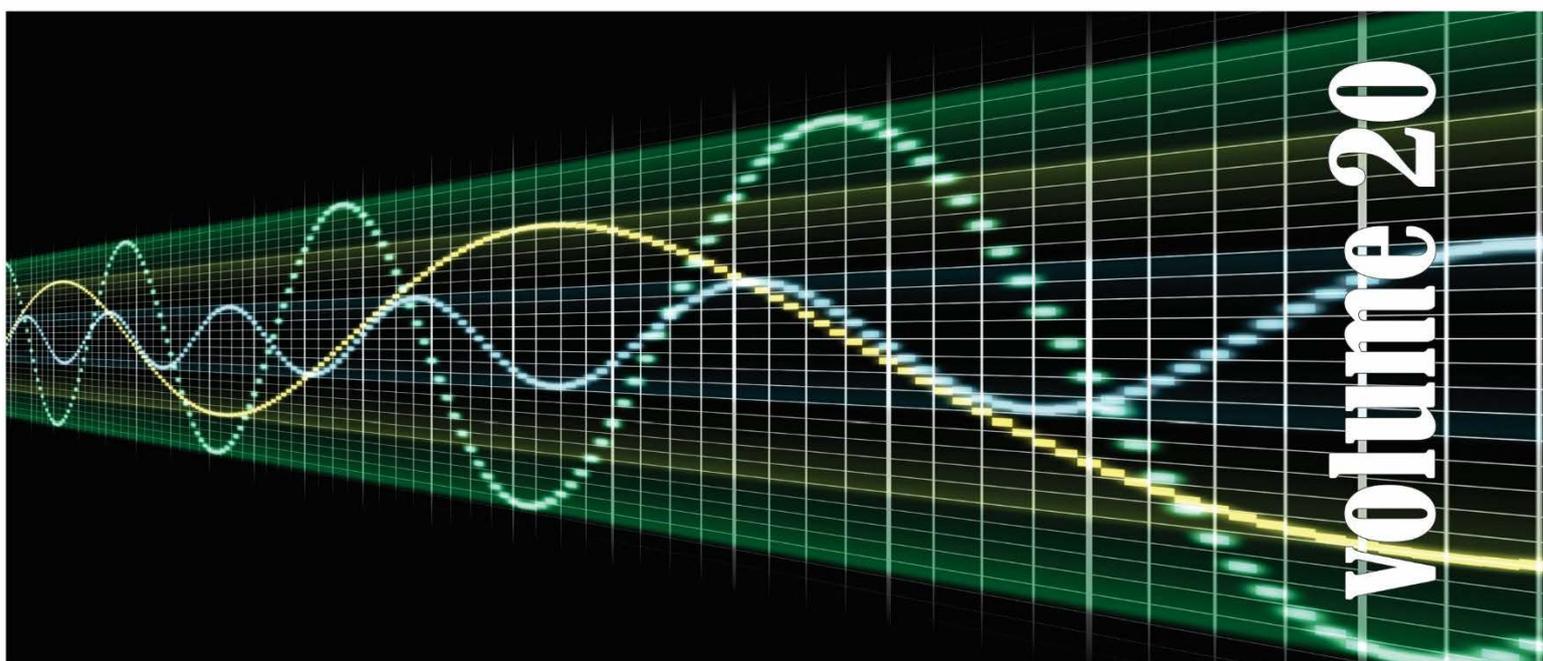


MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

PPG 
ensino de física

Silvio Luiz Rutz da Silva
André Vítor Chaves de Andrade
André Manrício Brinatti
Antônio Sérgio Magalhães de Castro
Jeremias Borges da Silva
(organizadores)

Luis Carlos Menezes Almeida Júnior
Luiz Américo Alves Pereira



**Aplicação do Experimento de Hertz
Atualizado no Ensino de Ondas
Eletromagnéticas**

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROPESP

SÉRIE:
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

Volume 20

LUIS CARLOS MENEZES ALMEIDA JÚNIOR

LUIZ AMÉRICO ALVES PEREIRA

Aplicação do Experimento de Hertz Atualizado no Ensino de Ondas Eletromagnéticas

Silvio Luiz Rutz da Silva
André Maurício Brinatti
André Vitor Chaves de Andrade
Antônio Sérgio Magalhães de Castro
Jeremias Borges da Silva

(ORGANIZADORES)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

Prof. Dr. Miguel Sanches Neto
REITOR

Prof. Dr. Everson Augusto Krum
VICE-REITOR

Profa. Dra. Edina Schimanski
PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO E ASSUNTOS CULTURAIS

Prof. Dr. Giovani Marino Favero
PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓSGRADUAÇÃO

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA MNPEF - POLO 35 – UEPG MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Colegiado

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (Coordenador)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (*Vice-Coordenador*)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (*Titular*)
Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro (*Titular*)
Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva (*Titular*)
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (*Suplente*)
Prof. Dr. Marcelo Emilio (*Suplente*)

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

CONSELHO EDITORIAL

SÉRIE:

PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

Prof. Dra. Agueda Maria Turatti (FURG)
Prof. Dr. André Maurício Brinatti (UEPG)
Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade (UEPG)
Prof. Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro (UEPG)
Prof. Dr. Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos (UNICENTRO)
Prof. Dr. Fabio Augusto Meira Cássaro (UEPG)
Prof. Dr. Gérson Kniphoff da Cruz (UEPG)
Prof. Dr. Gustavo Vinicius Bassi Lukasiewicz (UTFPR)
Prof. Dra. Iramaia Jorge Cabral de Paulo (UFMT)
Prof. Dra. Jaqueline Aparecida Ribaski Borges (FATEB)
Prof. Dr. Jeremias Borges Da Silva (UEPG)
Prof. Dr. Júlio Flemming Neto (UEPG)
Prof. Dr. Lucas Stori de Lara (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Américo Alves Pereira (UEPG)
Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes (UEPG)
Prof. Dr. Marcelo Emilio (UEPG)
Prof. Dr. Marco Antônio Sandini Trentin (UPF)
Prof. Dr. Mário Jose Van Thienen Silva (UTFPR)
Prof. Dr. Michel Corci Batista (UTFPR)
Prof. Dr. Paulo Cesar Facin (UEPG)
Prof. Dr. Rafael Ribaski Borges (UTFPR)
Prof. Dr. Ricardo Costa de Santana (UFG)
Prof. Dr. Romeu Miqueias Szmoski (UTFPR)
Prof. Dra. Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira (UTFPR)
Prof. Dra. Shalimar Calegari Zanatta (UNESPAR)
Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz Da Silva (UEPG)

Ficha catalográfica



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons
Atribuição -Não Comercial- Compartilha Igual 4.0 Internacional.

