

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO ALFREDO PEREIRA NETO

**PROPOSTA DE ENSINO DE POLARIZAÇÃO DA LUZ COM UTILIZAÇÃO DE
TDIC**

CAMPO MOURÃO

2021

JOÃO ALFREDO PEREIRA NETO

**PROPOSTA DE ENSINO DE POLARIZAÇÃO DA LUZ COM UTILIZAÇÃO DE
TDIC**

Proposal for teaching polarization of light using tdic

Trabalho de conclusão de curso de Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 32 do MNPEF - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Dr. Ivan Marcelo Laczkowski.

CAMPO MOURÃO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão**



JOAO ALFREDO PEREIRA NETO

PROPOSTA DE ENSINO DE POLARIZAÇÃO DA LUZ COM UTILIZAÇÃO DE TDIC

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 28 de Agosto de 2021

Prof Ivan Marcelo Laczkowski, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Adriana Da Silva Fontes, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof William Junior Do Nascimento, Doutorado - Universidade Federal do Paraná (Ufpr)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 28/08/2021.

Dedico este trabalho a minha esposa Daniela, por seu Amor e compreensão para que este meu sonho fosse possível, ao meu Filho Bruno, pelas orações e beijos carinhosos nos momentos de minha viagem, minha Família pelo incentivo e carinho neste período.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de realizar este estudo, em segurança durante as viagens para Campo Mourão.

Aos professores do mestrado, em especial o professor Dr. Michel Corci Batista, pelos ensinamentos, dedicação, e pela compreensão de minhas limitações no início, mas principalmente pela amizade e carinho que demonstrou.

Aos meus colegas de turma, em especial os amigos de viagem durante esta jornada, Marcelo, Luciane e Rosane, não pouco os momentos de alegrias e dificuldades divididos.

Ao meu orientador professor Dr. Ivan Marcelo Laczkowski, por me conduzir neste processo de aprendizagem, com sabedoria e paciência com minhas dificuldades.

Aos familiares e amigos que torceram sempre pelo meu sucesso, esse dia chegou, e todos fazem parte dele.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Agradecer à UTFPR pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

“Se você quiser descobrir os segredos do
Universo, pense em termos de energia,
frequência e vibração”.
(NIKOLA TESLA).

RESUMO

A presente proposta de ensino, desenvolvida junto ao Programa de Pós-graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), no curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), teve como objetivo elaborar, desenvolver e avaliar uma proposta didática para o ensino do conteúdo de polarização da luz. A aplicação do produto educacional ocorreu em uma turma de 3º ano do ensino médio da cidade de Vera Cruz do Oeste – PR. Nossa pesquisa está alicerçada nos pressupostos teóricos da pesquisa qualitativa, sendo o embasamento teórico da aprendizagem por descoberta de Jerome Bruner com a utilização de experimentos e TDIC no processo de ensino aprendizagem dos alunos. Foi constatado que os alunos traziam um conhecimento bem superficial sobre o tema abordado, e que a utilização de TDIC, favoreceram a instrução e o reforço dos conceitos de Física segundo a aprendizagem por descoberta, sendo os alunos capazes de reter os conteúdos apresentados, em especial de polarização da luz.

Palavras-chave: luz; polarização; onda eletromagnética.

ABSTRACT

This teaching proposal, developed with the Postgraduate Program of the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), in the National Professional Masters Course in Physics Education (MNPEF), aimed to prepare, develop and evaluate a didactic proposal for teaching the content of polarization of light. An application of the educational product took place in a 3rd year high school class in the city of Vera Cruz do Oeste - PR. Our research is based on the theoretical assumptions of qualitative research, with the theoretical foundation of learning by discovery of Jerome Bruner with the use of experiments and TDIC in the teaching process of student learning. It was found that the students had a very superficial knowledge of the topic addressed, and that the use of TDIC favored the instruction and reinforcement of the concepts of Physics according to discovery learning, with the students being able to retain the basic contents, in particular of light polarization.

Keywords: light; polarization; electromagnetic waves.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Esquema estruturado para realização dos planos de aula.....	16
Figura 2: Representação de onda eletromagnética.....	25
Figura 3: Aplicando a lei de Faraday para a espiral retangular (Δy)(dx).	26
Figura 4: Aplicando a lei de Ampère-Maxwell para essa espira.	28
Figura 5: Onda eletromagnética	30
Figura 6: luz natural incidindo sobre o polarizador, sendo observado seu eixo de rotação pelo detector	32
Figura 7: Lei de Malus com a inclusão do Analisador.	32
Figura 8: Perguntas Problematicadoras do Momento 1	42
Figura 9: Apresentação do Momento 2	44
Figura 10: Cristal de Calcita	45
Figura 11: Isaac Newton Experimento de dispersão da Luz	46
Figura 12: Experimento de Young.....	46
Figura 13: Experimento de Malus.....	47
Figura 14: Slides Onda Polarizada e Não Polarizada	48
Figura 15: Slides apresentação Teoria de Malus	49
Figura 16: Questão 1 do Kahoot	53
Figura 17: Questão 2 do Kahoot	54
Figura 18: Questão 3 do Kahoot	54
Figura 19: Questão 4 do Kahoot	55
Figura 20: Questão 5 do Kahoot	55
Figura 21: Questão 6 do Kahoot	56
Figura 22: Mapa mental produzido pelo aluno A.....	66
Figura 23: Mapa mental produzido pelo aluno C.....	66
Imagem 1: Mapa mental construído como referência	57
Quadro 1: A proposta de ensino.....	36
Quadro 2: Organização da proposta didática do 1º encontro	38
Quadro 3: Organização proposta didática do segundo encontro.	38
Quadro 4: Organização da proposta didática do terceiro encontro.	39
Quadro 5: Discussão inicial sobre as questões problemas do Momento 1	42
Quadro 6: Discussão Aspectos Históricos da Polarização da Luz	47
Quadro 7: Discussão sobre Onda Polarizada e seus conceitos.....	49
Quadro 8: Relato Experiências com Alunos	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Demonstrativo da incidência dos critérios analisados nos mapas mentais (Turma com 2 alunos)	57
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
PNE	Plano Nacional de Educação
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Ensino e aprendizagem por Jerome Bruner.....	15
2.2	Currículo em espiral	19
2.3	Uso de TDIC no ensino de física.....	19
2.4	Kahoot®	21
3	TEORIA ELETROMAGNÉTICA	23
3.1	Luz e seus aspectos históricos.....	23
3.2	Teoria das ondas eletromagnéticas.....	25
3.3	Polarização da luz.....	30
3.4	Ensino de polarização da luz no ensino médio.....	33
4	ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	35
4.1	Caracterização do trabalho	35
4.2	Contexto do estudo.....	36
4.3	Organização da proposta didática.....	36
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO	41
5.1	Relato de experiência	41
5.2	Momento 1.....	41
5.3	Momento 2.....	43
5.4	Momento 3.....	50
5.4.1	Experimentos e os seus roteiros.....	51
5.4.2	Análise do kahoot®	53
5.4.3	Resultado mapas mentais.....	56
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS	60
	APÊNDICES.....	65
	APÊNDICE A – MAPA MENTAL PRODUZIDO PELOS ALUNOS.....	66
	APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL	67

1 INTRODUÇÃO

De uma forma geral, podemos caracterizar as aulas de Física, que se desenvolvem na maioria de nossas escolas, como atividades cujo foco é excessivamente conteudista e a prática pedagógica é centrada na “transmissão de conhecimentos”. Nessa perspectiva o professor verbaliza explicações de conceitos apresentados nos livros didáticos, resolve e propõe exercícios de fixação e, às vezes, realiza eventuais experimentos e/ou demonstrações para confirmar a teoria exposta. (MONTEIRO, 2016).

Medeiros e Medeiros (2002) destacam que, devido ao fato de a aprendizagem em Física exigir alto grau de abstração, as simulações e animações computacionais, apesar de não se constituírem em solução final para os desafios de se ensinar conceitos científicos, pode ser útil aos processos de ensino e de aprendizagem.

A motivação para escolha do tema deste produto educacional, veio da observação em sala de aula de vivenciar a física no cotidiano dos alunos, de possibilitar aos alunos a oportunidade de visualizar e praticar os conceitos de polarização da luz. E também a escolha de um conteúdo pouco trabalhado no Ensino Médio na disciplina de Física: Polarização da Luz, por acreditar que o processo de ensino e a aprendizagem sobre polarização da luz pode ser favorecido e/ou potencializado com uso de experimentos e softwares/tecnologia.

No intuito de proporcionar um ensino menos fragmentado, mais dinâmico e mais envolvente torna-se necessário que as metodologias de ensino tradicionais sejam alinhadas a metodologias ativas e/ou que sofram alterações e até modificações (VIEIRA, T. 2021).

As relações do homem com o mundo têm sido modificadas significativamente, em razão da presença de novos instrumentos tecnológicos em todos os segmentos sociais, de acordo com Carvalho (2008). Para Coutinho (2005, pág. 35) existem relações complexas no contexto escolar e inserir mudanças neste contexto a partir de introdução de recursos tecnológicos, necessita de fatores que transcendam a simples aquisição de equipamentos ou capacitação por parte dos professores, é preciso que a comunidade escolar ajude a entender, o quanto que o uso das TDIC (tecnologias digitais da informação e comunicação), servem para a

melhoria do ensino e aprendizado. Neste contexto, é que a escola, precisa estar apta para utilizar de todos os avanços tecnológicos e inseri-los a prática educativa.

O atual Plano Nacional de Educação (PNE) aprovado para o período 2014/2024 (Lei Federal 13.005/14) estipulou 20 metas nacionais para a educação. Dentre as metas consideradas estruturantes para garantir a educação básica com qualidade, há que se destacar a Meta Dois, a qual objetiva universalizar o ensino fundamental com duração de nove anos, para toda população de 6 (seis) a 14 (quatorze) anos. Dentre as estratégias traçadas para a realização desta meta, a estratégia 2.6 pretende “desenvolver tecnologias pedagógicas que combinem, de maneira articulada, a organização do tempo e das atividades didáticas entre a escola e o ambiente comunitário” (MEC/SASE 2014, pág.20). O que reforça a importância do uso de TDIC nas atividades didáticas e de planejamento das aulas pelo professor.

