ondas visto no espectro.
- 5- Qual a conclusão a respeito da quantidade de calor e a radiação infravermelha?

Dicas de Segurança

Cuidado ao manusear a vela, mantenha em lugar fixo.

Sugestões

- Para o acompanhamento e observação organize os alunos em grupos de 5 ou 6.

4.4 AULA EXPERIMENTAL 04: ENXERGANDO AS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS EM UM FEIXE DE LUZ



Abordagens

Instrumentos ópticos para visualização de radiações nas regiões do espectro de luz visível. Visualização das ondas eletromagnéticas de um feixe de luz, comprovando a sua natureza ondulatória.

Competências e habilidades

- Perceber o fenômeno ondulatório da luz, descrevendo relato de suas características pelo conhecimento físico, e seu papel no desenvolvimento da tecnologia.
- Entender que a sensibilidade dos nossos olhos em se comunicar com as regiões visível e invisível do espectro está em função com o comprimento de onda.
- Argumentar de forma clara os pontos de vista, apresentando razões e justificativas de fácil entendimento e de forma consistente.
- Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico dos modelos idealizados até aos atuais modelos.

Materiais utilizados

- ✓ Uma luminária portátil (tipo luminária de mesa) com lâmpada de luz branca.
- ✓ Notebook ou Computador de mesa
- ✓ Webcam sem o filtro de infravermelho

Fundamentação teórica

Observando o feixe luminoso de uma lanterna ou lâmpada atravessando a escuridão, nós iremos ver que os raios de luz se propagam em linhas retas. Se atingem um objeto pelo caminho, eles o atravessam direto, desviam-se ou são absorvidos, semelhante a uma esponja absorvendo água. Os materiais transparentes como o vidro deixam a luz atravessá-los enquanto as substâncias ou materiais opacos retêm a luz. Neste último caso, projeta-se uma sombra -uma área aonde a luz não chega. Dia e noite são simplesmente luz e sombra.

A luz é um tipo de onda eletromagnética muito importante para os seres vivos,

em especial, por causa do sentido da visão. Luz é a energia radiante capaz de sensibilizar os olhos humanos. O olho humano enxerga ondas eletromagnéticas específicas, que se situam na região do espectro eletromagnético no intervalo de comprimentos de onda entre 400nm e 700nm , chamada de região de luz visível (as cores do arco-íris).

Estratégia didática

É sugerido ao professor que faça uma abordagem histórica sobre as ideias e teorias a respeito da natureza da luz, abordando o modelo clássico da emissão de ondas eletromagnéticas provenientes da vibração das cargas elétricas para a discussão de alguns fenômenos relacionados à emissão da luz e sua interação com a matéria. Mostrar que ao longo da história da Ciência foi descoberto que alguns fenômenos só podem ser compreendidos quando se considera a luz uma onda eletromagnética, enquanto outros só são explicados quando a luz é considerada partícula. É importante também mostrar o espectro eletromagnético e enfatizar a faixa de luz visível.

Problematização

A natureza da luz tem intrigado as pessoas desde os tempos mais remotos. Os antigos gregos a estudaram a mais de 2000 anos, assim como estudiosos árabes na idade média. Mas foi apenas no século XVII que houve progresso na compreensão do verdadeiro significado da luz. Os dois maiores cientistas da época -Isaac Newton (1642-1727) e Cristian Huygens (1629-1695) elaboraram teorias convincentes, mas contraditórias, abrindo um debate que durou mais de 200 anos. Após vários momentos de observações do fenômeno da emissão de luz e elaboração de minuciosos estudos a respeito de sua natureza ficou comprovada natureza dual: ondas e partículas.

Procedimentos

- 1- Conectar a webcam em um Notebook ou Computador de mesa.
- 2- Posicionar uma lâmpada branca, tipo fluorescente ou de led (de preferência acoplada em uma luminária portátil) acesa em frente a webcam.
- 3- Procurar um posicionamento da webcam que proporcione um ângulo ideal para projetar a imagem do feixe de luz na tela do Notebook ou Computador de mesa.

4- Faça as observações na imagem projetada na tela (figura 06).

Figura 06 – Comportamento ondulatório da luz



Fonte: elaborado pelo autor

Estruturando os resultados

- 1- Descreva o que você sabia antes sobre o comportamento ondulatório da luz, e o que entendeu após a realização desta aula prática sobre o assunto abordado.
- 2- Faça uma discussão em grupo sobre o fenômeno ondulatório da luz.
- 3- Em comparação com a aula experimental 03, faça as observações pertinentes as diferentes ondulações emitidas na luz da chama de vela e as ondulações emitidas no feixe de luz branca.
- 4- Qual a sua conclusão a respeito da natureza ondulatória da luz?

Dicas de Segurança

Garante que o circuito da lâmpada esteja com os devidos isolamentos, evitando choques.

Sugestões

- Para o acompanhamento e observação organize os alunos em grupos de 5 ou 6.
- Pode usar lâmpadas de led ou fluorescente.