PREFÁCIO

Durante as últimas décadas, no Brasil se tem conseguido avanços significativos em relação a alfabetização científica, em especial na área do Ensino de Física, nos diversos níveis de ensino, entretanto continua pendente o desafio de melhorar a qualidade da Educação em Ciências. Buscando superar tal desafio a Sociedade Brasileira de Física (SBF) implementou o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) que se constitui em um programa nacional de pós-graduação de caráter profissional, voltado a professores de ensino médio e fundamental com ênfase principal em aspectos de conteúdos na Área de Física, resultando em uma ação que engloba diferentes capacidades apresentadas por diversas Instituições de Ensino Superior (IES) distribuídas em todas as regiões do País.

O objetivo do MNPEF é capacitar em nível de mestrado uma fração muito grande de professores da Educação Básica quanto ao domínio de conteúdos de Física e de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula como, por exemplo, estratégias que utilizam recursos de mídia eletrônica, tecnológicos e/ou computacionais para motivação, informação, experimentação e demonstrações de diferentes fenômenos físicos.

A abrangência do MNPEF é nacional e universal, ou seja, está presente em todas as regiões do País, sejam elas localizadas em capitais ou estejam afastadas dos grandes centros. Fica então clara a necessidade da colaboração de recursos humanos com formação adequada localizados em diferentes IES. Para tanto, o MNPEF está organizado em Polos Regionais, hospedados por alguma IES, onde ocorrerem as orientações das dissertações e são ministradas as disciplinas do currículo.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, por meio de um grupo de professores do Departamento de Física, faz parte do MNPEF desde o ano de 2014 tendo nesse período proporcionado a oportunidade de aperfeiçoamento para quarenta e cinco professores de Física da Educação Básica, sendo que desses quinze já concluíram o programa tornando-se Mestres em Ensino de Física.

A Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física**, que ora apresentamos, consta de vários volumes que correspondem aos produtos educacionais derivados dos projetos de dissertação de mestrado defendidos. Alguns desses volumes são constituídos de mais de um tomo.

Com essa série o MNPEF - Polo 35 - UEPG, não somente busca entregar materiais instrucionais para o Ensino de Física para professores e estudantes, mas também pretende disponibilizar informação que contribua para a identificação de fatores associados ao Ensino de Física

a partir da proposição, execução, reflexão e análise de temas e de metodologias que possibilitem a compreensão do processo de ensino e aprendizagem, pelas vias do ensino e da pesquisa, resultado da formação de docentes pesquisadores.

A série é resultado de atividade reflexiva, crítica e inovadora aplicada diretamente à atuação profissional do docente, na produção de conhecimento diretamente associado à prospecção de problemas e soluções para o ensino-aprendizagem dos conhecimentos em Física, apresentando estudos e pesquisas que se propõem com suporte teórico para que os profissionais da educação tenham condições de inovar sua prática em termos de compreensão e aplicação da ciência.

A intenção é que a Série: **Produtos Educacionais em Ensino de Física** ofereça referências de propostas de Ensino de Física coerentes com as estruturas de pensamento exigidas pela ciência e pela tecnologia, pelo exemplo de suas inserções na realidade educacional, ao mesmo tempo que mostrem como se pode dar tratamento adequado à interdependência de conteúdo para a formação de visão das interconexões dos conteúdos da Física.

Prof. Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Prof. Dr. Antônio Sérgio Magalhães de Castro

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Organizadores

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| APRESENTAÇÃO | 8 |
| 1.INTRODUÇÃO TEÓRICA | 9 |
| 1.1 APRENDIZAGEM SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY..... | 9 |
| 1.2 O EXPERIMENTO DE HERTZ..... | 11 |
| 2.MATERIAIS E MONTAGEM | 15 |
| 3.FUNIONAMENTO | 20 |
| 4.APLICAÇÃO | 21 |
| 5.AVALIAÇÃO | 23 |
| 6.EPÍLOGO | 24 |
| REFERÊNCIAS..... | 25 |

APRESENTAÇÃO

A aprendizagem dos estudantes brasileiros em ciência, apresenta um déficit significativo quando comparada no cenário internacional, segundo indicadores utilizados atualmente, como o PISA - OECD por exemplo. Isso tem como causas diversos fatores socio-histórico-culturais que demandam políticas públicas adequadas, mobilização da sociedade civil e inovações por parte dos profissionais da área da educação, para alavancar um processo renovador na educação do país.

Neste contexto encontra-se o ensino em Física, onde os alunos em geral apresentam, além das dificuldades na compreensão, uma certa aversão pela disciplina, desconhecendo o lado encantador desta ciência.

Buscando soluções para este cenário, desenvolveu-se este Produto Educacional, como uma proposta de baixo custo, acessível aquisição de materiais, bem como relativa facilidade de montagem e demonstração. Foi organizado pela temática das ondas eletromagnéticas, baseando-se na teoria de aprendizagem sociointeracionista do psicólogo russo Lev Semyonovich Vygotsky e na reprodução do experimento do físico alemão Heinrich Rudolf Hertz.

Esta proposta é indicada para ser aplicada em turmas de 3º ano de nível médio, preferencialmente nos períodos finais do ano letivo, por entender-se que os alunos já trabalharam os conteúdos básicos de ondulatória e eletromagnetismo, permitindo observações e avaliações qualitativas durante a realização dessa atividade. O produto é interessante em termos de contextualizar e materializar as teorias físicas do tema escolhido, atraindo e motivando os estudantes de uma forma geral.

Para todos os interessados em utilizar este produto num ambiente de aprendizagem formal ou não formal, poderão fazê-lo integralmente, parcialmente ou de forma adaptada em outra programação, desde que tomando o cuidado de planejar a aplicação, para que se torne contextualizada com as teorias científicas que se deseja consolidar no desenvolvimento dos estudantes.

1. INTRODUÇÃO TEÓRICA

Este trabalho está fundamentado nos conceitos das teorias da aprendizagem de Lev Vygotsky, e do experimento de Heinrich Hertz para ondas eletromagnéticas.

Nos tópicos a seguir, encontram-se os principais fundamentos relacionados a esse desenvolvimento.

1.1. APRENDIZAGEM SOCIOINTERACIONISTA DE VYGOTSKY

Lev Semyonovich Vygotsky (1896 - 1934) foi um psicólogo soviético, fundador de uma teoria do desenvolvimento humano cultural e biossocial comumente referida como "psicologia histórico-cultural".

Conforme Lefrançois (2016), Vygotsky foi um psicólogo pioneiro e suas principais obras abrangem seis volumes separados, escritos durante cerca de dez anos, da *Psicologia da Arte* (1925) ao *Pensamento e Linguagem* (ou *Pensamento e Fala*) (1934). Os interesses de Vygotsky nos campos da psicologia do desenvolvimento, desenvolvimento infantil e educação eram extremamente diversos. Sua estrutura filosófica inclui interpretações do papel cognitivo das ferramentas de mediação, bem como a reinterpretação de conceitos bem conhecidos na psicologia, como a internalização do conhecimento. Vygotsky introduziu a noção de zona de desenvolvimento proximal (ZDP), uma metáfora capaz de descrever o potencial do desenvolvimento cognitivo humano. O seu trabalho abordou tópicos como a origem e a psicologia da arte, desenvolvimento das funções mentais superiores, filosofia da ciência e metodologia da pesquisa psicológica, relação entre aprendizagem e desenvolvimento humano, formação de conceitos, inter-relação entre linguagem e desenvolvimento do pensamento (um fenômeno psicológico), dificuldades de aprendizagem e desenvolvimento humano anormal (também conhecido como defectologia). O legado de Vygotsky pode ser dividido em dois períodos bastante distintos: o período "instrumental" mecanicista dos anos 1920, o período "holístico" integrativo dos anos 1930 e os anos de transição de,

aproximadamente, 1929-1931. Cada um desses períodos é caracterizado por seus temas distintos e inovações teóricas.