Na Meta Três do PNE, que trata dos esforços a serem direcionados ao ensino médio, na estratégia 3.1, institui o programa de renovação do ensino médio, o qual incentiva a organização das práticas pedagógicas de maneira flexível e diversificadas, articulando dimensões como as ciências, trabalho, tecnologia, esporte e cultura, nos conteúdos eletivos e obrigatórios.

Para que as metas e estratégias do PNE, como as citadas, possam ser alcançadas é parte integrante e de fundamental importância que o professor saiba como utilizar, pesquisar e conhecer o que as novas TDIC têm a oferecer. Tornando as aulas mais atrativas e vinculadas às novas tecnologias do cotidiano dos alunos como; jogos, vídeos e aplicativos de celular.

Neste contexto apresentado sobre a utilização das TDIC, o presente projeto de produto educacional tem como tema central a elaboração de uma sequência didática, que é definido por ZABALA, 1998, p. 18 “por um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para realização de certos objetivos educacionais”. Sobre o tema Polarização da Luz. É propondo de uma forma didática a utilização de TDIC, embasada no referencial teórico cognitivo de Jerome Bruner, para utilização junto a alunos do 3º ano do Ensino Médio tendo como foco uma melhora no processo ensino aprendizagem.

Nosso Objetivo é construir uma sequência didática com foco no ensino de Polarização da Luz para o último ano do Ensino Médio, com o auxílio de TDIC

(software, animações) e verificar se ocorre uma melhora no processo de aprendizagem na disciplina de Física, buscando desenvolver a capacidade de interação do aluno com as tecnologias tão presentes no cotidiano, utilizando do aprendizado significativo de Bruner, através de objetivos específicos, como: Estudar os princípios básicos da polarização da luz, através de uma sequência didática; Estabelecer relações Físicas no uso da polarização da luz relacionado ao dia a dia do aluno; Verificar a efetividade do uso do TDIC para ultrapassar obstáculos que surjam no estudo dos conceitos iniciais de Polarização da luz; Identificar as dificuldades apresentadas pelos estudantes após o desenvolvimento da sequência metodológica proposta com o TDIC.

Para alcançarmos estes objetivos, faremos um levantamento bibliográfico em livros didáticos de Física e Ciências para observação da maneira como é abordado o conteúdo escolhido, e assim, elaboração das ferramentas didáticas (Produto Educacional) para o ensino de Física no conteúdo de polarização da luz e a aplicação do Produto Educacional em sala de aula. Para a produção das atividades e questões, será através de polarizadores e meios ópticos ativos, mediante o uso do *software* Kahoot®.

Como forma de estruturação do estudo, seguimos o Modelo disponibilizado pelo MMPEF que considera a Introdução e as Considerações Finais como Capítulo, estando assim nosso trabalho estruturado em seis capítulos.

O Capítulo um (Introdução), indica os objetivos e motivações para as escolhas do tema e referencial teórico; no Capítulo dois (Fundamentação Teórica), apresentamos a teoria de aprendizagem de Jerome Bruner, conceitos sobre TDIC, e o *Kahoot*; No Capítulo três (Teoria Eletromagnética), abordamos os aspectos históricos da Luz, conceitos sobre ondas eletromagnéticas, as equações de Maxwell e a Polarização da Luz que é nosso objeto de estudo. A Metodologia está inserida no Capítulo quatro, onde trazemos o encaminhamento metodológico.

No capítulo 5 (Análise e Discussão), discorreremos sobre o relato da aplicação do produto educacional, as ações desenvolvidas no decorrer do trabalho e a análise dos resultados obtidos por último, no capítulo 6 (Considerações Finais), apresentamos as considerações finais, após está às referências utilizadas e os apêndices, sendo a proposta de ensino implementada como um dos apêndices.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ensino e aprendizagem por Jerome Bruner

Jerome Seymour Bruner nasceu em 1 de outubro de 1915, em Nova York. Aluno de escolas públicas terminou o colegial em 1933, mesmo ano em que ingressou na Universidade de Duke, na Carolina do Norte, nos EUA, onde cursou psicologia. Em 1939 obteve o título de mestre pela Universidade de Harvard e seu doutorado em 1941. Faleceu aos 100 anos, em 6 de junho de 2016, em Nova York.

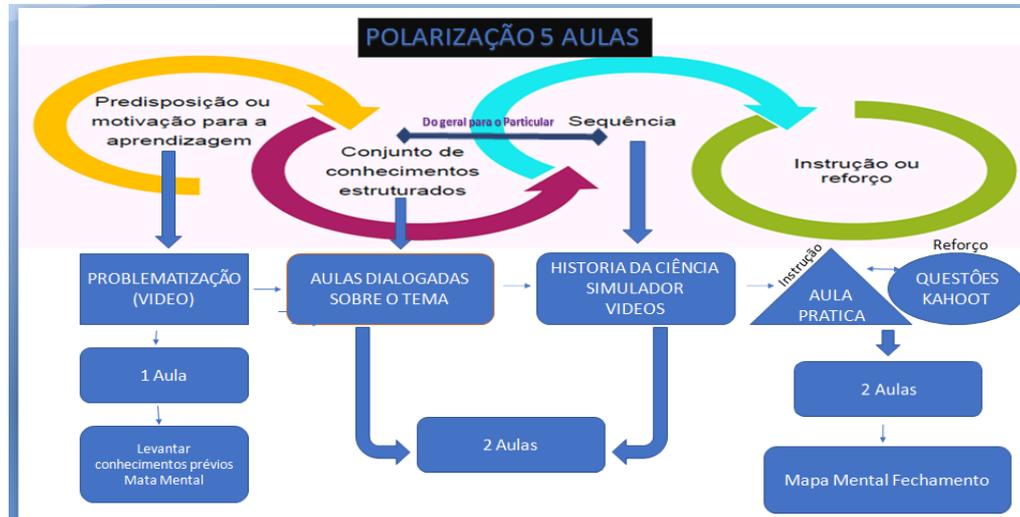
A obra de Jerome Bruner, assim como Ausubel e Jean Piaget, pode ser classificado como cognitivista. As suas orientações sobre o desenvolvimento da criança, em que parte da hipótese de que qualquer assunto pode ser ensinado com eficiência em qualquer fase do desenvolvimento do indivíduo examina três ideias fundamentais: o processo do desenvolvimento intelectual da criança, o ato de aprendizagem e a noção do currículo em espiral. (BRUNER, 1973.)

Segundo Bruner (1969), o professor deve ensinar de acordo com o grau de desenvolvimento do aluno. Desta premissa vem à contribuição mais famosa de Bruner, quando ele afirma que sempre há uma versão a ser ensinada, a qualquer aluno. A intenção de ensinar Física para crianças das séries iniciais poderia soar estranha para alguns educadores, porém de acordo com Bruner, existe uma forma simples de ensinar Física a estas crianças. Outra contribuição famosa de Bruner diz respeito ao currículo em espiral. Nesta proposta de currículo o aluno tem a oportunidade de ver o mesmo conteúdo por diversas vezes. Cada vez que o currículo é apresentado ele deverá levar em conta o grau de desenvolvimento do aluno, admitindo que este grau seja cada vez maior, de modo que a abordagem do conteúdo em espiral deve ser cada vez mais complexa e sofisticada.

Bruner propõe que uma teoria da aprendizagem deva ter um caráter prescritivo e normativo. Prescritivo ao estabelecer regras concernentes à melhor maneira de obter conhecimentos ou técnicas, e normativo ao estabelecer os critérios e condições para atender a obtenção de tais técnicas e conhecimentos.

Neste sentido Bruner (MOREIRA, 1999) estabelece quatro características principais para uma teoria do ensino, conforme a figura 1.

Figura 1 - Esquema estruturado para realização dos planos de aula



Fonte: Autoria própria (2021).

Predisposição. É apontar as experiências mais efetivas para implantar em um indivíduo a predisposição para a aprendizagem. Focalizar os fatores culturais, motivacionais e pessoais que influem no desejo de aprender e de tentar solucionar problemas. Exploração de alternativas (ativação, manutenção e direção). A condição básica para ativar a exploração é ter um nível ótimo de incerteza. Curiosidade é uma resposta à incerteza e à ambiguidade.

Estrutura. Especificar como deve ser estruturado um conjunto de conhecimentos. Todo conhecimento pode ser representado por um conjunto de ações apropriadas para obter determinado resultado (representação ativa); por um conjunto de imagens resumidas (representação icônica); ou por um conjunto de preposição, lógicas ou simbólicas, derivados de um sistema simbólico (representações simbólicas).

Sequência. Apresentar qual a sequência mais eficiente para apresentar as matérias estudadas. Conduzir o estudante ao longo de uma sequência de preposições e confirmações, de um problema ou conjunto de conhecimentos, que aumentem a sua aptidão para compreender, transformar e transferir o assunto em estudo.

Reforço. A aprendizagem depende do conhecimento de resultados, no momento e no local em que ele pode ser utilizado para correção. A instrução aumenta a oportunidade e a aplicação do conhecimento corretivo, ou seja, a correção dos erros em tempo e local apropriados para que o estudante possa fixar a informação correta.

Outro aspecto importante é a ênfase no processo de descoberta e a necessidade de participação ativa da pessoa na aprendizagem ao invés de um simples armazenamento de informações. “Saber é um processo, não um produto.” (Bruner, 1976, p. 25).

Bruner (2008) distingue dois “tipos de ensinar”. Um deles está relacionado ao modelo **expositivo** e o outro ao **modelo hipotético**. O modelo expositivo trata o professor como expositor e o estudante como ouvinte. O professor pode tomar decisões enquanto o aluno não tem discernimento das opções internas. No modelo hipotético o professor e o estudante estão em uma posição de cooperação. Neste modelo, o estudante toma parte das formulações, fica ciente das alternativas e tem liberdade de expressão. Para o autor, o modo hipotético caracteriza o ato de ensinar e isto leva ao encorajamento da descoberta.