4.5 AULA EXPERIMENTAL 05: ENXERGANDO A RADIAÇÃO INFRAVERMELHA EMITIDA POR CONTROLE REMOTO



Abordagens

Instrumentos ópticos para visualização de radiações na região do espectro de luz invisível (infravermelho). Comprovação do pulso de energia (radiação de infravermelho) ao acionar um controle remoto.

Competências e habilidades

- Entender como um equipamento fotográfico (webcam) funciona na captação de imagem.
- Perceber que a sensibilidade dos nossos olhos em se comunicar com as regiões visível e invisível do espectro está em função com o comprimento de onda.
- Compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia, suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de nossa época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades.
- Compreender que o processo tecnológico de emissão de sinal de infravermelho proporcionou grandes mudanças e avanços para o bem-estar do ser humano.

Materiais utilizados

- ✓ Um controle remoto tipo: de TV, de som, ou de portão (ver figura 07).
- ✓ Notebook ou Computador de mesa
- ✓ Webcam sem o filtro de infravermelho

Figura 07 – Controles remoto



Fonte: elaborado pelo autor

Fundamentação teórica

Sabe-se que radiação infravermelha é literalmente calor, e, esta é uma das três formas em que o calor é transferido de um lugar para outro, sendo os outros dois convecção e condução. Todo corpo ou matéria que esteja com uma temperatura acima de cerca de 5 Kelvins (menos 450 graus Fahrenheit ou menos 268 graus Celsius) emite radiação infravermelha. Pesquisas científicas apontam que em torno de 50% da energia emitida pelo sol é radiação infravermelha e que grande parte de sua luz visível é absorvida e reemitida como radiação infravermelha⁷. Além do sol, têm origem na vibração de átomos e moléculas constituintes da matéria, diante disto, todos os corpos estão emitindo este tipo de radiação.

A radiação infravermelha recebe este nome porque o comprimento de onda dos raios infravermelhos é um pouco maior do que o comprimento de onda dos raios da luz de cor vermelha, conforme mostrado nas aulas anteriores, os únicos tipos de radiação que os seres humanos podem detectar são raios de luz. Mas apesar dos olhos humanos não enxergarem este tipo de radiação, ela pode ser sentida, (na aula experimental 02 podemos comprovar).

Estratégia didática

É importante que os alunos compreendam que infravermelho e luz visível são a mesma entidade física. O que os diferenciam uma da outra é a frequência de cada uma. Dependendo da frequência, uma onda eletromagnética interage com a matéria de diferentes maneiras.

O professor deve explicar como são produzidas as ondas infravermelhas, e abordar sobre o processo de transmissão de calor por irradiação que chega até o corpo humano quando este está em frente a uma lareira, fogueira ou aquecedor elétrico.

Deve explicar também que o corpo humano é outra fonte emissora de radiação infravermelha, que pode ser verificada por alguns filmes fotográficos preparado para tal ou por detectores eletrônicos.

⁷ <https://www.portalsaofrancisco.com.br/fisica/radiacao-infravermelha>. Acesso em: 02 de dezembro 2021.

Problematização

Atualmente existem muitas aplicações tecnológicas da radiação infravermelha. Ela é utilizada no aquecimento de ambientes, secagem de tintas ou vernizes, nos tratamentos terapêuticos, nas câmeras de visão noturna, detectores de presença nos sistemas de alarmes, na técnica utilizada para estudo dos elementos químicos de astros, como estrelas (espectroscopia). Também é usada nos dispositivos de controle remoto de aparelhos de TV, som, DVD e portões automáticos, dentre outras.

Por ser uma onda de calor e situar-se na faixa de luz invisível do espectro eletromagnético só podemos visualizar este tipo de radiação com equipamento preparado para isto. Neste caso iremos usar uma câmera tio “webcam” modificada.

Procedimentos

- 1- Conectar a webcam em um Notebook ou Computador de mesa.
- 2- Com a webcam já instalada e montada no tripé, aponte o controle remoto para a mesma e acione qualquer uma das teclas do controle remoto.
- 3- Procurar um posicionamento da webcam que proporcione um ângulo ideal para projetar a imagem do pulso de energia (radiação infravermelha) na tela do Notebook ou Computador de mesa.

Nota: Para uma melhor verificação, aperte em qualquer tecla como uma digitação, e aperte e segure por alguns segundos (figuras 08 e 09).

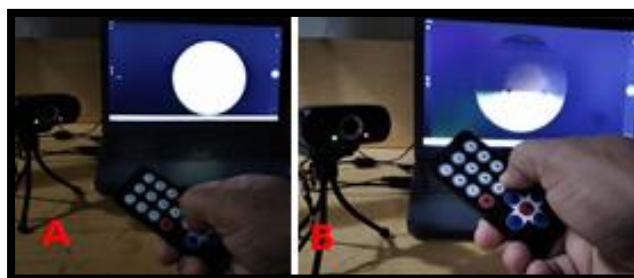
- 4- Faça as observações na imagem projetada na tela.