Os estudos de Lev Vygotsky postulam uma dialética de interações entre si e com o ambiente, como um fator desencadeador do desenvolvimento sociocognitivo. Para Vygotsky e seus colaboradores, o desenvolvimento depende da linguagem. Eles acham que a estrutura dos passos descritos por Piaget está correta, mas a concepção de sua dinâmica evolutiva é diferente. Se Piaget sustenta que a estruturação do organismo precede o desenvolvimento, para Vygotsky, é o próprio processo de aprendizagem que gera e promove o desenvolvimento de estruturas mentais superiores.

Embasando-se em Moreira (2011), constata-se que a teoria de Vygotsky se estrutura no conceito de uma zona de desenvolvimento proximal (ZDP), em que a aprendizagem ocorre no intervalo entre o conhecimento real e o conhecimento potencial. Em outras palavras, a ZDP é a distância entre o que o sujeito já sabe e o que ele tem potencial para aprender. Seria nessa área que a educação atuaria, estimulando a aquisição de potencial, a partir do conhecimento da ZDP do aprendiz, para intervir. O conhecimento potencial, uma vez alcançado, torna-se conhecimento real e a ZDP é redefinida a partir do que seria o novo potencial.

Nesta concepção, as interações desempenham um papel crucial e determinante. Para definir o verdadeiro conhecimento, Vygotsky sugere avaliar o que o sujeito é capaz de fazer sozinho e o potencial do que ele pode fazer com a ajuda de outro sujeito. Assim, a ZDP é determinada e o nível de riqueza e a diversidade das interações determinam o potencial alcançado. Quanto mais ricas as interações, mais complexo e sofisticado é o desenvolvimento.

No campo da educação, a interação, que é um dos conceitos fundamentais da teoria de Vygotsky, faz parte da concepção da escola que se busca no sistema educacional brasileiro atual. E, neste caso, o professor e o aluno desempenham um papel vital no processo de ensino e aprendizagem. Desta forma, é possível desenvolver tanto os conceitos de ZDP como a relação entre pensamento, linguagem e intervenção dentro da escola, permitindo assim um maior nível de aprendizagem.

1.2. O EXPERIMENTO DE HERTZ

Heinrich Rudolf Hertz (22 de fevereiro de 1857 - 1 de janeiro de 1894) nasceu em Hamburgo, Alemanha, numa culta família hanseática, tornando-se um físico alemão que primeiramente comprovou conclusivamente a existência das ondas eletromagnéticas teorizadas pela teoria eletromagnética da luz de James Clerk Maxwell. A unidade de frequência - ciclo por segundo - foi chamada de "hertz" em sua homenagem.

Segundo Gericke (2018), enquanto Hertz estudava na Escola de Eruditos de Johanneums, em Hamburgo, destacou-se no aprendizado de ciências e idiomas, como árabe e sânscrito. Ele estudou ciências e engenharia nas cidades alemãs de Dresden, Munique e Berlim, onde estudou com Gustav R. Kirchhoff e Hermann von Helmholtz. Em 1880, Hertz obteve seu doutorado na Universidade de Berlim, e durante os três anos seguintes permaneceu para o estudo de pós-doutorado com Helmholtz, servindo como seu assistente. Em 1883, Hertz assumiu o cargo de professor de física teórica na Universidade de Kiel. Em 1885, Hertz tornou-se professor titular da Universidade de Karlsruhe.

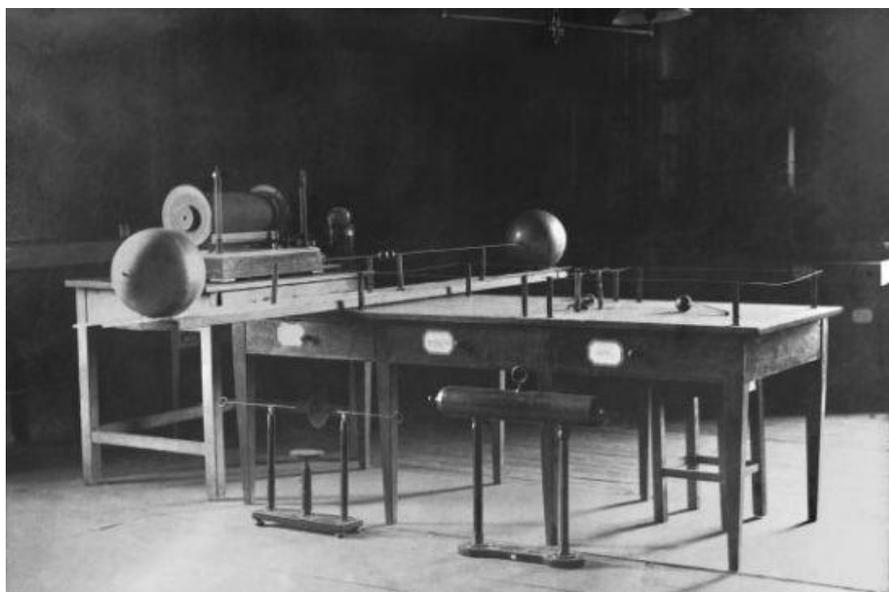
Hertz assumiu o cargo de Professor de Física e Diretor do Instituto de Física em Bonn em abril de 1889, cargo que ocupou até janeiro de 1894. Durante esse período, trabalhou em mecânica teórica com seu trabalho publicado no livro "Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt" (Os Princípios da Mecânica Apresentados em uma Nova Forma), publicado postumamente em 1894.

Afirma Ribeiro (2015), que durante os estudos de Hertz em 1879, Helmholtz sugeriu que a tese de doutorado de Hertz fosse sobre o teste da teoria do eletromagnetismo de Maxwell, publicada em 1865, que previa a existência de ondas eletromagnéticas movendo-se à velocidade da luz. Helmholtz também havia proposto o problema do "Prêmio de Berlim" naquele ano na Academia Prussiana de Ciências para qualquer um que pudesse experimentalmente provar um efeito eletromagnético na polarização e despolarização de isoladores, algo previsto pela teoria de Maxwell. Hertz trabalhou em indução eletromagnética e produziu uma análise das equações de Maxwell durante seu tempo em Kiel,

mostrando que elas tinham mais validade do que as então prevalentes teorias de "ação a distância".