Aprender por meio de descobertas traz alguns benefícios como, a elevação do potencial intelectual; a passagem das recompensas extrínsecas para intrínsecas; o aprendizado da heurística do descobrimento e o auxílio da conservação da memória (BRUNER, 2008).

A descoberta possibilita ao indivíduo agir sobre a sua aprendizagem e resgatar informações da sua memória para poder solucionar um problema. O processo de descoberta proposto por Jerome Bruner pode ser estimulado a partir da Resolução de Problemas em que o indivíduo, pesquisando e resolvendo determinadas situações, possa ampliar sua capacidade cognitiva e construir seu próprio conhecimento.

O processo de descoberta ajuda o indivíduo a pensar e criar possibilidades para ampliar a sua capacidade cognitiva e construção de uma heurística e não do acúmulo de informações que muitas vezes não tem sentido para o aluno.

Bruner (1969), ao argumentar a educação à luz dos conhecimentos recentes, propõe pensar sobre o chamado “instrumentalismo evolutivo”. Para ele, o uso da mente pelo homem depende de sua capacidade de criar e usar ferramentas, instrumentos ou tecnologias que lhe permitam exprimir ou amplificar suas potencialidades. Os termos “ferramenta”, “tecnologia” e “instrumento” referem-se a habilidades que o homem desenvolveu.

Bruner (1969) enfatiza que desde que haja qualquer inovação nas ferramentas ou na maneira de utilizá-las, o sistema educacional é o único meio de

disseminação desse conhecimento o que faz com que o indivíduo evolua cognitivamente.

O estudo e a Resolução de Problemas baseiam-se na exploração de alternativas e a instrução pode facilitar e ordenar o processo de aprendizagem por parte dos alunos. Há três aspectos para a exploração de alternativas relacionadas ao desenvolvimento do indivíduo no processo de aprender através da pesquisa que são: ativação, manutenção e direção (Bruner, 1969).

O autor chama esses aspectos de exploração de alternativas que necessitam de algo que faça ter início, algo que mantenha em ação e alguma coisa para evitar que esses aspectos se percam. Para ele, a condição básica é ter um nível ótimo de incerteza e a curiosidade é uma resposta à incerteza. Rotinas provocam pouca ou nenhuma exploração, por isso, as rotinas não possibilitam confusão e angústia, diminuindo a tendência a explorar. Bruner (1969) destaca que as rotinas não são eficazes em um trabalho de descoberta e aprendizagem por Resolução de Problemas.

Segundo Moreira (1999), Bruner propõe a aprendizagem por descoberta de uma maneira “dirigida” em que a exploração de alternativas não seja caótica ou ocasione confusões aos alunos. As atividades desenvolvidas no laboratório de Ciências, por exemplo, não devem seguir uma “receita”, mas também não devem ser totalmente desestruturadas, deixando os estudantes “perdidos” em relação ao que deve ser feito. As instruções devem ser dadas de modo a explorar alternativas que levem à solução do problema ou à descoberta.

Aprender um determinado assunto parece envolver três aspectos praticamente simultâneos: a aquisição de novas informações, a transformação e a avaliação. A aquisição de novas informações pode contrariar ou substituir o que o indivíduo anteriormente sabia, implícita ou explicitamente. A transformação envolve o processo de manipular o conhecimento de modo a adaptá-lo a novas tarefas. Enquanto a avaliação verifica o modo pelo qual manipulamos a informação de maneira adequada à tarefa. Na aprendizagem de qualquer assunto, comumente em uma série de episódios, esses três aspectos estão envolvidos (Bruner, 1966).

2.2 Currículo em espiral

O processo de aprendizagem se constrói ao longo do tempo e a ideia de currículo em espiral possibilita esse processo. É através do currículo em espiral que podemos voltar às ideias iniciais, partindo do conhecimento mais simples para o mais complexo, permitindo que os alunos consigam fazer esta trajetória várias vezes até sentirem-se seguros dos seus aprendizados.

O pensamento intuitivo permite a reflexão sobre o caminho percorrido durante a resolução de um dado problema, dar saltos e criar atalhos para chegar a determinada solução.

A utilização de atividades de Resolução de Problemas nas aulas de Física como forma de ensinar os conceitos científicos.

Para Moreira (2008) não se deve tratar estudantes de educação básica como futuros cientistas. O ensino de física deve promover a compreensão do mundo e não iniciar a formação de um cientista.

2.3 Uso de TDIC no Ensino de Física

Segundo Lévy (*apud* Carvalho 2008), a utilização das tecnologias da informação e comunicação está modificando a forma de pensar sobre o mundo, pois interage fortemente com hábitos e costumes, trazendo novas formas do homem interagir com o meio. Para o autor citado anteriormente, o conhecimento adquirido na formação profissional, estará obsoleto no decorrer da jornada profissional, pois os avanços tecnológicos são constantes.

Para Kenski (2008, pág. 31) as TDIC têm influenciado a vida das pessoas das mais variadas classes sociais, pois linguagem digital é simples, baseada em códigos binários, por meio dos quais é possível informar, comunicar, interagir e aprender. “É uma linguagem que engloba aspectos de oralidade e da escrita em novos contextos.”

Pires e Veit (2000, pág. 60-90) demonstram que a utilização de TDIC pode viabilizar um aumento na carga horária da disciplina de Física, com a utilização de ambientes virtuais de ensino, sugerindo uma alternativa para minimizar os efeitos da redução histórica da carga horária de Física no Ensino Médio.

Barroqueiro e Amaral (2011, pág. 126) relatam que os resultados obtidos mostram que a inclusão das TDIC no processo de ensino-aprendizagem agrega valores ao método tradicional das aulas de Física e Matemática, além de contribuir eficazmente e eficientemente para melhorar a qualidade das aulas, como também servem de motivação.

Valente, (Seed, 2005 pág. 23) relata que as TDIC oferecem uma gama de possibilidades tecnológicas com uso muito amplo no campo pedagógico sendo o modo mais utilizado os de multimídias, onde os professores encontram variadas formas de atividades com os alunos.

Para Carvalho (2008) as práticas pedagógicas tradicionais precisam ser complementadas com a utilização das TDIC, pois é uma necessidade que as escolas passem a utilizar novas formas de ensinar e transmitir conhecimento, apropriando-se de tecnologias e ferramentas de aprendizagem que já estão inseridas no cotidiano dos alunos.

A utilização dessas novas tecnologias, também está presente nas pesquisas relacionadas ao ensino das mais variadas disciplinas, como por exemplo, a Física. Existem pesquisas no Ensino de Física que fazem referência às TDIC como forma de estimular os estudantes no processo de ensino e de aprendizagem dessa ciência (QUINTO, 2007; TONIATO et al. 2006), a mais importante é a informática que tem tido uma aplicação bem diversificada no ensino de Física (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002).

Com a utilização das simulações computacionais é que o computador passa a ter relevância no ensino de Física, pois a grande maioria dos laboratórios didáticos está sucateados e seu custo de manutenção é elevado (BULEGON, 2011).

Alguns trabalhos de pesquisa em Ensino de Física evidenciam a contribuição e relevante das tecnologias no âmbito do Ensino Médio. Conforme relata Sales (2008), “a interação dos estudantes com o software resultou em uma aprendizagem significativa do fenômeno fotoelétrico”. Já para Ribeiro (2011), as TDIC são alternativas para os professores elaborarem seus materiais.

Entretanto, essas propostas de utilização das TDIC, têm apresentado dificuldades em sua implementação em sala de aula devido à falta de referencial teórico e objetivo, assim como ausência de metodologia empregada na investigação da prática escolar (QUINTO, 2007; TONIATO; et al. 2006). Isso evidencia a

importância de um estudo aprofundado sobre esses métodos de ensino e de como estão sendo implementados nas aulas por parte dos professores de Física.

Hoje o professor precisa ter em mente que os alunos do século XXI, são alunos nativos digitais, e que passam a maior parte do tempo em um mundo virtual. O professor de Física necessita trabalhar o processo ensino-aprendizagem de tal forma que faça o aluno aproximar seu mundo virtual do cotidiano dele, pois assim, irá incentivá-los e eles ficarão motivados a aprenderem. Uma forma de manter uma comunicação fácil e eficiente com os alunos é através da *internet* e as TDIC (FOUNDATIONS, 2001). Atualmente, o professor possui uma gama de recursos tecnológicos para melhorar a qualidade de suas aulas, mas ele não tem o conhecimento e formação suficiente para utilizar tais recursos. As Instituições de Ensino e os órgãos governamentais competentes devem implementar e manter programas de formação continuada, para que o professor esteja preparado às novas realidades tecnológicas de ensino e aprendizagem, pois assim as TDIC quando bem conhecidas e agregadas ao método tradicional de aulas pelo professor contribuem de forma eficaz e eficiente para a qualidade das aulas, principalmente, de Física (KIM, 2009).

2.4 Kahoot®

O *Kahoot* é uma aplicação/plataforma disponível na *Internet*, que permite a criação de atividades educativas e gamificadas para a dinamização de exercícios de múltipla escolha, de ordenamento, de perguntas abertas e questionários durante as aulas. (BOTTENTUIT JUNIOR, 2017).

Para o acesso ao site do *Kahoot*¹ é necessário que os usuários façam um *login* e senha para poder criar perguntas e atividades. Os alunos podem ter acesso as atividades criadas por seus professores através do número PIN que é gerado para cada atividade.

Segundo Bottentuit Junior (2017), para realizar a aula com uso do aplicativo, é necessário, inicialmente, que o professor se aproprie da ferramenta. Logo, o primeiro

¹ <https://getkahoot.com/>

passo é a criação da sua conta, que poderá ser registrada no próprio *Kahoot*, sendo necessário apenas dados básicos, como nome, e-mail e senha.

O *Kahoot* pode ser acessado em qualquer dispositivo com conexão à *Internet*. Nesse sentido, o professor poderá promover atividades tanto no laboratório de informática, quanto dentro de sala de aula.

Dentre as possibilidades de atividades pelo docente destacamos as seguintes:

Quiz: para criar perguntas de múltipla escolha, com temporizador em cada uma das perguntas e pontuação em cada uma das respostas (ideal para jogos em sala).