Figura 08 – Controle remoto de TV: A- segurando, B e C- digitando



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 09 – Controle remoto de som: A- segurando, B - digitando



Fonte: elaborado pelo autor

Estruturando os resultados

- 1- De acordo com o que foi visto durante a realização do experimento, e comparando com seus conhecimentos prévios adquiridos por leitura ou simplesmente observações dos controles remotos que você conhece, descreva seu parecer a respeito do fenômeno observado?
- 2- Faça uma discussão em grupo sobre o fenômeno da radiação de infravermelha.
- 3- Sendo o infravermelho uma luz invisível, mas tendo as mesmas características da luz visível, que comparação você poderia fazer entre ambas para destacar a distinção delas?
- 4- Destaque o que foi relevante para você sobre esta experiência.

Dicas de Segurança

Esta aula não apresenta riscos de queimaduras ou choque elétrico.

Sugestões

- Para o acompanhamento e observação organize os alunos em grupos de 5 ou 6.
- Use qualquer controle remoto de tv, ou aparelho de som, ou de portão.

4.6 AULA EXPERIMENTAL 06: VISUALIZANDO O PERFIL DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS EM UMA LÂMPADA DE FILAMENTO (INCANDESCENTE)



Abordagens

Instrumentos ópticos para visualização de radiações nas regiões do espectro de luz invisível e visível. Perceber, por meio da webcam e uma tela de computador, a topografia das ondas eletromagnéticas que estão sendo produzidas por uma lâmpada incandescente. Associação da luz visível com o calor e a comparação com a topografia dos níveis de calor na chama de uma vela.

Competências e habilidades

- Conhecer que a emissão de cor pelo aquecimento do filamento (incandescência) e todo o calor gerado e emitido são ondas eletromagnéticas distintas.
- Entender que a maior parte da energia térmica emitida pelo aquecimento do filamento se converte em luz invisível (radiação infravermelha).
- Caracterizar e classificar os tipos de ondas eletromagnéticas presentes em uma lâmpada de filamento (incandescente).

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano (de acordo com a BNCC).

Materiais utilizados

- ✓ Uma luminária portátil (tipo luminária de mesa) com lâmpada de filamento (incandescente).
- ✓ Notebook ou Computador de mesa
- ✓ Webcam sem o filtro de infravermelho

Figura 10 – Lâmpada de filamento



Fonte: elaborado pelo autor

Fundamentação teórica

O ferro ao ser fundido recebe calor continuamente desde a temperatura ambiente até atingir aproximadamente 2.000 K (1.700° Celsius). No decorrer deste processo o ferro vai perdendo sua coloração escura e adquirindo uma coloração avermelhada/alaranjada até se tornar incandescente. A maior parte da radiação emitida pelo ferro aquecido e/ou em aquecimento é infravermelha.

O processo de emissão de luz pelas lâmpadas incandescentes é semelhante ao do aquecimento do ferro. O filamento de tungstênio é percorrido por uma corrente elétrica que provoca aquecimento deixando este filamento incandescente, que chega a atingir uma temperatura de aproximadamente 3.000 K (2.720° Celsius). A maior parte da radiação está na região do infravermelho, e, esta é a razão de sentirmos calor ao aproximarmos as mãos ou tocarmos os dedos no bulbo de vidro da lâmpada. A outra parte da emissão está na região do visível abrangendo todas as faixas de cores da luz, no entanto a intensidade é maior para os comprimentos de ondas mais altos, daí a razão de nossos olhos enxergar o filamento com uma cor amarelada.⁸

Fontes quentes de luz possuem uma relação entre temperatura e cor da radiação emitida. Para cada temperatura há predominância na emissão de certas cores, enquanto as outras cores podem estar presentes em menor proporção. Por exemplo, as estrelas são exemplos de emissores de radiação eletromagnética com máximas na região do visível e do ultravioleta.

⁸ PIETROCOLA, M. et al. Física em contextos e aplicações. 1ª Ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

Estratégia didática

Professor, faça uma abordagem com os alunos sobre a questão do grande consumo de energia elétrica das lâmpadas incandescentes por causa da alta taxa de dissipação de energia por efeito Joule. Por isso, elas foram retiradas do mercado de consumo. Oriente-os a perceber que a maior parte das ondas eletromagnéticas emitidas ocorrem na forma de radiação infravermelha. Comente que a maioria dos tipos de lâmpada é constituída de um bulbo de vidro, no interior do qual se encontram eletrodos metálicos e o gás de determinado elemento químico a baixa pressão. A passagem da corrente elétrica faz o vapor do elemento brilhar e emitir radiação eletromagnética em determinados comprimentos de onda. Por isso percebemos a luz colorida.⁹

Problematização

Nas lâmpadas incandescentes o filamento, que é aquecido pela corrente elétrica, emite luz de cor branco amarelada. Com esse tipo de lâmpada dificilmente conseguimos ver várias cores, como as que vemos, por exemplo, na chama de uma vela, pois a temperatura em todo o filamento é praticamente a mesma. Também podemos ver o filamento da lâmpada incandescente com uma tonalidade vermelha, amarela ou mesmo branca.¹⁰

Os fenômenos da chama de uma vela e do aquecimento no filamento da lâmpada são exemplos de produção de luz visível e luz invisível (radiação infravermelha), em razão das altas temperaturas presentes na combustão da vela e no caso da lâmpada no aquecimento do filamento pela passagem da corrente elétrica. Sendo assim, em ambos os meios produtivos de ondas eletromagnéticas (chama e filamento acesso) é notável diferentes comprimentos de ondas, conseqüentemente, distintos níveis de energia. Ver na figura 11 a comparação da topografia da chama da vela e da topografia na luz da lâmpada.