Depois que Hertz recebeu sua cátedra em Karlsruhe (Alemanha), ele estava experimentando um par de espirais Riess em 1886, quando percebeu que descarregar um frasco de Leyden em uma dessas bobinas produziria uma faísca na outra bobina. Com uma ideia de como construir um aparato, Hertz tinha agora um meio de prosseguir com o problema do "Prêmio de Berlim" de 1879, ao provar a teoria de Maxwell. Ele usou um centímetro de centelha movido a bobina Ruhmkorff e um par de fios de um metro como radiador. Esferas capacitivas estavam presentes nas extremidades para ajustes de ressonância de circuito. Seu receptor era uma simples antena dipolo de meia onda com um espaçamento de centelha micrométrica entre os elementos. Este experimento, ilustrado na figura 1 e na figura 2, produziu e detectou o que agora é chamado de ondas de rádio na faixa de frequência muito alta.

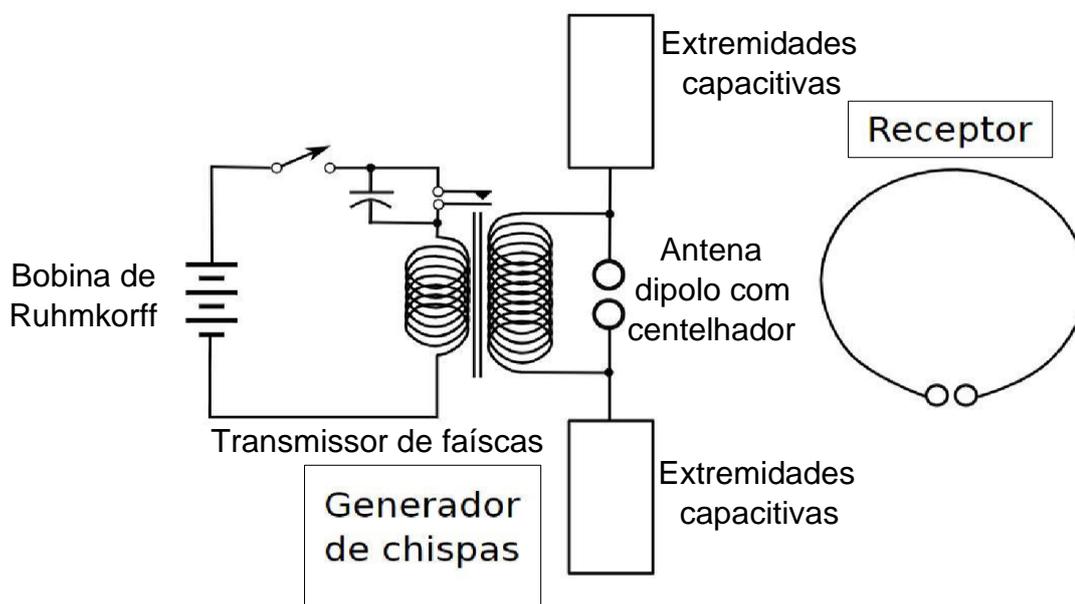
Figura 1 – Imagem de um oscilador linear utilizado por Hertz



Fonte: GUAZZARONI, C. ¹

¹ Disponível <<https://espaciodecesar.com>>. Acesso em 10 junho 2018.

Figura 2 – Esquema de montagem de um oscilador utilizado por Hertz



Fonte: GUALTIERI, Devlin M.²

Mangili (2011) relata que entre 1886 e 1889, Hertz conduziu uma série de experimentos que provou que os efeitos que ele observava eram resultados das ondas eletromagnéticas previstas por Maxwell. Começando em novembro de 1887 com seu artigo "Sobre os efeitos eletromagnéticos produzidos por perturbações elétricas em isolantes", Hertz enviou uma série de artigos a Helmholtz na Academia das Ciências de Berlim, incluindo documentos em 1888 que mostravam ondas eletromagnéticas transversais de espaço livre viajando a uma velocidade finita por uma certa distância. No aparelho que Hertz usava, os campos elétrico e magnético irradiavam dos fios como ondas transversais. Hertz posicionou um oscilador a cerca de 12 metros de uma chapa refletora de zinco para produzir ondas estacionárias. Cada onda tinha cerca de 4 metros de comprimento. Usando um detector em forma de anel, ele registrou como a magnitude e a direção dos componentes da onda variavam. Hertz mediu as ondas de Maxwell e demonstrou que a velocidade dessas ondas era igual à velocidade da luz. A intensidade do campo elétrico, polarização e reflexão das

² <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hertz_Transmitter_Receiver.svg>. Acesso em 10 junho 2018

ondas também foram medidas pela Hertz. Esses experimentos estabeleceram que a luz e essas ondas eram uma forma de radiação eletromagnética obedecendo às equações de Maxwell. Hertz também descreveu o "Cone hertziano", um tipo de propagação frente-onda através de vários meios.

Segundo as palavras do próprio Hertz (HJJ) sobre a descoberta das ondas:

" [...] uma experiência que prova que o Maestro Maxwell estava certo - [...] temos essas ondas eletromagnéticas misteriosas que não podemos ver a olho nu. Mas elas estão lá."

Na visão de Rossini (2016), a prova de Hertz da existência de ondas eletromagnéticas no ar, levou a uma explosão de experimentação com esta nova forma de radiação eletromagnética, que foi chamada de "ondas hertzianas" até por volta de 1910, quando o termo "ondas de rádio" se tornou corrente. Em 10 anos, pesquisadores como Oliver Lodge, Ferdinand Braun e Guglielmo Marconi empregaram ondas de rádio nos primeiros sistemas de comunicação de rádio de telegrafia sem fio, levando à radiodifusão e, posteriormente, à televisão. Atualmente, o rádio é uma tecnologia essencial nas redes globais de telecomunicações e o meio de transmissão subjacente aos dispositivos sem fio modernos.

Hertz também ajudou a estabelecer o efeito fotoelétrico (que foi explicado mais tarde por Albert Einstein) quando percebeu que um objeto carregado perde sua carga mais prontamente quando iluminado pela radiação ultravioleta (UV). Em 1887, ele fez observações do efeito fotoelétrico e da produção e recepção de ondas eletromagnéticas (EM), publicadas na revista alemã *Annalen der Physik*. Seu receptor consistia em uma bobina com uma abertura de centelha, por meio da qual uma centelha seria vista na detecção de ondas EM. Ele colocou o aparelho em uma caixa escura para ver melhor a faísca. Um painel de vidro colocado entre a fonte de ondas EM e o receptor absorveu UV que ajudou os elétrons a saltar através da abertura. Hertz concluiu seus meses de investigação e relatou os resultados obtidos.