Jumble: conjunto de perguntas de ordenamento, onde os alunos devem acertar a ordem correta em cada uma das perguntas elaboradas pelo professor;

Discussion: para realização de debates e perguntas abertas

Survey: para realização de perguntas com temporizador, sem a atribuição de pontuação nas respostas dadas pelos alunos (apenas verificação da aprendizagem).

3 TEORIA ELETROMAGNÉTICA

3.1 Luz e seus aspectos históricos.

Até meados do século XVII, a compreensão humana sobre a luz, tanto ao nível da sua natureza como ao nível da explicação de fenômenos ópticos, evoluiu muito lentamente. Desde o mundo antigo que sabíamos que a luz se propaga em linha reta, embora essa ideia estivesse ligada a raios que saíam dos olhos em direção aos objetos de modo a “sentir” esses objetos (RIBEIRO et al. 2015).

Desde o desenvolvimento das primeiras noções e teorias da luz pelos gregos até o século II d.C. seguiu-se um longo período de hibernação científica. Passando por Ibn al-Haitham (963-1039) ou Alhazen, como era conhecido na Europa, esse foi o primeiro a separar luz de visão. Em seu tratado *Kitab al-Manazir* (Livro de Óptica) Refutou a lei da refração de Ptolomeu, explicando que apenas se verificava para pequenos ângulos. Discutiu a refração atmosférica, explicou o aumento aparente do Sol e da Lua quando perto do horizonte e foi o primeiro a dar uma descrição precisa do funcionamento do olho humano (RIBEIRO et al. 2015).

Erasmus Bartholin em 1669 observou o que viria a ser chamado de polarização da luz, em um cristal de calcita, onde ao incidir luz natural sobre o cristal, produzia duas imagens de um mesmo objeto e, ao rodar o cristal, uma das imagens permanecia fixa enquanto a outra girava ao redor da primeira (AZEVEDO et al. 2010).

O Holandês Christian Huygens (1629–1695) reproduziu o experimento de Bartholin, e fez com que, os raios de luz ao atravessavam um cristal de calcita, incidirem sobre outro cristal de calcita e, ao girar o segundo cristal, havia uma orientação em que era produzida uma única imagem (RIBEIRO et al. 2015), demonstrando assim, que a luz que sai de um cristal de calcita não tem as mesmas propriedades que a luz comum.

Em 1690 Huygens apresenta sua teoria ondulatória, *Traité de Lumière*, onde descreve que em cada ponto do espaço, a luz excita ondas elementares. Essas excitações funcionam então como fontes secundárias, e assim se propaga a luz. Com sua teoria, Huygens consegue explicar a diferença na velocidade da luz em um meio mais denso, a refração, a polarização e a birrefringência (RIBEIRO et al. 2015).

Isaac Newton (1642–1727) na sua obra *Opticks* (1704), apresenta a ideia de luz corpuscular, sendo formada por raios que viajam em linha reta e não como ondas. Na teoria de Newton, a propagação em linha reta da luz não era compatível com uma teoria ondulatória (AZEVEDO et al. 2010).

Em 1801, Thomas Young (1773–1829) utilizando do experimento da dupla fenda, consolida a teoria ondulatória de Huygens e um ano após (1802), formulou o princípio da interferência e mostrou, com uma série de experiências engenhosas, que a luz se comporta claramente como uma onda. Explicou a difração da luz, e foi também o primeiro a introduzir a ideia da luz como onda transversal (1817), que era até então vista como uma onda longitudinal (AZEVEDO et al. 2010).

Gaspar et al. (1997), relata que para Young, a luz vibra numa direção perpendicular da qual caminha. Com essa teoria, pode-se explicar o comportamento da luz nos cristais no experimento de Huygens, pois a luz vibra em todas as direções.

Etienne-Louis Malus, de origem Francesa, em 1810, com seu experimento demonstra que a luz refletida em uma interface plana entre dois meios poderia ser polarizada, desde que o ângulo de incidência fosse adequado, e que isso aconteceria com praticamente todos os materiais (CROPPER, 2001). Assim, o ângulo de incidência que produz luz polarizada foi denominado de ângulo de polarização (AZEVEDO et al. 2010).

Em 1864 o físico escocês, James Clerk Maxwell, reuniu os conhecimentos existentes e descobriu as correlações que havia em alguns fenômenos, dando origem à teoria de que eletricidade, magnetismo e óptica são de fato manifestações diferentes do mesmo fenômeno físico. Maxwell conseguiu provar teoricamente que uma perturbação eletromagnética devia se propagar no vácuo com uma velocidade igual à da luz, ou seja, 300.000 km/s. Ele demonstrou que todas as propriedades conhecidas da luz poderiam ser explicadas através de quatro equações, definidas como as equações de Maxwell. Ele provou que a luz visível, assim como outras formas de radiação, tal como a luz ultravioleta e as ondas de rádios, são ondas formadas por campos elétrico e magnético, denominadas ondas eletromagnéticas, que se propagam no espaço. (ZANI, 2008).

A primeira verificação experimental foi feita por Henrich Hertz, em 1887 quando ele produziu ondas eletromagnéticas por meio de circuitos oscilantes e, depois, os detectou por meio de outros circuitos sintonizados na mesma frequência.

Seu trabalho foi homenageado posteriormente colocando-se o nome "Hertz" para unidade de frequência.

3.2 Teoria das ondas eletromagnéticas.

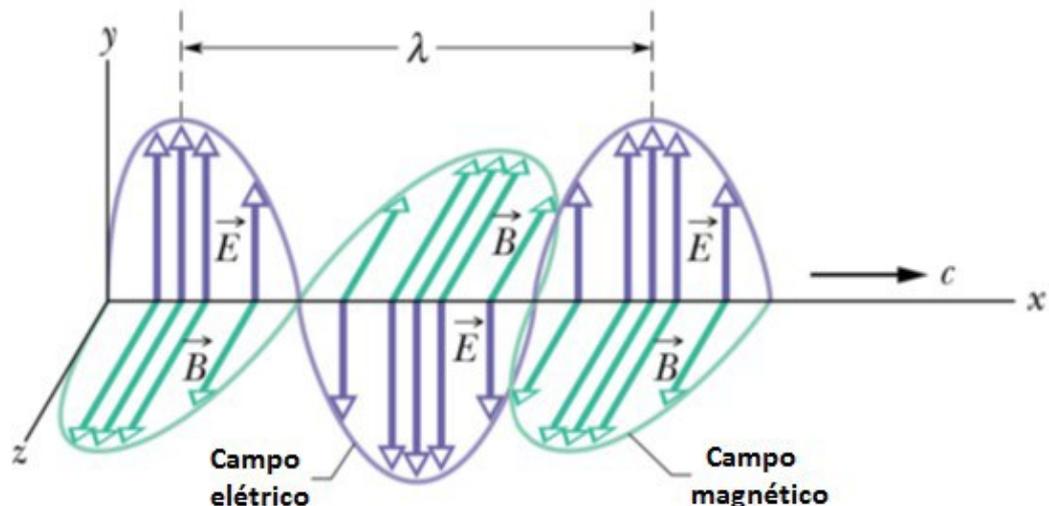
Segundo Soares (2009), onda pode ser definida como sendo uma perturbação do meio que se propagam, sendo estas ondas entendidas como pulsos energéticos que se propagam no espaço transportando apenas energia, não havendo transporte de matéria.

A teoria eletromagnética descreve a luz como uma onda transversal, na qual as direções de vibração dos campos elétrico e magnético são perpendiculares à direção de propagação (LACZKOWSKI, 2010).

Para Maxwell, as ondas eletromagnéticas são geradas por cargas elétricas dotadas de aceleração de qualquer tipo. Ondas eletromagnéticas podem ser geradas, por exemplo, por elétrons oscilantes (BISCUOLA, 20014).

Conforme relata Martins (2020), uma onda pode ser representada por um "instantâneo" do campo elétrico, e do campo magnético em vários pontos sobre o eixo x, pelos quais a onda passa com velocidade c, como representado na figura 2.

Figura 2 - Representação de onda eletromagnética



Fonte: Adaptado de Halliday, Resnick, Walker (2012)².

² HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf/>. Acesso em: 14 jun. 2019

Abaixo listaremos e discutiremos brevemente essas equações tendo como referência o Livro de Halliday, Resnick e Walker 2012.

Vamos considerar uma onda eletromagnética viajando na direção x (direção de propagação).

Nesta onda: o campo elétrico (\vec{E}) oscila na direção do eixo y e o campo magnético (\vec{B}) está na direção do eixo z , assim:

$$E = E_{m\acute{a}x}(x, t)$$

$$B = B_{m\acute{a}x}(x, t)$$

Uma onda pode ser representada por um “instantâneo” do campo elétrico \vec{E} , e do campo magnético \vec{B} em vários pontos sobre o eixo x , pelos quais a onda passa com velocidade c .

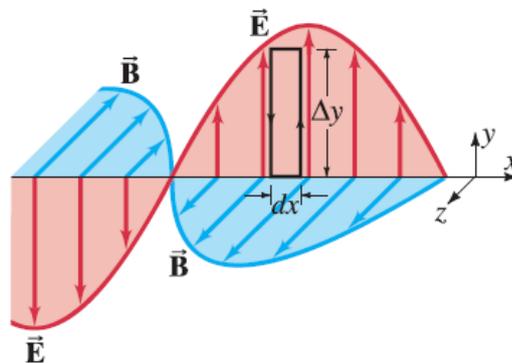
Frente de onda:

Duas frentes de onda estão separadas por um comprimento de onda λ . Onde $\lambda = \frac{2\pi}{k}$, na qual k é chamado número de onda.

3.2.1 Descrição matemática de uma onda eletromagnética

Para simplificar o problema vamos considerar uma onda propagando no vácuo onde não há cargas ou corrente de condução ($q = 0$ e $i = 0$), figura 3.

Figura 3 - Aplicando a lei de Faraday para a espiral retangular (Δy)(dx).



Fonte: Halliday, Resnick e Walker 2012 - Adaptada³.

³ HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf/>. Acesso em: 14 jun. 2019

Aplicando a lei de Faraday no retângulo de altura Δy e largura dx

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad \text{Equação 1}$$

Notamos que nos lados horizontais do retângulo, \vec{E} é perpendicular a $d\vec{s}$, que para nossa demonstração podemos chamar de dx , pois está em apenas uma dimensão.