⁹ PIETROCOLA, M. et al. Física em contextos e aplicações – Manual do professor. Páginas: 52 e 53. 1ª Ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

¹⁰ <https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/gref/optica10-2.pdf>. Acesso: 21 de dezembro de 2021.

Figura 11 – Topografia da luz e da chama: níveis distintos de energia



Fonte: elaborado pelo autor

Procedimentos

- 1- Conectar a webcam em um Notebook ou Computador de mesa.
- 2- Posicionar uma lâmpada incandescente (de preferência acoplada em uma luminária portátil) acesa em frente a webcam (figura 12).
- 3- Procurar um posicionamento da webcam que proporcione um ângulo ideal para projetar a imagem do feixe de luz na tela do Notebook ou Computador de mesa
- 4- Faça as observações na imagem projetada na tela.

Figura 12 – Montagem: Câmera, lâmpada e notebook



Fonte: elaborado pelo autor

Estruturando os resultados

- 1- Descreva o que você sabia antes sobre o princípio de funcionamento das lâmpadas incandescentes.
- 2- Explique como ocorre a radiação de infravermelha a partir do filamento de uma lâmpada incandescente.

- 3- Porque as lâmpadas incandescentes consomem mais energia do que as atuais lâmpadas de led e as fluorescentes?
- 4- Descreva o que você entendeu a respeito da relação de cores com os comprimentos de onda em uma lâmpada incandescente.
- 5- Qual a comparação feita sobre as faixas de cores mostradas na tela do notebook a partir da projeção da imagem da chama da vela (figura 11) e da imagem da luz da lâmpada?

Dicas de Segurança

Garante que o circuito da lâmpada esteja com os devidos isolamentos, evitando choques.

Sugestões

- Para o acompanhamento e observação organize os alunos em grupos de 5 ou 6.

4.7 AULA EXPERIMENTAL 07: VERIFICANDO A TOPOGRAFIA DE UM RAIOS LASER



Abordagens

Laser, um tipo especial de luz, sua construção e características. Comparação de uma luz coerente de outra não coerente. Emissão estimulada de radiação.

Competências e habilidades

- Conhecer a forma de produção de uma radiação eletromagnética.
- Perceber e descrever a trajetória de feixe de luz tipo laser.
- Distinguir a diferença entre um feixe de luz comum com um feixe de laser.
- Conhecer a aplicação do laser em diversos aparelhos e sistemas para uso na medicina, indústria, diversão e outras.

Materiais utilizados

- ✓ Um emissor de laser de baixa frequência como um desses da figura 13.
- ✓ Notebook ou Computador de mesa
- ✓ Webcam sem o filtro de infravermelho
- ✓ Telefone celular com câmera

Figura 13 – Modelos de emissor de laser



Fonte: elaborado pelo autor

Fundamentação teórica

O laser está presente em uma grande variedade de equipamentos e produtos com diversas finalidades, por exemplo: em aparelhos de DVD, equipamentos da medicina, máquina para corte de metal, sistema de medição, caixas registradores de estabelecimentos comerciais, nas leituras de códigos de barra, dentre outros.

A palavra laser é uma sigla em inglês que significa *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (Amplificação da luz por Emissão Estimulada de Radiação), que define um equipamento que produz um tipo especial de luz.

Um raio laser é diferente de outros feixes de luz porque estes são chamados de feixe incoerente, uma vez que apresenta ondas de diversas frequências fora de fase entre si, espalhando-se e se tornando menos intenso após percorrer curtas distâncias. A luz do laser é monocromática, pois possui uma única cor com frequência bem definida e é colimada, o que significa dizer que se propaga com um feixe coerente, ou seja, não se espalha. Está em fase, isto é, os picos e vales coincidem-se resultando em interferências construtivas (ver figura 14).

Figura 14 – Representação da frequência da luz comum e do laser

Fonte: BONJORNO et al. 2016.



Apesar de o laser só ter sido inventado em 1960, a física de seu princípio de funcionamento foi desenvolvida nas duas primeiras décadas do século XX com o desenvolvimento de uma teoria chamada mecânica quântica, ou teoria quântica. Um dos pais fundadores da teoria quântica, o físico que recrutou jovens físicos para construir aquela teoria, foi um dinamarquês chamado Niels Bohr (NETO e JUNIOR, 2017).