2. MATERIAIS E MONTAGEM

Os principais materiais utilizados para a montagem do experimento, estão legendados na figura 3, conforme listagem a seguir:

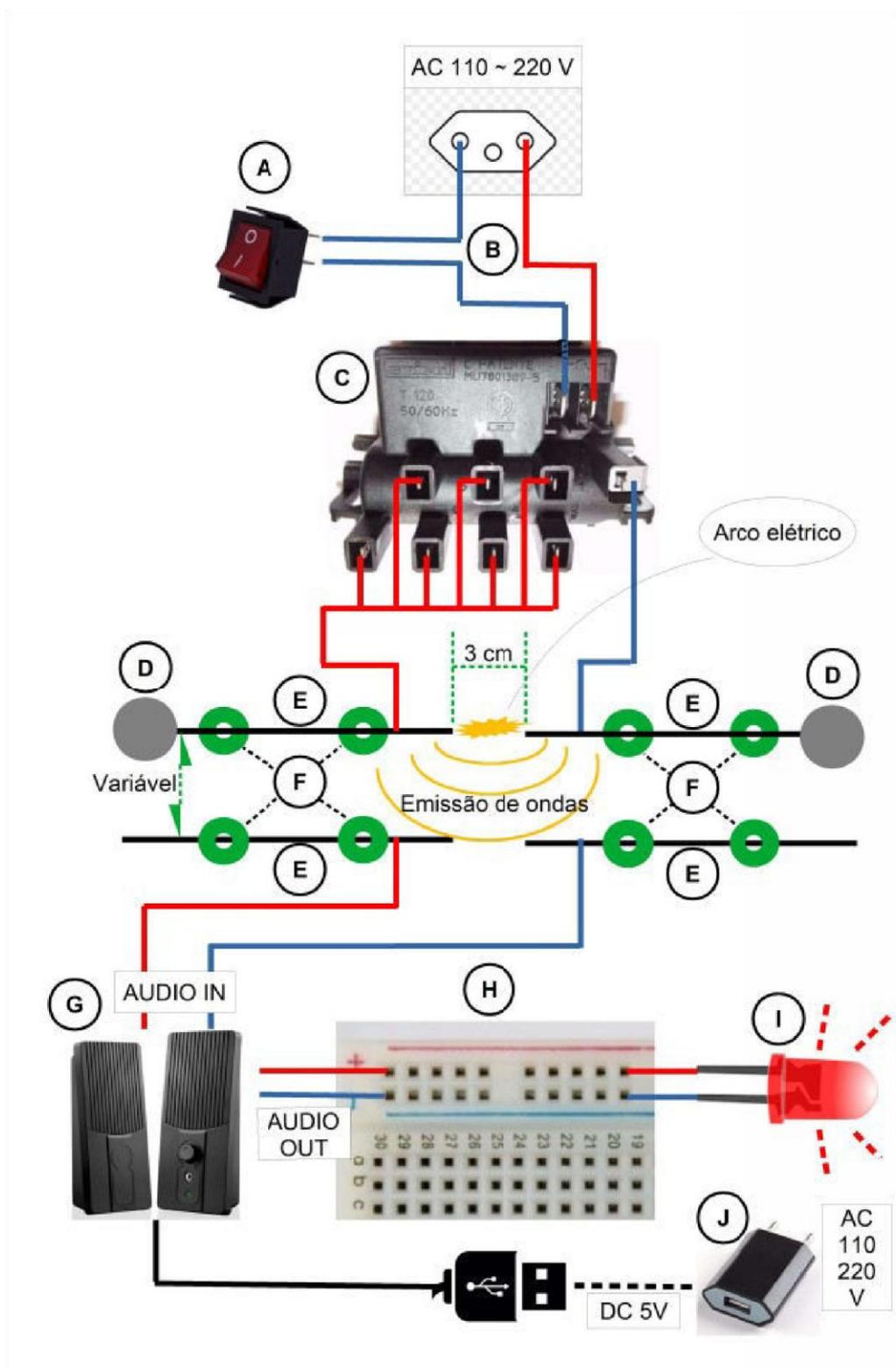
- A - Chave liga-desliga
- B - Cabos elétricos flexível (bitola 1,0 mm²) e conectores
- C - Usina ignitora de acendimento automático para fogão
- D - 2 esferas de isopor com 7 cm de diâmetro, envolvidas com filme de alumínio
- E - Haste de arame com 45 cm de comprimento (4 unidades)
- F - 8 Funis de plástico
- G - Alto-falantes externos para computador
- H - Placa protoboard
- I - Led vermelho
- J - Carregador elétrico usb

Ainda na figura 3, o esquema básico de ligação dos componentes do experimento está ilustrado.

Na figura 4 pode-se ver de diferentes ângulos, um exemplo de montagem real do experimento. Os principais detalhes de montagem são mostrados nas fotos da figura 5.

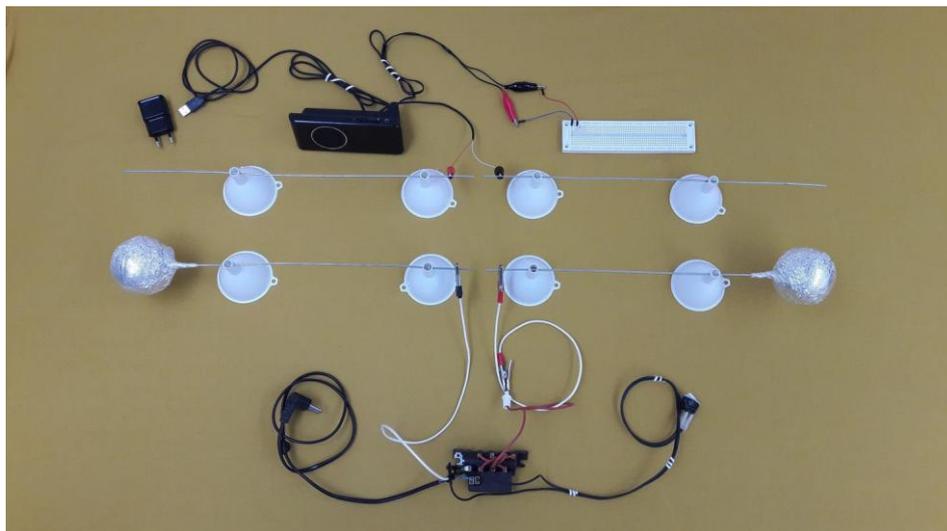
Uma ligação um pouco mais elaborada, é ilustrada na figura 6, onde 2 cabos dos alto-falantes para computador (áudio in e áudio out), são interrompidos e ligados nas antenas receptoras e no led, respectivamente. Lembrando que esses cabos de áudio são externamente uma capa comumente de cor preta, envolvendo outros dois cabos internos, geralmente de cores diferentes, que deverão ser ligados separadamente conforme esquema.