Logo:

$$\vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 \text{ (produto escalar } E \cdot ds \cdot \cos\theta \text{)}.$$

Para os lados verticais consideramos E o campo elétrico do lado esquerdo e $E + dE$ do lado direito

$$\begin{aligned} \int \vec{E} \cdot d\vec{s} &= (E + dE)\Delta y - E\Delta y \\ \int \vec{E} \cdot d\vec{s} &= E\Delta y + dE\Delta y - E\Delta y \\ \int \vec{E} \cdot d\vec{s} &= dE\Delta y \end{aligned} \quad \text{Equação 2}$$

Agora no lado direito da equação da lei de Faraday a variação do fluxo magnético através da espira é

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d(B \cdot A \cdot \cos\theta)}{dt}$$

mas $A = dx \cdot \Delta y$ e $\theta = 0^\circ$, aonde θ ângulo entre o lado vertical e o campo elétrico

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{dB}{dt} dx \Delta y \quad \text{Equação 3}$$

Logo:

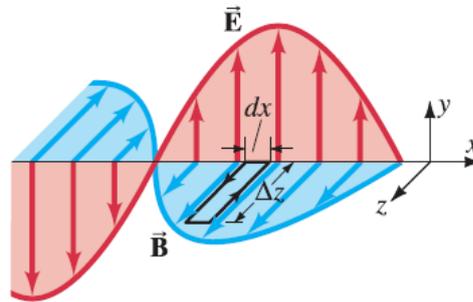
$$\begin{aligned} \int \vec{E} \cdot d\vec{s} &= - \frac{d\Phi_B}{dt} \\ dE\Delta y &= - \frac{dB}{dt} dx \Delta y \\ \frac{dE}{dx} &= - \frac{dB}{dt} \end{aligned}$$

Na verdade, ambas as funções E e B são funções de x e t , portanto devemos usar derivadas parciais para reescrever a relação acima.

$$\frac{dE}{dx} = -\frac{dB}{dt} \quad \text{Equação 4}$$

Podemos obter outra relação entre E e B , considerando agora a espira retangular no plano de \vec{B} , com comprimento Δz e largura dx conforme referenciado na figura 4.

Figura 4 - Aplicando a lei de Ampère-Maxwell para essa espira.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker. 2012 - Adaptada⁴.

Equação 5

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Para os lados horizontais temos B perpendicular a ds (que na imagem é representado por dx devido estar em uma única dimensão) logo:

$$\vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$$

Para os lados verticais seja B o campo magnético do lado esquerdo e $(B + dB)$ do lado direito, assim:

$$\begin{aligned} \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} &= -[(B + dB)\Delta z - B\Delta z] \\ \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} &= B\Delta z - (B + dB)\Delta z \\ \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} &= B\Delta z - B\Delta z - dB\Delta z \\ \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} &= -dB\Delta z \quad * \end{aligned} \quad \text{Equação 6}$$

Para o lado direito da lei de ampère-maxwell (equação 5) temos:

⁴ HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf/>. Acesso em: 14 jun. 2019

$$\mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d(E \cdot A \cdot \cos \theta)}{dt}$$

Mas $A = \Delta z \cdot dx$ e $\theta = 0$, portanto:

$$\mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt} dx \cdot \Delta z \quad \text{Equação 7}$$

Igualando equação 6 com a 7 temos:

$$\begin{aligned} -dB \Delta z &= \mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt} dx \Delta z \\ -\frac{dB}{dx} &= \mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt} \end{aligned}$$

ou

$$\frac{dB}{dx} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt}$$

Assim, as funções E e B são funções de x e t , podemos usar derivadas parciais para reescrever a relação acima:

$$\frac{dB}{dx} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt} \quad \text{Equação 8}$$

Logo podemos concluir que um campo elétrico variável induz um campo magnético também variável, que por sua vez induz um campo elétrico, e assim por diante, dessa forma mantém-se a propagação da onda.

As equações 4 e 8 são importantes para o estudo das ondas.

$$\frac{\partial E}{\partial x} = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad \text{Equação 4}$$

$$\frac{dB}{dx} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt} \quad \text{Equação 8}$$

Se derivarmos os dois lados da equação 4 em relação à x temos:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial E}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(-\frac{\partial B}{\partial t} \right) \quad \text{Equação 9}$$

Permutando a ordem das derivadas em relação ao tempo e ao espaço:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = -\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial B}{\partial x} \right)$$

mas:

$$\frac{\partial B}{\partial x} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = -\frac{\partial}{\partial t} \left(-\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \right) \quad \text{Equação 10}$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \rightarrow \text{função de onda harmônica}$$

Comparando a função de onda harmônica padrão com a encontrada temos:

$$\frac{d^2 \Psi}{dx^2} = \frac{1}{v^2} \frac{d^2 \Psi}{dt^2}$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad (\text{equação 4})$$

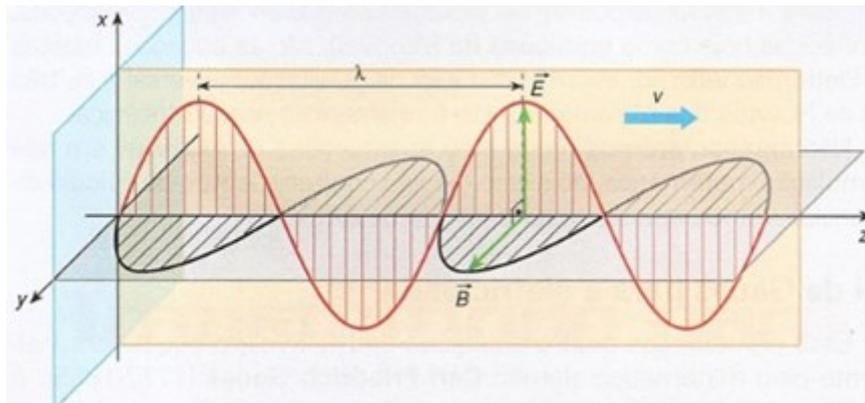
$$\frac{1}{v^2} = \mu_0 \varepsilon_0$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \rightarrow \text{velocidade da luz}$$

Logo temos que o campo elétrico e o campo magnético obedecem à equação de onda deslocando-se com a velocidade da luz.

Nesse sentido pode-se dizer que, ondas eletromagnéticas são formadas pela combinação dos campos magnético e elétrico que se propagam perpendicularmente um em relação ao outro e na direção de propagação da energia, com uma velocidade constante c , na figura 5.

Figura 5: Onda eletromagnética



Fonte: Halliday, Resnick e Walker. 2012 - Adaptada⁵.

3.3 Polarização da luz

⁵ HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2019

Pode-se afirmar que a polarização de uma onda eletromagnética, diz respeito ao comportamento da direção dos campos elétricos e magnéticos quando analisado num plano perpendicular ao sentido de propagação da onda.

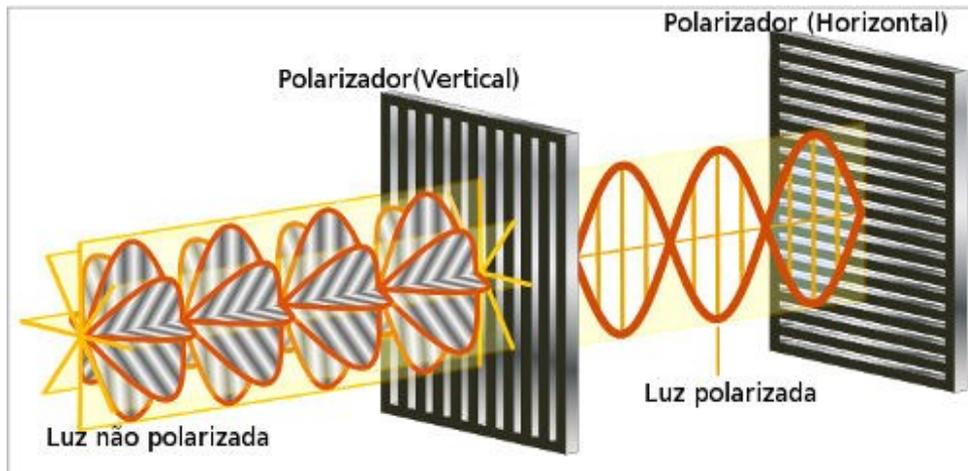
Segundo Halliday, Resnick e Walker (2019, p.13), a polarização pode ser definida como uma propriedade de todas as ondas eletromagnéticas. A luz é uma onda eletromagnética, e como tal é composta de campos elétricos e magnéticos oscilantes, são ondas transversais sendo o vetor campo elétrico \vec{E} , o vetor campo magnético \vec{B} e a direção de propagação \vec{K} mutuamente perpendiculares. Sabendo-se a direção do campo elétrico e a direção propagação, pode-se determinar a direção do campo magnético. Portanto existem duas variáveis vetoriais importantes para se determinar a direção do campo magnético, o vetor campo elétrico (\vec{E}) e a direção de propagação (\vec{K}).

O campo elétrico sempre estará contido em um plano perpendicular à direção de propagação da onda, sendo representado pela somatória de suas componentes nas direções x e y. São este componente que irão ocasionar as diferentes formas de polarização de um feixe de luz, de modo circular, linear e elíptica.

Até a metade do século passado, não se fabricavam instrumentos para a polarização da luz porque os materiais polarizadores eram raros e frágeis. No entanto, em 1928, o inventor americano Edwin Herbert Land (1909-1991), ainda estudante, descobriu uma técnica para impregnar esses cristais numa folha de plástico, que denominou **Polaroide**. Quando o plástico é esticado em certa direção, os cristais se alinham nessa mesma direção, que se torna a direção de polarização.

Um modo prático para se obter luz plano-polarizada é fazer uma luz não polarizada atravessar um dispositivo, denominado polarizador (ou polaroide), assim, a direção de vibração do campo elétrico será aquela determinada pelo eixo de transmissão do polarizador (Tipler e Mosca, 2006), conforme a Figura 6.