Conforme alguns historiadores o desenvolvimento do laser iniciou em 1917 com Albert Einstein, quando ele estava envolvido em um de seus experimentos sobre

o fenômeno da emissão de energia. Acreditando que, se apenas o fóton correto estiver disponível “conforme a luz passa através de uma substância, ela pode estimular a emissão de mais luz”: “Einstein postulou que fótons preferem viajar juntos, no mesmo estado, se passar um fóton perdido, solto do comprimento de onda correto, sua presença vai estimular os átomos a liberarem seus fótons na chamada emissão estimulada, e esses fótons vão viajar na mesma direção com frequências e fases idênticas às do fóton perdido original. O que se segue é um efeito cascata: conforme a aglomeração de fótons idênticos se move com o resto dos átomos, mais fótons serão emitidos, a partir de seus átomos, para se juntarem a eles”.¹¹

De acordo com os modelos atômicos de Rutherford e de Bohr, os elétrons giram ao redor do núcleo em trajetórias circulares bem definidas sem causar emissão de energia. Porém quando uma quantidade de energia em forma de calor, luz ou eletricidade é aplicada ao átomo, um elétron pode passar de uma órbita para outra adquirindo um estado de maior energia, chamado *estado excitado*. Este estado é temporário, porque em seguida o elétron emite um fóton e volta para um estado de energia mais baixo.

A emissão estimulada consiste no seguinte: vamos considerar um elétron num estado excitado. Nessas condições, ele apresenta uma forte tendência a ir para o nível de mais baixa energia. Porém, isoladamente, esse processo demora bastante para acontecer, mas pode ser acelerado por um agente externo, que é justamente outro fóton. Assim, um fóton externo estimula o decaimento do fóton excitado e este, ao passar para o estado de mais baixa energia, emite um fóton que emerge do sistema com aquele que causou a transição. Desse modo, na emissão estimulada, o causador do efeito sai intacto e, juntamente com o fóton gerado, emergem do sistema juntos, com a mesma energia, propagando-se na mesma direção, em fase, e são fótons indistinguíveis, (BONJORNIO et al. 2016. pg. 192).

¹¹ Disponível em: <https://gizmodo.uol.com.br/entenda-como-foi-criado-o-laser-e-conheca-a-guerra-de-patentes-que-ele-gerou/>. Acesso em: 15 de dezembro de 2021.

Figura 15 – Etapas do processo de emissão de raio laser



Fonte: www.wellelaser.com/emissao-estimulada-o-segredo-do-raio-laser/. Acesso em: 15 de dezembro de 2021.

Os lasers de baixa intensidade funcionam com comprimentos de onda de 630 a 1300 *nm* (nanômetros), isto inclui uma parte na região de luz visível e outra parte na região de luz invisível (infravermelho).

Estratégia didática

Professor, inicie com uma abordagem sobre os conceitos atômicos de Rutherford e Bohr destacando os estados de equilíbrio e excitação dos elétrons em suas trajetórias circulares. É importante mostrar a história da mecânica quântica, partindo ainda da física clássica de Newton sobre a teoria ondulatória para o fenômeno da emissão de luz, passando pelo corpo negro idealizado por Max Planck, a teoria e comprovação da dualidade onda-partícula. Faça uma explanação sobre o fóton (partícula elementar), que é um pacote responsável por transportar a energia que existe nas ondas eletromagnéticas, mostrar que ele está presente sempre que acontece a transição entre estados de energia diferentes.

Problematização

A emissão de raio laser ocorre através de uma fonte de luz projetada para emitir ondas com comprimentos único, ou seja, ondas de mesma frequência que estão em fase permitindo um feixe de luz coerente e colimada (pouca divergência). Contrário das demais luzes emitidas, que possuem comportamento difuso.

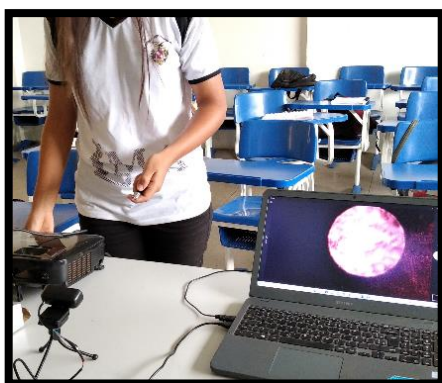
Nos lasers de baixa intensidade é possível que haja emissão de ondas na região do infravermelho, uma vez que funcionam com comprimentos de onda entre 630 e 1300 *nm* (nanômetros), e a região do infravermelho compreende a região entre 730 e 1000 *nm* (nanômetros).

Nesta aula experimental usaremos um laser de baixa intensidade e uma câmera sem filtro de contenção do infravermelho, possibilitando-nos a visualização da emissão de radiação infravermelha. A parte colorida (vermelha) mostrada na topografia do feixe de luz se refere à coloração provocada pelo elemento químico semiconductor utilizado na fabricação do equipamento emissor.