Figura 3 – Esquema de ligações e materiais utilizados no experimento



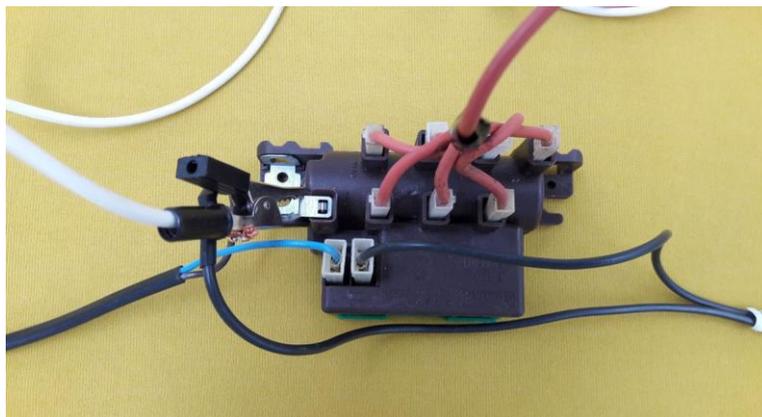
Fonte: O autor

Figura 4 – Fotos da montagem real do experimento



Fonte: O autor

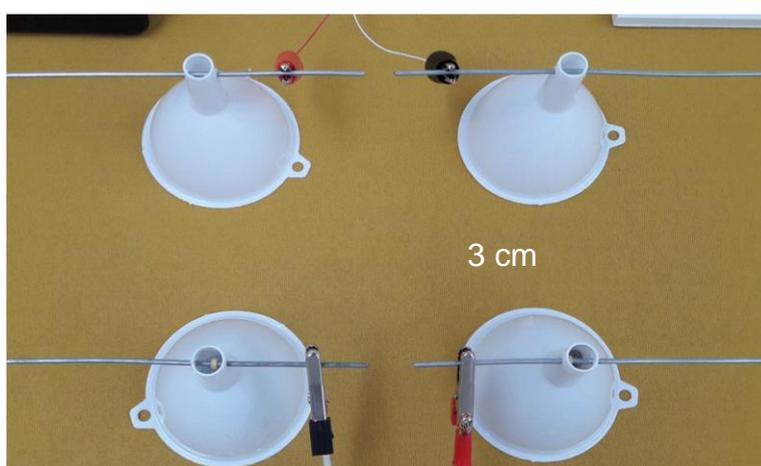
Figura 5 – Fotos de detalhes da montagem



a) detalhe das ligações da usina ignitora



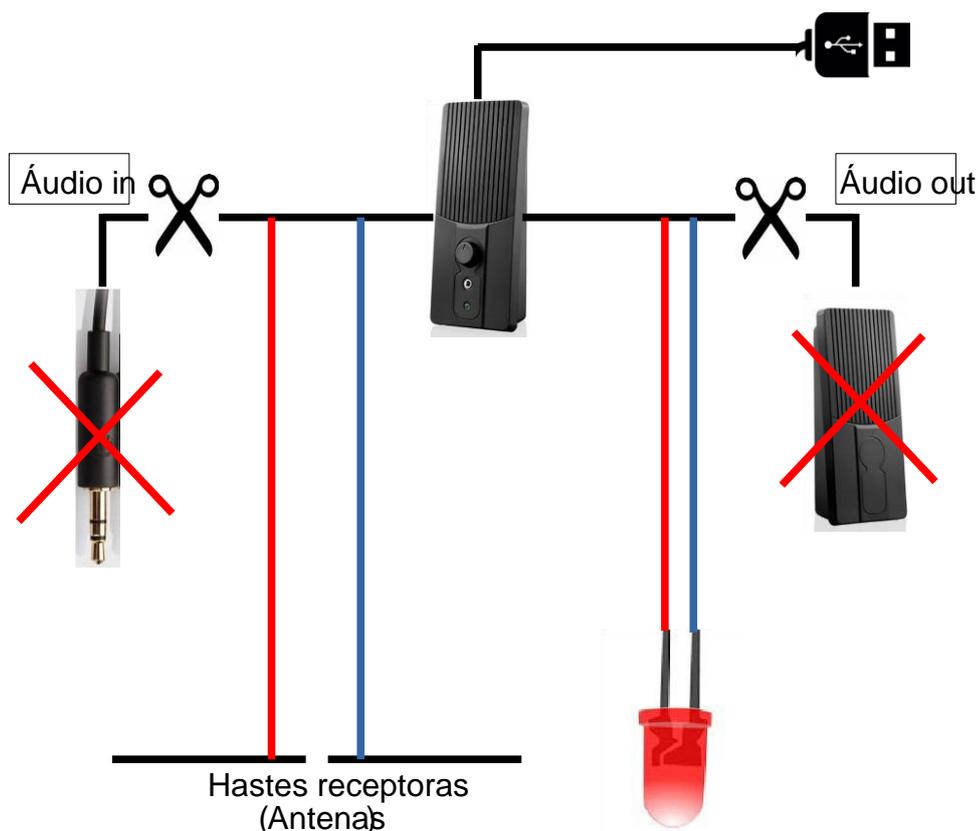
b) detalhe da esfera de isopor envolvida por filme de alumínio



c) detalhe da posição das extremidades das hastes, distanciadas em 3 cm.

Fonte: O autor

Figura 6 – Esquema de ligação da caixa de som no experimento



Fonte: O autor

O esquema básico de ligação dos componentes do experimento está ilustrado na figura 3.

Na figura 4 pode-se ver de diferentes ângulos, um exemplo de montagem real do experimento. Os principais detalhes de montagem são mostrados nas fotos da figura 5.

Uma ligação um pouco mais elaborada, é ilustrada na figura 6, onde 2 cabos dos alto-falantes para computador (áudio in e áudio out), são interrompidos e ligados nas antenas receptoras e no led, respectivamente. Lembrando que esses cabos de áudio são externamente uma capa comumente de cor preta, envolvendo outros dois cabos internos, geralmente de cores diferentes, que deverão ser ligados separadamente conforme esquema.

3. FUNCIONAMENTO

A usina ignitora de acendimento automático para fogão funciona como uma bobina de Ruhmkorff com a função de gerar a alta voltagem transmitida para as hastes de arame com esferas de filme de alumínio.

As esferas de alumínio potencializam pela sua capacitância, a emissão do arco elétrico pulsante entre as extremidades das hastes, gerando conseqüentemente, a emissão de ondas eletromagnéticas de rádio em alta frequência (50 MHz aproximadamente), viajando pelo espaço tridimensionalmente.

O segundo par de hastes funcionam como antenas de recepção captando essas ondas inicialmente emitidas. A comprovação da presença das ondas é verificada pelos pulsos de luz emitidos pelo led vermelho.

O alto-falante de computador neste experimento tem a função de um amplificador de sinal, sendo instalado entre as antenas e o led, auxiliando a intensificar o sinal e a facilitar a visualização dos pulsos de luz no led.

A distância entre as hastes emissoras (com esferas) e receptoras (antenas) podem ser variadas de 10 em 10 cm procurando a posição de maior intensidade dos sinais luminosos no led. Esse fenômeno tem relação com o comprimento de onda (λ) e a posição de maior amplitude das ondas.

4. APLICAÇÃO

Indica-se, para uma turma de alunos, que o Produto Educacional seja trabalhado numa programação de 05 aulas com duração de 50 min cada, conforme mostra resumidamente a tabela da figura 7.