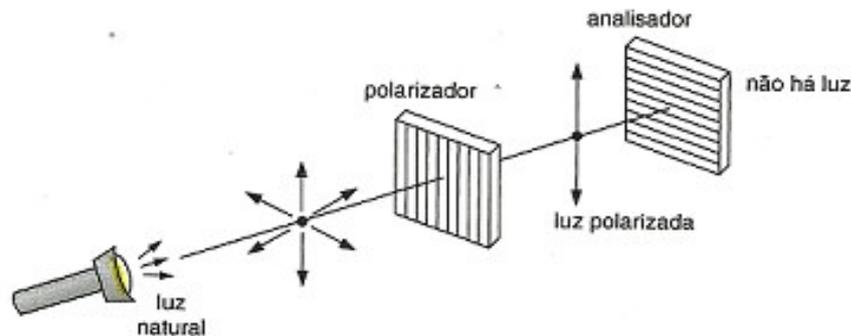
Figura 6 - luz natural incidindo sobre o polarizador



Fonte: TRIPLER, MOSCA (2006)⁶

Ao inserir um segundo polarizador linear, chamado analisador, antes do detector de maneira que o forme um novo ângulo os eixos de transmissão dos dois polarizadores Figura 7.

Figura 7 - Lei de Malus com a inclusão do Analisador.



Fonte: FERRARO (2021)⁷

Quando a amplitude do campo elétrico transmitido pelo primeiro polarizador for E_0 , apenas a sua componente paralela ao eixo de transmissão do segundo polarizador $E_0 \cos \theta$, a irradiância no detector será definida pela equação abaixo.

$$I(\theta) = \frac{c \epsilon_0}{2} E_0^2 \cos^2 \theta$$

⁶ TIPLER, P. MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**: LTO, Ótica e Física Moderna. 3ª ed. Rio de Janeiro. LTC, 2006.

⁷ FERRARO, N. G.; Os fundamentos da física. **Blogger 2021**. Disponível em: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2017/07/leituras-do%20blog_12.html. Acesso 01 jun. 2021

Esta Equação é conhecida como a Lei de Malus, pois foi publicada pela primeira vez por Etienne Malus, engenheiro militar e capitão do exército de Napoleão, em 1809.

3.4 Ensino de polarização da luz no ensino médio

Historicamente o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), teve seu início no Brasil, ainda nos anos 30, através do Instituto Nacional do Livro (INL) sendo que em 1985 passou a ser chamado PNLD. Conforme relato da pesquisa de Zambon e Terrazzan (2013). Em 2003 foi instituído pela Resolução CD FNDE n. 38, o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), ocorrendo de forma progressiva em 2004 com a distribuição de livros de matemática e português aos alunos do 1º ano do Norte e do Nordeste do Brasil.

Os livros didáticos de Física foram incluídos no PNLD em 2008, ocorrendo sua distribuição em 2009. Para a primeira edição, que ocorreu no triênio 2009-2011 foi composta de seis obras, onde três eram compostas por três volumes e as outras três de volumes únicos. A segunda edição, para o triênio 2012-2014, foi composta de dez obras, com três volumes cada. Na terceira edição, para o triênio 2015-2017, foram incluídas quatorze obras, contendo três volumes cada. Já a última edição, é válida para o triênio 2018-2020 e possui um conjunto de doze obras, sendo que cada uma contém três volumes (PEREIRA e LONDERO, 2019).

Segundo a publicação do Ministério da Ciência e Educação - MEC (BRASIL, 2008) o livro didático apresenta função pedagógica e social, contribuindo na melhoria da educação brasileira, visando promover a inclusão de todos os alunos da rede pública ao material didático, melhorando assim, o processo ensino aprendizagem.

Ao longo dos três anos do Ensino Médio, o conteúdo de Física em geral é dividido em: Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo na maioria dos livros e manuais didáticos utilizados no Brasil. (SIQUEIRA, et al. 2019).

Atualmente, o debate sobre a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é crescente. Consequentemente um grande número de pesquisas foi produzido com a finalidade de aproximar esse conhecimento dos alunos da Educação Básica. (Dominguini, 2012)

A inserção da Física Moderna e contemporânea tornou-se uma tendência nos livros didáticos conforme relata Valente et al. (2007).

A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio consolidou-se nos últimos anos como uma forte tendência de renovação curricular. Podemos afirmar que se trata de tendência realmente consolidada, pois grande parcela dos livros didáticos mais utilizados no EM incorporou de alguma maneira conteúdos de Física Moderna. (Valente et. al., 2007, p. 03)

Siqueira, et al. (2019) ressalta que os livros didáticos produzidos para utilização dos alunos, são materiais analisados e encaminhados pelo PNLD. Portanto os livros de Física que são utilizados no Ensino Médio (EM) seguem os critérios utilizados na avaliação das coleções aprovadas no programa, as quais ficarão à disposição do professor para que possa escolher a mais adequada à sua realidade e necessidade.

Nesse contexto, o livro didático pode ser considerado o instrumento principal de apoio didático no processo de ensino e aprendizagem. “*Se deseja que o livro didático abarque dados e interpretações sobre culturas locais e universais e aproxime do aluno o saber científico*” Artuso, et al. (2020).

Tendo as referências acima, relatando a importância do livro didático, sabendo que o conteúdo de polarização da luz tem muita relevância no cotidiano dos alunos, pois se faz presente nas tecnologias mais utilizadas como; celulares, relógios digitais e variados produtos eletrônicos com telas sensíveis ao toque (*touchscreen*). Será realizada uma comparação no livro didático utilizado nas escolas Estaduais do Município de Vera Cruz do Oeste - Paraná, pertencente ao Núcleo Regional de Educação de Cascavel (SEED-PR), na disciplina de Física no ensino médio.

A obra utilizada neste município é referente ao PNLD 2018-2020. Sendo o livro escolhido pelos professores, da editora Edições SM coleção Ser Protagonista, edição 2016, todos os 3 volumes com 288 páginas.

4 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

4.1 Caracterização do trabalho

Em nossa pesquisa, optamos por desenvolver uma abordagem qualitativa, onde os procedimentos são aplicados ao fenômeno de natureza social e, por essa permitir uma investigação contextualizada e aprofundada do campo de estudo, bem como a construção e análise dos dados obtidos (LÜDKE; ANDRÉ, 2014).

Quando o pesquisador qualitativo aborda um problema, preocupa-se em verificar como ele se manifesta, visto que, o significado dado às coisas e à vida pelos seres humanos, são focos de sua atenção. Nesse tipo de pesquisa, tal como nesta, o objetivo maior é sempre abarcar a perspectiva dos participantes (LÜDKE; ANDRÉ, 2013).

Segundo Batista (2009), os dados em uma investigação qualitativa são predominantemente descritivos, o ponto central diz respeito ao processo, ou seja, no aprofundamento e compreensão da realidade. Assim, a finalidade de nossa pesquisa será de produzir informações para tentar esclarecer sobre o problema apresentado.

A pesquisa qualitativa apresenta um ponto significativo, o seu caráter descritivo-analítico. Neste modelo, todas as informações retiradas do estudo mostram-se com um rico potencial de fornecimento de dados, que vão além de dados estatísticos. Na pesquisa qualitativa os dados não são construídos para confrontar uma hipótese pré-estabelecida, mas sim para construir um cenário. Dessa forma, a direção tomada para a análise e a organização dos dados aparece após a sua construção (BOGDAN; BIKLEN, 1994, apud DEIMLING, 2014, p. 118).

Os dados para a realização da pesquisa foram coletados no segundo trimestre letivo do ano de 2021, com um grupo de 4 alunos, sendo 3 meninas e 1 menino, estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, sendo a turma composta em um total de 33 alunos matriculados, em uma instituição da rede pública de ensino – Colégio Estadual Vital Brasil da cidade de Vera Cruz do Oeste, região oeste do Estado do Paraná.

A aplicação do Produto Educacional ocorreu durante o período de pandemia no Brasil pelo Coronavírus (Covid-19). Sendo Iniciado na data de 08/06/2021 e término em 30/06/2021. Em função dos Decretos Estaduais e Municipais, as

instituições de ensino não estão com aulas presenciais, sendo as mesmas realizadas de forma remota *Online* (via Google meets). Assim a implementação do Produto Educacional foi realizada de forma *Online*.

Por fim, o trabalho versa sobre a elaboração, aplicação e avaliação de um produto educacional desenvolvido com a intenção de auxiliar professores e estudantes na abordagem de Ondas Eletromagnéticas, em especial a Polarização da Luz no último ano do Ensino Médio.

4.2 Contexto do estudo

A proposta foi implementada em 3 momentos, sendo o 1º momento composto de 1 hora/aula de 50 minutos, o 2º e 3º momento em 2 horas/aulas de 50 minutos cada. Os encontros com os alunos ocorreram em uma sala de aula online no Google Sala de Aula (meet), disponibilizando os materiais para leitura, os vídeos, e as atividades.

4.3 Organização da proposta didática

Nosso estudo foi estruturado com base nos conceitos teóricos de Bruner, onde no primeiro momento verificamos o conhecimento prévios dos alunos sobre o tema dos alunos com uma pergunta problematizadora, o segundo momento foi estruturado os conhecimentos e no terceiro momento realizado a instrução e reforço, seguindo a teoria do currículo em espiral.

No primeiro quadro temos a organização geral de nossa proposta de ensino de luz polarizada, organizada conforme normativa BNCC de 2018, sendo realizada a aplicação do produto educacional com os alunos de forma remota em virtude da pandemia pelo Covid-19, não sendo possível presencialmente, e mesmo estando na proposta até a data (30/06/21) não aconteceu o retorno mesmo que de forma Híbrida (alguns alunos presenciais e outros Online) o que tem acarretado em uma baixa participação dos alunos nas aulas.