Procedimentos

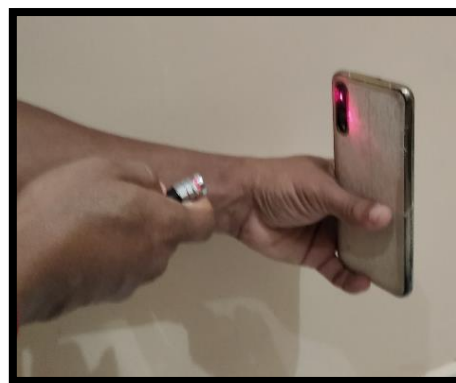
- 1- Conectar a webcam em um Notebook ou Computador de mesa.
- 2- Aponte o equipamento de laser, ligado, para frente da webcam sem filtro de infravermelho (figura 16).
- 3- Procurar um posicionamento da webcam que proporcione um ângulo ideal para projetar a imagem do feixe de luz na tela do Notebook ou Computador de mesa.
- 4- Aponte o equipamento de laser, ligado, para frente da câmera do celular (figura 17).
- 5- Faça a captura da imagem assim que tiver um bom ângulo da imagem do feixe de luz para posterior análise dela.
- 6- Faça as observações comparando o perfil topográfico das imagens capturadas nos procedimentos 3 e 5. Veja exemplo das duas imagens capturadas na figura 18.

Figura 16 – Apontando o laser na webcam



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 17 – Apontando o laser na câmera



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 18 – Imagens da topografia do feixe do laser (a imagem capturada pela câmera do telefone apresenta uma pequena contaminação no centro devido o reflexo da lente de vidro).



Fonte: elaborado pelo autor

Estruturando os resultados

- 1- Quais os equipamentos ou instrumentos que utilizam laser que você já conhecia antes desta aula?
- 2- Descreva seu entendimento sobre o raio laser antes desta aula.
- 3- Faça uma discussão em grupo sobre o fenômeno do feixe de luz tipo raio laser e a radiação de infravermelha.
- 4- Qual a diferença entre um feixe de luz branca qualquer e um feixe de raio laser?

Dicas de Segurança

Ao manusear o laser não direcione o feixe luminoso aos olhos.

Sugestões

- Para o acompanhamento e observação organize os alunos em grupos de 5 ou 6.
- Use um laser de luz vermelha.

4.8 AULA EXPERIMENTAL 08: GERAÇÃO DE ONDAS DE RÁDIO



Abordagens

Geração de ondas eletromagnéticas a partir de um pequeno circuito eletroeletrônico. A comunicação entre dois pontos sem conexão física, mas através da transmissão das ondas eletromagnéticas a partir de uma antena transmissora e outra antena receptora.

Competências e habilidades

- Compreender de forma simplificada como uma onda eletromagnética pode ser gerada através de cargas elétricas aceleradas.
- Demonstrar a captação de uma onda por um receptor adequado, nesta aula usaremos um pequeno rádio com antena.
- Reconhecer a natureza do fenômeno da radiação eletromagnética, situando-a no conjunto de fenômenos da Física.

Materiais utilizados

- ✓ Um pequeno rádio de pilha com antena (figura 19).
- ✓ Uma bateria de 9Volts com tomada e fios com pontas sem capas (figura 19).

Figura 19 – Rádio e pilha 9Volts



Fonte: elaborado pelo autor

Fundamentação teórica

As ondas de rádio foram geradas pela primeira vez em 1887 por um alemão chamado Heinrich R. Hertz. Mas essas ondas só foram usadas para a comunicação anos mais tarde quando o Engenheiro Elétrico Guglielmo Marconi, italiano, inventou o telégrafo sem fio.

Atualmente as ondas de rádio além de serem usadas nas transmissões radiofônicas, são usadas também nas transmissões telefônicas, televisão, radar etc.

A propagação das ondas eletromagnéticas ocorre em linha reta. Então, quando as ondas de rádio são transmitidas a longas distâncias acabam por se afastar da terra, e uma boa parte dessas ondas acabam se perdendo no espaço. Na camada ionosfera da atmosfera da terra ocorrem reflexões total das ondas de rádio, por ser a camada mais alta da atmosfera terrestre, a ionosfera recebe toda a radiação solar de forma direta, logo o índice de refração fica alterado para valores menores do que as camadas inferiores. Diminuindo o índice de refração, ocorre reflexão total das ondas. Quando essas ondas atinge o solo, sofrem reflexão novamente, porém não na sua totalidade porque uma boa parte é absorvida. Há a ocorrência de repetição desse ciclo, de maneira que as ondas de rádio podem dar uma volta inteira pela terra.

As ondas de rádio que são encarregadas de transmitir o som é chamada de onda portadora, sendo assim, a combinação do som mais a onda portadora recebem o nome de onda modulada.

Estratégia didática

Professor, faça a explanação para os alunos dos conceitos, fenômenos e formas de funcionamentos dos aparelhos e equipamentos que eles consideram ter relação com eletricidade (motores, pilhas, baterias etc.) e magnetismo (ímãs, campos magnéticos, polos magnéticos, aurora boreal etc.). Comente que essa aula experimental usará um equipamento que tem relação com um ou mais desses fenômenos.

É importante destacar a região de abrangência das ondas de rádio no espectro eletromagnético, que se estende desde poucos quilohertz (KHz) até muitos megahertz (MHz). Fale sobre o experimento de Heinrich R. Hertz, e que a unidade de medida de frequência é Hertz em homenagem a ele.