Quadro 1 - Resumo das atividades a serem realizadas com a turma

| Aula nº | Atividades/Temas Desenvolvidos |
|---------|--|
| 01 | Apresentação do cronograma geral, objetivos, metodologias e expectativas do trabalho, para os alunos; |
| 02 | Revisão geral dos conceitos básicos sobre ondulatória e eletromagnetismo; |
| 03 | Estudo sobre o experimento de Hertz: histórico, conceitos físicos envolvidos, interpretação do fenômeno; |
| 04 | Execução do experimento; |
| 05 | Interpretação dos resultados, considerações finais. |

Fonte: o autor (2019)

Na Aula nº 01 apresenta-se para os alunos o motivo daquela programação diferenciada para eles, explicando a importância da ciência Física para a sociedade e a metodologia, de forma genérica, da Física experimental.

Na Aula nº 02 realiza-se uma revisão abrangente sobre ondulatória e eletromagnetismo, conteúdos que já devem ter sido vistos pelos alunos ao longo da programação normal do ano letivo da turma. É interessante que seja dada ênfase para os exemplos do cotidiano, para melhor correlação dos conceitos teóricos com a prática.

Na Aula nº 03 faz-se um resgate histórico sobre a contribuição do físico alemão Heinrich Rudolf Hertz na história do eletromagnetismo e seu experimento relacionado a ondas eletromagnéticas, que mostrou a emissão e captação de

sinais a partir delas. Ao final da aula, solicita-se para que os alunos elaborem um mapa conceitual sobre ondas eletromagnéticas, em que todos os presentes realizem individualmente, com o intuito de obter-se um panorama geral do entendimento dos alunos antes da realização do experimento.

A Aula nº 04 é destinada para a execução do experimento, a ser realizada pelos próprios alunos, sob a orientação do professor. Utiliza-se como local, alguma mesa ampla numa sala que acomode a quantidade de alunos; sendo que os materiais e equipamentos podem ser fornecidos pelo professor com ajuda dos alunos. Os próprios alunos podem participar da montagem do experimento, fazer as variações qualitativas de distâncias, direções, intensidades e meios de propagação para tentar correlacionar os conceitos teóricos com a experimentação.

A Aula nº 05 pode ser conduzida na forma de fórum de debates onde os alunos procuram explicar tudo o que foi observado na realização do experimento, usando os conceitos básicos de ondulatória e eletromagnetismo, mediados, incentivados, e quando necessário, corrigidos pelo professor. Ao final da aula, um segundo mapa conceitual individual pode ser solicitado para os alunos realizarem, com o intuito de verificar de forma qualitativa, a evolução do entendimento da turma sobre a temática “ondas eletromagnéticas”.

5. AVALIAÇÃO

Uma das formas qualitativas de verificar o nível de influência desta programação na compreensão dos estudantes sobre ondas eletromagnéticas seria a comparação dos mapas conceituais de cada aluno, realizado antes e depois do experimento, debates e conclusões, observando-se de forma geral, se houve um enriquecimento no preenchimento do conteúdo das informações no caso do segundo mapa, como naturalmente se esperaria.

A percepção do professor durante as atividades, com relação ao comportamento dos alunos, no quanto eles demonstram interesse e envolvimento, também complementa a avaliação do êxito da programação inicialmente planejada para a turma.

B materialização das teorias da Física em experimentos didáticos, planejados adaptados à realidade de baixos recursos no setor educacional, auxilia o estudante a construir uma visão sólida de percepção, conhecimento e entendimento do universo que o cerca e de si mesmo.

6. EPÍLOGO

A utilização das Teorias de Aprendizagem tem grande potencial para nortear, subsidiar e enriquecer a didática de aplicação dos experimentos na aprendizagem das ciências de forma geral, definindo estratégias e articulando planos de trabalho mais eficientes e motivadores no ambiente educacional.

A proposta do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, de oferecer um Produto Educacional, planejado em teorias de aprendizagem e em bases da Física, ambas cientificamente fundamentadas, com aplicação e avaliação reais, constituem-se numa grande contribuição para o desenvolvimento da educação brasileira, apresentando uma nova proposta de trabalho para educadores e educandos, a ser vivenciada nos espaços de aprendizagem formais e não formais.

Sugestões de continuidade de trabalhos posteriores a este Produto Educacional poderiam ser desenvolvidos em experimentos de telégrafo sem fio, utilização do Código Morse, chegando até a inclusão de recursos computacionais e de linguagem de programação, o que traria grande atrativo e entusiasmo para os alunos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JR., Luís Carlos M. **Aplicação do experimento de Hertz atualizado, no ensino de ondas eletromagnéticas**. 2019. Dissertação de Mestrado. Ponta Grossa, PR: UEPG, 2019.
- CAÑAS, Alberto J.; Novak, Joseph D. **A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los**. Tradução de Luis Fernando Cerri (PPGE/UEPG), Revisão técnica de Fabiano Morais. *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 929, jan.-jun. 2010. Disponível em <<http://www.periodicos.uepg.br>>. Acesso em: 12 abr. 2018.
- CAVALCANTI, C. J. de; OSTERMANN, Fernanda. **Teorias de aprendizagem**. Porto Alegre, RS: Evangraf; UFRGS, 2011.
- FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, Matthew. **Feynman. Lições de Física**. 1ª ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2008. vol. 2.
- FREEDMAN, Roger A.; SEARS, Francis Weston; YOUNG, Hugh D.; ZEMANSKY, Mark Waldo. **Física**. 12ª ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, 2008. vol 3.
- GEHA, Samir Elias; NEIVA, Wanderley de Rezende. **Sistema de radiocomunicação com criptografia: proposta de aquisição para a polícia militar de Londrina**. Monografia de especialização. Faculdade Arthur Thomas. Londrina, PR.: 2009, 71p.
- GERICKE, Gerda. 1888: Hertz demonstra existência das ondas eletromagnéticas. Disponível em:<<https://www.dw.com/pt-br/>>. Acesso em: 21/12/2018.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8ªed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009. vol. 3.
- LEFRANÇOIS, G. R. **Teorias da aprendizagem: o que o professor disse**. Tradução de Solange Aparecida Visconte. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2016.
- MANGILI, A. I. **Heinrich Rudolf Hertz e o efeito fotoelétrico**. Dissertação de mestrado. São Paulo, SP: PUC, 2011.
- MOREIRA, M. A. **Teorias da aprendizagem**. 2ª ed. São Paulo, SP: Editora EPU, 2011.
- MOREIRA, M. A., CABALLERO, M.C. e RODRÍGUEZ, M.L. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente**. Actas del encuentro internacional sobre el aprendizaje significativo. Burgos, España. 1977. pp. 19-44.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Interfaces entre teorias de aprendizagem e Ensino de Ciências/Física**. Porto Alegre: UFRGS, 2015.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: eletromagnetismo**. São Paulo, SP: E. Blücher, 2002; vol. 3.