Quadro 1 - A proposta de ensino

PROPOSTA DE ENSINO DE POLARIZAÇÃO DA LUZ COM UTILIZAÇÃO DE TDIC	
Forma da Atividade:	Híbrida, Alunos presenciais e Online.
Publico Alvo:	Alunos do 3º Ano do Ensino Médio

Objetivos Gerais:	Produzir um Material Didático pedagógico, sobre Polarização da Luz para os Alunos do 3º ano do Ensino Médio.		
Conteúdos Prévios:	Noções de Ondas Eletromagnéticas e Fenômenos Ondulatórios		
Inserções da BNCC (BRASIL, 2018)			
CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO – MATÉRIA E ENERGIA	COMPETENCIA 3		HABILIDADES: (EM13CNT301) (EM13CNT307) (EM13CNT308)

Fonte: Autoria própria (2021)

4.3.1 Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio:

Competência 3 suas Específicas e Habilidades

Em Matéria e Energia, no Ensino Médio, diversificam-se as situações-problema, referidas nas competências específicas e nas habilidades, incluindo-se aquelas que permitem a aplicação de modelos com maior nível de abstração e que buscam explicar, analisar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia (por exemplo, analisar matrizes energéticas ou realizar previsões sobre a condutibilidade elétrica e térmica de materiais, sobre o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa, sobre o comportamento dos gases frente a alterações de pressão ou temperatura, ou ainda sobre as consequências de emissões radioativas no ambiente e na saúde).

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas,

arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

Quadro 2 - Organização da proposta didática do 1º encontro

MOMENTO 1: Predisposição ou Motivação para Aprendizagem		
PÚBLICO-ALVO: Alunos do 3º ano do Ensino Médio		
OBJETIVO: Verificar o Conhecimento dos alunos sobre luz polarizada e polarização		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
1 hora aula: Problematização e construção Mapa Mental	Vídeo motivador https://www.youtube.com/watch?v=aP6rBn3j5Po	
ÁREAS DA BNCC		
Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 3	(EM13CNT301)
ENCAMINHAMENTOS		
METODOLOGIA DE ENSINO: aprendizagem por descoberta, levantar o conhecimento prévio dos alunos sobre polarização da luz.		
MODALIDADE DE ENSINO: Ensino Híbrido: alunos presenciais e OnLine.		

Fonte: Autoria própria (2021).

Conforme organização do Quadro 2, temos 1 hora/aula que constou de apresentar a proposta de estudo que seria realizada, um vídeo para trazer o tema e uma pergunta problematizadora. Tivemos para este momento a participação de 2 alunos, os quais suas interações serão apresentadas durante a discussão do produto.

Quadro 3 - Organização proposta didática do segundo encontro.

MOMENTO 2: Estruturação do Conhecimento e Sequência
PÚBLICO-ALVO: Alunos do 3º ano do Ensino Médio
OBJETIVO: Apresentar o Conteúdo Teórico aos alunos sobre luz polarizada e polarização

ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
2 horas aula: Aula Dialogada sobre o Tema História da Ciência Gifs e Simulador	Aula expositiva teoria Gifs e Simulador Ondas Eletromagneticas https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html	
ÁREAS DA BNCC		
Ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 3	(EM13CNT301) (EM13CNT307) (EM13CNT308)
ENCAMINHAMENTOS		
METODOLOGIA DE ENSINO: Aula dialogada, expositiva com utilização de Tecnologia (Simulador e Gifs).		
MODALIDADE DE ENSINO: Ensino Híbrido: alunos presenciais e Online.		

Fonte: Autoria própria (2021).

Para o segundo encontro foi destinado 2 horas/aulas em sequência, onde conforme o Quadro 3 constou de dialogar com os alunos sobre o tema, trazendo os apontamentos do primeiro encontro, apresentando aspectos históricos sobre a Luz, conceitos sobre ondas eletromagnéticas e específico sobre o nosso tema Polarização da Luz. Utilizamos de TDIC, como Gifs e Simulador, os quais serão detalhados no próximo capítulo do trabalho.

Quadro 4 - Organização da proposta didática do terceiro encontro.

MOMENTO 3: Instrução ou Reforço		
PÚBLICO-ALVO: Alunos do 3º ano do Ensino Médio		
OBJETIVO: Realizar atividades práticas e tecnológicas sobre luz polarizada e polarização para reforçar o aprendizado do tema		
ESTRUTURA DA PROPOSTA DIDÁTICA		
2 horas aula: Instrução: Aula Prática de experimento com polarizador Reforço: Questões no Kahoot e Mapa Mental como fechamento	Roteiro do Experimento que será realizado com película polarizadora. Questões utilizadas no Kahoot como reforço e avaliação do conteúdo. Mapa Mental como Fechamento	
ÁREAS DA BNCC		
Ciências da natureza e suas tecnologias no		(EM13CNT301)

ensino médio: competências específicas e habilidades	Competência específica 3	(EM13CNT307) (EM13CNT308)
ENCAMINHAMENTOS		
METODOLOGIA DE ENSINO: Aula prática de experimento, utilização de software online e confecção de Mapa Mental		
MODALIDADE DE ENSINO: Ensino Híbrido: alunos presenciais e Online.		

Fonte: Autoria própria (2021).

No momento 3 foi realizado a instrução e reforço, Quadro 4, seguindo a teoria do currículo em espiral de Bruner. Para este encontro realizamos os experimentos com o polarizador, trazendo os conceitos apresentados nos momentos anteriores como forma de instrução e a aplicação de questões com o Kahoot para reforço dos conhecimentos, sendo solicitado como término do produto a produção de um mapa mental para cada aluno sobre o tema trabalhado, estando o relato deste momento no Capítulo 5

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO

5.1 Relato de experiência

Desde março 2020, em função da pandemia do COVID-19, o Sistema de Ensino do Estado do Paraná está com restrições, principalmente quanto à forma de atuação dos professores. Perante esta situação, tivemos que implementar a nossa proposta de ensino de maneira remota, através de atividades e encontros com os alunos de modo “online”.

Utilizamos a plataforma do Google *Classroom*, que é disponibilizado pelo Estado do Paraná aos professores da rede pública de ensino, para disponibilizar os encontros aos alunos na forma de material de apoio. Os encontros “online” aconteciam pelo *google meet*, sendo que os encontros foram iniciados no dia 08/06/21 e finalizados 30/06/2021, acontecendo as terças e quintas, no horário matutino.

Após a aplicação do produto educacional, realizamos a análise e interpretação dos dados. Para Lüdke e André (2014) é neste momento que o pesquisador deve rever suas ideias iniciais, repensá-las, reavaliá-las e reestruturá-las, a fim de que novas ideias possam surgir nesse processo.

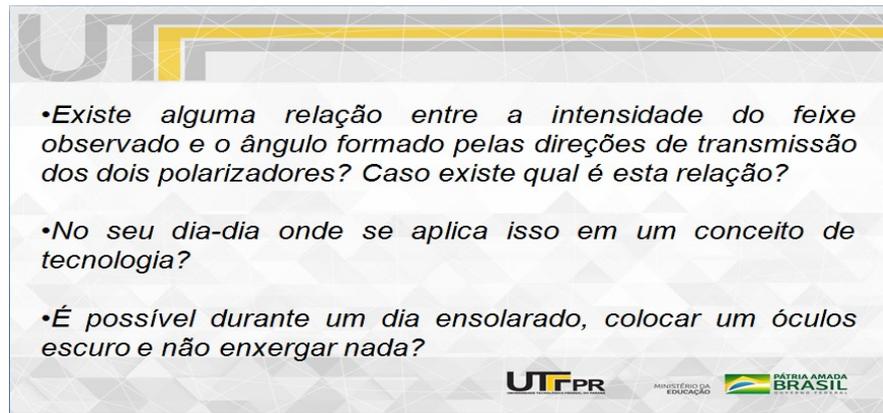
5.2 Momento 1

Começamos nossos encontros com os alunos do terceiro ano do EM no dia 08/06. Para o Momento 1 organizamos a proposta de aplicação do produto educacional em uma hora/aula, onde iniciamos fazendo a devida apresentação de nossa pesquisa e confirmando a participação livre e consentido de todos.

Neste Momento de acordo com a teoria de aprendizagem de Bruner (1969), temos a Motivação ou Predisposição para a Aprendizagem, ocorrendo assim após apresentação da proposta de estudo que seria realizada, um vídeo⁸ para trazer o tema e perguntas problematizadoras (Figura 8). Tivemos para este momento a participação de 2 alunos os quais os relatos de suas respostas as perguntas estaremos transcrevendo abaixo.

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=aP6rBn3j5Po>

Figura 8 - Perguntas Problematizadoras do Momento 1



Fonte: Autoria própria (2021).

No Quadro 5, estaremos apresentando as respostas dos alunos A e B para os questionamentos que foram apresentados como forma de instigar a predisposição dos alunos para a aprendizagem do Tema proposto.

Quadro 5 - Discussão inicial sobre as questões problemas do Momento 1

<p>MOMENTO 1</p> <p>Iniciamos com apresentação de um Vídeo sobre lentes de óculos escuros, onde é demonstrado como identificar lentes polarizadas.</p>	<p>Questão Problematizadora 1: Existe alguma relação entre a intensidade do feixe observado e o ângulo formado pelas direções de transmissão dos dois polarizadores? Caso exista qual é esta relação?</p> <p>Aluno A: “Não sei professor qual é a relação mais deve ter, por que conforme mexe com os ângulos passa mais ou menos Luz.”</p> <p>Aluno B: “Acho que tem, dependendo dos graus que colocamos os polarizadores, a luz passa ou não por eles”</p> <p>Questão Problematizadora 2: No seu dia-dia em que se aplica isso em um conceito de tecnologia?</p> <p>Aluno A: “Será que na TV, ou celular, sei lá mas acho que nos 2”.</p> <p>Aluno B: “No celular sei que tem, pois já tive que trocar a tela do meu e o cara que trocou falou que tinha”.</p> <p>Questão Problematizadora 3: É possível durante um dia ensolarado, colocar um óculos escuro e não enxergar nada?</p> <p>Aluno A: “Sim, meu Pai tinha um óculos do Paraguai que</p>
---	---

	<p>era tão escuro que não dava pra ver nada”.</p> <p>Aluno B: “Pelo Video que você mostrou sim, depende do material que é feito”</p>
--	---

Fonte: Autoria própria (2021).