Problematização

Para a operacionalização dos sistemas de rádio são reservados faixas de

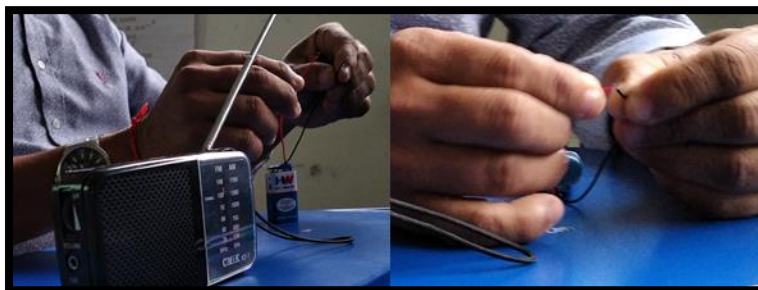
frequências do espectro eletromagnético diversos usos do governo brasileiro. Logo, cada estação de rádio comercial recebe uma outorga de autorização com uma frequência em particular, isso também acontece com cada canal de televisão e os demais meios de comunicação das instituições pública e privadas. Há uma valorização para uso das faixas do espectro eletromagnético pelos meios de comunicação por ter um número limitado de frequências e muitos interessados em usar elas.

Para os rádios AM as faixas de frequências para operacionalização estão entre 530 kHz e 1600 kHz. Para nossa aula experimental devemos usar uma frequência dentro deste intervalo que não esteja em uso por nenhuma estação de rádio.

Procedimentos

- 1- Ligue o rádio e sintonize-o em uma frequência não utilizada (que não tenha conexão com nenhuma estação de rádio).
- 2- Aproxime a bateria à antena (evite os fios tocar na antena).
- 3- Toque as duas pontas de fio da bateria uma na outra provocando curto-circuito (figura 20).

Figura 20 – Gerando onda de rádio por curto-circuito elétrico



Fonte: elaborado pelo autor

- 4- Fique atento com os ouvidos para captar pequenos ruídos diferenciados toda vez que tocar as pontas dos fios.

Estruturando os resultados

- 1- Escreva qual o seu conhecimento a respeito do funcionamento do rádio antes desta aula experimental.
- 2- O que você entendeu sobre a relação das ondas eletromagnéticas e um curto-circuito em uma pilha?
- 3- Descreva como você entende a perda de sinal ou falha de transmissão quando um rádio está ligado.
- 4- Destaque o que foi relevante para você sobre esta experiência.

Dicas de Segurança

Esta aula não apresenta riscos de queimaduras ou choque elétrico.

Sugestões

- Para o acompanhamento e observação organize os alunos em grupos de 5 ou 6.
- Use qualquer rádio de antena.
- Não use rádio de smartfone, porque este tipo de rádio funciona via canal de internet.

4.9 AULA EXPERIMENTAL 09: REFRAÇÃO DE LUZ BRANCA



Abordagens

As diferentes cores captadas por nosso sistema de visão, como nossos olhos consegue captá-las. A natureza da luz visível como parte das ondas eletromagnéticas apresentadas no espectro. A composição da luz branca e o fenômeno da refração (desvio da luz) ao atravessar um cristal.

Competências e habilidades

- Compreender formas pelas quais a Física e a tecnologia influenciam nossa interpretação do mundo, nos dando condições e analisar e interagir.
- Compreender e interpretar informações das ciências Físicas apresentada em linguagens simbólicas.
- Estabelecer diferentes características das ondas eletromagnéticas e quais as condições para a ocorrência de interferência luminosa.

Materiais utilizados

- ✓ Um cristal no formato de prisma retangular ou triangular. (ver figura 21).
- ✓ Uma fonte de luz branca, pode ser lanterna de led (ver figura 21-a).

Figura 21 – Prisma triangular em suporte



Fonte: elaborado pelo autor

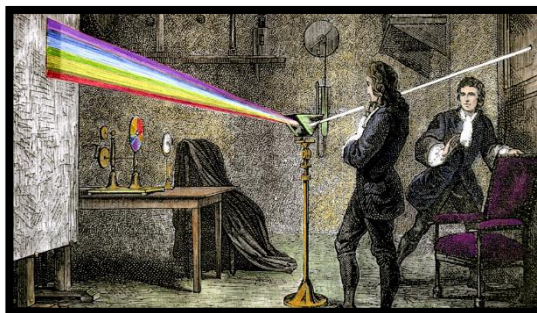
Fundamentação teórica

A luz é conjunto das ondas eletromagnéticas que, ao penetrarem em nossos olhos, podem sensibilizar a retina e desencadear o mecanismo da visão. Essas ondas, como qualquer outra radiação eletromagnética, são geradas por cargas elétricas oscilantes. No caso da luz, os elétrons presentes nos átomos que formam a matéria, ao receberem energia por colisões, excitam-se e passam a ocupar níveis energéticos mais altos. Quando esses elétrons retornam aos níveis energéticos originais, a energia que haviam recebido é devolvida ao meio na forma de luz, capaz de impressionar nossas retinas (TORRES et al. 2016. pg. 128).

O físico inglês Isaac Newton (1642 – 1727) teve a percepção que a luz se propagava em linha reta, percebeu ainda, que, ao atravessar um prisma de vidro, a luz branca do sol sofria dispersão e era decomposta em várias cores (as cores do arco-íris) (figura 22).