RIBEIRO, D. **Heirich Rudolf Hertz**. Revista de Ciência Elementar, vol. 3, nº 1, pág. 115, 2015.

ROCHA, T. U.; SILVA, O. H. M. da; **Ondas eletromagnéticas**. Oficina de física. Curitiba, PR: SEED, 2013.

ROSSINI, Rodrigo Teixeira. **Transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas: uma abordagem experimental para o ensino médio e técnico**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ / IF, 2016.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 5ª ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2006. vol. 2.

SÉRIE
PRODUTOS EDUCACIONAIS EM ENSINO DE FÍSICA

VOLUME 1 – **Automatização de Experimentos de Física Moderna com o Kit Lego NXT Mindstorms**
Wanderley Marcílio Veronez, Gelson Biscaia de Souza, Luiz Américo Alves Pereira,

VOLUME 2 – **O Arduino na Programação de Experiências em Termodinâmica e em Física Moderna**
Marilene Probst Novacoski, Luiz Américo Alves Pereira, Gelson Biscaia de Souza

VOLUME 3 – **Do Magnetismo à Lei da Indução Eletromagnética de Faraday** Marlon Labas, Fábio Augusto Meira Cássaro

VOLUME 4 – **Estudando Astronomia, Aprendendo Física: Atividades Práticas de Observação do Sol**
Ana Caroline Pscheidt, Marcelo Emílio

VOLUME 5 – **Simulador Didático de Acomodação do Olho Humano**
Gustavo Trierveiler Anselmo, Júlio Flemming Neto, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 6 – **Ensino dos Conceitos de Movimento e Inércia na Mecânica, a partir de uma Concepção de Ciência que não Utiliza a Lógica Binária**
Luiz Alberto Clabonde, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 7 – **Uma Proposta de Utilização de Mídias Sociais no Ensino de Física com Ênfase à Dinâmica de Newton**
Heterson Luiz De Lara, Alexandre Camilo Junior, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 8 – **O Eletromagnetismo e a Física Moderna através de Atividades Experimentais**
Ademir Kreпки Henisch, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 9 – **Física Nuclear e Sociedade**
Tomo I – **Caderno do Professor**
Tomo II – **Caderno do Aluno**
Josicarlos Peron, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 10 – **Conceituação e Simulação na Dinâmica do Movimento**
Tomo I – **Caderno do Professor**
Tomo II – **Caderno do Aluno**
Leandro Antonio dos Santos, Antônio Sérgio Magalhães de Castro

VOLUME 11 – **Montagem de um Painel Didático e Atividades Experimentais em Circuitos de Corrente Contínua**
Renato Dalzotto, Sérgio da Costa Saab, André Maurício Brinatti

VOLUME 12 – **Nas Cordas dos Instrumentos Musicais**
Luís Alexandre Rauch, André Maurício Brinatti, Luiz Fernando Pires

VOLUME 13 – **O Fóton em Foco: Relações entre Cor, Frequência e Energia de Radiações Eletromagnéticas**
Romeu Nunes de Freitas, André Maurício Brinatti, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 14 –
Tomo I - **Iniciação em Robótica e Programação com Algumas Aplicações em Física**
Tomo II – **Tutorial: Tela Interativa com Controle do Nintendo Wii**
Hernani Batista da Cruz, Luiz Antônio Bastos Bernardes, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 15 – **O Uso do Software Tracker no Ensino de Física dos Movimentos**
Edenilson Orkiel, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 16 – **Acústica: Uma Nova Melódia de Ensino**
Elano Gustavo Rein, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 17 – **Caderno de Orientação a Educadores para a Transformação da Horta como Eixo Norteador de Ensino e Aprendizagem**
Roberto Pereira Strapazzon Bastos, Silvio Luiz Rutz da Silva

VOLUME 18 – **Proposta de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas para o Ensino de MRU e MRUV Utilizando Experimentos Visuais**
Gustavo Miguel Bittencourt Morski, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 19 – **Cor à Luz da Física Moderna e Contemporânea**
Marcos Damian Simão, André Maurício Brinatti

VOLUME 20 – **Aplicação do Experimento de Hertz Atualizado no Ensino de Ondas Eletromagnéticas**
Luís Carlos Menezes Almeida Júnior, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 21 – **Uma Proposta de Aplicação do Ensino de Termodinâmica no Ensino Fundamental I**
Cláudio Cordeiro Messias, Paulo César Facin

VOLUME 22 – **Uma Proposta de Ensino dos Conceitos Fundamentais da Mecânica Quântica no Ensino Médio: Espectroscopia com Lâmpadas**
Evandro Luiz De Queiroz, Antônio Sérgio Magalhães de Castro, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 23 – **Produção de um Aparato Experimental para Medição de Campo Magnético Usando Arduino**
Ivonei Almeida, Luiz Américo Alves Pereira

VOLUME 24 – **Um Pouco Sobre a Natureza das Coisas**

Robson Lima Oliveira, André Maurício Brinatti

VOLUME 25 – **Equilibrium: Uma Abordagem Experimental e Contextualizada do Conceito de Equilíbrio dos Corpos**

Osni Daniel De Almeida, André Vitor Chaves de Andrade

VOLUME 26 – **Como Medir a Temperatura do Sol? Inserindo Conceitos de Física Moderna no Ensino Médio**

Vilson Finta, Jeremias Borges da Silva

VOLUME 27 – **Elaboração de um Produto Educacional para a Materialização de Conceitos no Aprendizado de Óptica Geométrica Aplicada às Anomalias da Visão**

Danilo Flügel Lucas, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 28 – **Entendendo as Fases da Lua a Partir de um Material Instrucional Baseado no Método de Orientação Indireta**

Pâmela Sofia Krzysynski, Gérson Kniphoff da Cruz

VOLUME 29 – **“PEPPER’S GHOST”: Como Ensinar/Aprender Conceitos de Física Através de uma Simples Ilusão de Óptica**

Tomo I - **Caderno do Professor**

Tomo II - **Caderno do Aluno**

Gilvan Chaves Filho, Luiz Antônio Bastos Bernardes

VOLUME 30 – **O Movimento: do Clássico ao Relativístico**

Josué Duda, André Maurício Brinatti

VOLUME 31 – **Uma Sequência Didática Abordando a Eficiência Energética: Economizando Energia na Cozinha.**

Tomo I - **Caderno de Ensino**

Tomo II - **Caderno de Aprendizagem**

Rosivete Dos Santos Romaniuk, Julio Flemming Neto

VOLUME 32 – **Armazenamento e Produção de Energia Elétrica: Uma Abordagem para seu Estudo no Ensino Médio**

Jairo Rodrigo Corrêa

VOLUME 33 – **Palestras de Astronomia para a Educação Básica**

Sergio Freitas, Silvio Luiz Rutz da Silva

Atribuição-NãoComercial-
Compartilha Igual 4.0 Internacional



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UEPG
Universidade Estadual
de Ponta Grossa

PPG  **F**
ensino de física

SÉRIE
Produtos Educacionais em Ensino de Física

UEPG - PROEX