São sete as cores que conseguimos distinguir no arco-íris, assim como no teste de Newton, que são consideradas as principais, porém existe um número muito grande de cores intermediárias.

Figura 22 – Gravura sobre a descoberta da dispersão da luz branca por Newton



Fonte: TORRES et al. 2016

Newton defendia a ideia de que a luz era constituída por partículas, obedecendo as leis da mecânica. Mas em 1687 o físico e astrônomo holandês Christian Huygens (1629 – 1695) movido pela ideia de que a luz é um fenômeno oscilatório de um meio ainda não identificado, propôs a teoria ondulatória da luz.

Estratégia didática

Professor, é importante ressaltar que, embora a radiação de luz visível seja emitida pelo sol em maior quantidade em relação às outras radiações, trata-se de uma estreita faixa perceptível ao olho humano. Esta percepção ocorre por causa de elementos biológicos que constituem o olho, chamados de cones e bastonetes. Assim, uma discussão acerca das funções dessas células, além de tornar a aula mais interessante, promove uma discussão mais rica e abrangente sobre o tema (BONJORNIO et al. 2016. pg. 191).

Comente que a maioria dos tipos de lâmpadas é constituído de um bulbo de vidro, no interior do qual se encontram eletrodos metálicos e o gás de determinado elemento químico a baixa pressão. A passagem da corrente elétrica faz o vapor do elemento brilhar e emitir radiação eletromagnética em determinados comprimentos de onda. Por isso, percebemos a luz colorida. Discuta que a luz amarela emitida pela lâmpada de sódio é mais próxima do pico de percepção de nossos olhos. Por esta razão, ela é usada em estradas e rodovias, onde a acuidade visual é imprescindível por causa do grande fluxo de veículos a velocidades mais altas; já em ruas e alamedas, onde o tráfego é menor e a velocidade é reduzida, opta-se pelo uso das lâmpadas de mercúrio, por serem mais econômicas (PIETROCOLA et al. 2016. pg. 131).

Problematização

A partir das observações de Newton sobre as cores geradas pelo fenômeno da refração da luz branca, ele estabeleceu uma nova teoria que atribuía aos ângulos de refração como sendo a propriedade física responsável por diferenciar as cores. Mas, percebeu que isto não tinha relação com a natureza da luz.

Passado mais de um século depois de Newton, o físico inglês Thomas Young, em 1801, fez experimentos que atestava a natureza ondulatória da luz, em que cada cor corresponde a uma frequência diferente de ondas.

Procedimentos

- 1- Mantenha o prisma em um ponto a uma distância de 1 metro a 2 metro de um anteparo (pode ser uma parede).
- 2- Faça incidir um feixe de luz branca em na face do prisma, oposta à face que está de frente com o anteparo.

3- Procure um ponto específico da face do prisma, onde o feixe está incidindo (com leves movimentos) que irá gerar a faixa de cores (o arco-íris), veja a figura 23.

Figura 23 – Refração de um feixe de luz branca



Fonte: elaborado pelo autor

Estruturando os resultados

- 1- Escreva qual o conhecimento que você tinha antes desta aula experimental a respeito das diferentes cores que nossos olhos conseguem captar?
- 2- O que você entendeu sobre a relação das ondas eletromagnéticas e as diferentes cores do arco-íris?
- 3- Faça uma discussão em grupo a respeito da formação do arco-íris e seu formato circular.
- 4- Destaque o que foi relevante para você sobre esta experiência.

Dicas de Segurança

Esta aula não apresenta riscos de queimaduras ou choque elétrico.

Sugestões

- Para o acompanhamento e observação organize os alunos em grupos de 5 ou 6.

BIBLIOGRAFIA

BONJORNO, J. R. et al. **Física: Eletromagnetismo e Física moderna**. 3ª Edição. São Paulo, Editora FTD, 2016.

GLOBO, GUIA PRÁTICO DE CIÊNCIAS. **Como a Ciência Funciona**. Projetos e Experiências Incríveis Para as Feiras de Ciências. Rio de Janeiro, Editora Globo, 1994.

MOREIRA, M. A. e MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa** – A teoria de David Ausubel. São Paulo, Centauro Editora, 4ª Edição, 2016.

NERY, A. L. P e KILLNER, G. I. **Ciências da Natureza** – anos finais do Ensino Fundamental. 2ª Edição. São Paulo, Editora SM, 2018.

NETO, C. P. S. e JUNIOR, O. F. Um presente de Apolo: Laser, história e aplicações. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, vol. 39, nº 1, e1502 (2017). Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbef/a/bXZ3scjTLbDmBWMWxYJB7YB/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 15 de dezembro de 2021.

PIETROCOLA, M. et al. **Física em contextos e aplicações**. 1ª Edição. São Paulo, Editora do Brasil, 2016.

TORRES, C. M. A. et al. **Física: Ciência e Tecnologia**. 4ª Edição. São Paulo, Moderna, 2016.

TRIVELLATO, J. et al. **Ciências da Natureza**. 1ª Edição. São Paulo, Quinteto, 2015.