Como relatado no Momento 1 tivemos a participação de dois alunos (A e B) sendo um de cada sexo, com idade entre 16 e 17 anos. Neste momento conforme Brito e Fireman (2016), o professor deve propor questões problemas para não colocar o aluno na aula apenas como espectador. Iniciamos a apresentação trazendo um Vídeo sobre as diferenças entre lentes de óculos de sol polarizadas e não polarizadas, para contextualizar com os alunos sobre o tema de polarização da Luz.

Continuamos com a apresentação das questões problemas para que os alunos refletissem sobre o assunto, e contextualizassem com os conhecimentos de Física até aqui aprendidos. Foi disponibilizado tempo para os alunos refletirem e construïrem. Percebemos que de início o aluno A não se demonstrou participativo, mas respondeu aos questionamentos, Através das respostas dos alunos percebemos que ambos não conseguiram descrever conceitos de Física em suas respostas, estando baseados em suas vivencias.

Uma das causas para a dificuldade de assimilar conhecimentos científicos pelos alunos, segundo Rosa et al. (2007), se deve ao fato de muitos professores terem dificuldades de promover um ambiente desafiador, propício à investigação e à construção desses conhecimentos.

5.3 Momento 2

A realização do Momento 2 ocorreu no dia 22/06/2021, sendo utilizado duas horas/aulas em sequência, Iniciamos com apresentação do trabalho que estamos desenvolvendo com a turma. Gastamos alguns minutos iniciais da aula para retornar sobre o que aviamos conversado no Momento 1 em virtude de termos mais alunos participando (4 ao todo), sendo três meninas e um menino. Após as devidas retomadas, apresentamos os slides com os aspetos históricos da polarização da Luz conforme a figura 9.

Figura 9 - Apresentação do Momento 2



Fonte: A autoria própria (2021).

Os aspectos da teoria de Bruner para este Momento 2 têm a estruturação do conhecimento em estabelecer vias que permitam uma adequação entre os conteúdos e as capacidades de aquisição dos indivíduos através de critérios como:

- simplificação da informação
- possibilidade de gerar novas proposições
- possibilidade de aumentar a capacidade de manipulação de um corpo de conhecimentos

Segundo Bruner (1969) a teoria de aprendizagem tem sua Estruturação dos conteúdos científicos de forma que:

- A planificação dos programas deve centrar-se na aprendizagem de noções ou princípios fundamentais, que favorecem a aquisição dos conteúdos.
- A memorização de conteúdos menos importantes só é possível dentro de uma situação estruturada.
- A transferência das aprendizagens passa pela compreensão dos princípios fundamentais.
- O ensino das bases permite um avanço progressiva da compreensão em cada domínio científico.

5.3.1 Apresentação da polarização da luz e seus aspectos Históricos.-Momento 2

Realizamos apresentação com os alunos dos aspectos históricos da Polarização da Luz através de slides, conforme textos e imagens descritos abaixo.

Até meados do século XVII, a compreensão humana sobre a luz, tanto ao nível da sua natureza como ao nível da explicação de fenômenos ópticos, evoluiu muito lentamente. Desde o mundo antigo que sabemos que a luz se propaga em linha reta, embora essa ideia estivesse ligada a raios que saíam dos olhos em direção aos objetos de modo a “sentir” esses objetos (RIBEIRO et al. 2015).

Erasmus Bartholin em 1669 observou o que viria a ser chamado de polarização da luz, em um cristal de calcita (Figura 10), onde ao incidir luz natural sobre o cristal, produzia duas imagens de um mesmo objeto e, ao rodar o cristal, uma das imagens permanecia fixa enquanto a outra girava ao redor da primeira (AZEVEDO et al. 2010).

Figura 10 - Cristal de Calcita



Fonte: ORGANITESPOA (2021)⁹.

O Holandês Christian Huygens (1629–1695) reproduziu o experimento de Bartholin, e fez com que, os raios de luz ao atravessavam um cristal de calcita, incidirem sobre outro cristal de calcita e, ao girar o segundo cristal, havia uma orientação em que era produzida uma única imagem (RIBEIRO et al. 2015), demonstrando assim, que a luz que sai de um cristal de calcita não tem as mesmas propriedades que a luz comum.

Na obra *Opticks* de 1704. Isaac Newton (1642–1727) apresenta a ideia de luz corpuscular, sendo formada por raios que viajam em linha reta e não como ondas (Figura 11). Na teoria de Newton, a propagação em linha reta da luz não era compatível com uma teoria ondulatória (AZEVEDO et al. 2010)

⁹Disponível em: <https://organitespoa.com.br/produto/cristal-de-calcita-otica/> Acesso 17 maio 2021

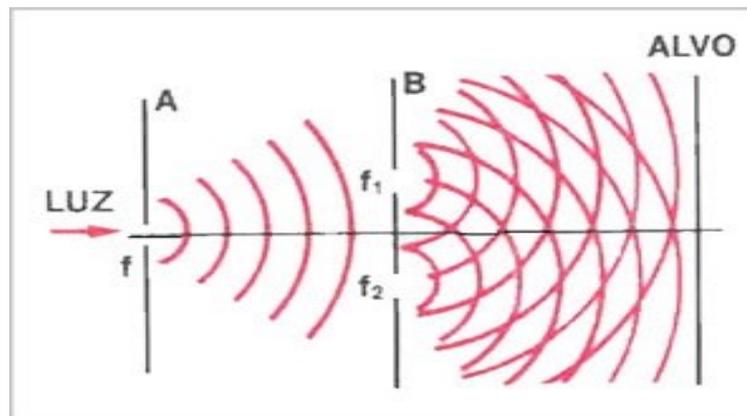
Figura 11 - Isaac Newton Experimento de dispersão da Luz



Fonte: <https://universoracionalista.org/como-isaac-newton-mudou-o-mundo-enquanto-estava-em-quarentena/> Acesso 17 maio 2021.

Em 1802, Thomas Young (1773–1829) formulou o princípio da interferência e mostrou, com uma série de experiências engenhosas, que a luz se comporta claramente como uma onda (Figura 12). Explicou a difração da luz, e foi também o primeiro a introduzir a ideia da luz como onda transversal (1817), que era até então vista como uma onda longitudinal (AZEVEDO et al. 2010).

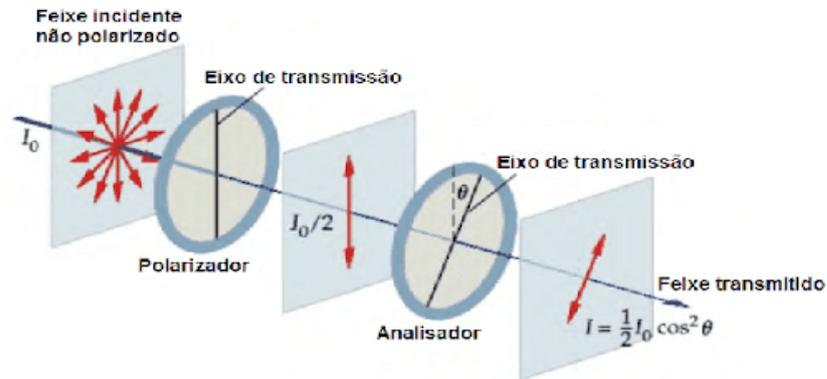
Figura 12 - Experimento de Young



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-experiencia-young.htm> Acesso 17 maio 2021.

Etienne-Louis Malus, de origem Francesa, em 1810, com seu experimento (Figura 13), demonstra que a luz refletida em uma interface plana entre dois meios poderia ser polarizada, desde que o ângulo de incidência fosse adequado, e que isso aconteceria com praticamente todos os materiais (CROPPER, 2001). Assim, o ângulo de incidência que produz luz polarizada foi denominado de ângulo de polarização (AZEVEDO et al. 2010)

Figura 13 - Experimento de Malus



Fonte: <http://www.vivacity.com.br/>¹⁰.

Optamos por descrever os relatos dos alunos após diálogos referentes aos aspectos históricos da luz no Quadro 6, onde tivemos a participação de quatro alunos, dois que haviam participado também do Momento 1 (alunos A e B) e outras duas alunos com idades de 16 e 18 anos, nomeadas como C e D por questões de compreensão didática.

Quadro 6 - Discussão Aspectos Históricos da Polarização da Luz

MOMENTO 2	APONTAMENTOS DOS ALUNOS
Estruturação do Conhecimento, Aspectos Históricos da Polarização da Luz	<p>Aluno A: Só lembrava do Newton como referência a descoberta da gravidade, não tinha conhecimento de seus experimentos com a Luz</p> <p>Aluno B: Não Conhecia os experimentos de Bartholin, e Huygens, sobre Newton só da Gravidade.</p> <p>Aluno C: Bacana essa parte histórica, essa parte da Física não conhecia.</p> <p>Aluno D: Os conceitos de Física e seus inventores, é bacana ache legal a parte dos experimentos com cristal e o polarizador.</p>

Fonte: Autoria própria (2021).

10

<http://vivacity.com.br/produtosDetalhes.asp?id=1361&link=Polariza%E7%E3o%20da%20Luz&subCat=1358&idCat=42> Acesso 17 maio 2021

O quadro 6 demonstra as falas dos alunos, percebe-se que nenhum aluno relatou saber dos referenciais históricos vinculados a Luz ou Polarização da Luz. Dentre os teóricos apresentados, somente Isaac Newton é citado por dois alunos A e B, e sendo lembrado por seus estudos com a Gravidade. Fica exposto que os alunos não apresentam um referencial teórico e histórico sobre o tema.

Após a apresentação dos aspectos históricos da Polarização da Luz, apresentamos os conceitos de Onda Polarizada e Onda não Polarizada (Figura14), utilizamos em conjunto, explanação dialogada, imagens, *Gifs* e Simulador da *Peht Colorado* sobre ondas, que constam nos anexos.

Figura 14 - Slides Onda Polarizada e Não Polarizada

O que é uma onda polarizada?

Onda Polarizada: Onda que possui apenas *uma direção* de vibração para uma direção de propagação.

O que é uma onda não polarizada?

Onda não polarizada: Onda que possui *mais de uma direção* de vibração para uma direção de propagação.

Adaptação de prof. Dr. Prof. Michel Corci – Polarização

Fonte: Autoria própria (2021).

Foi utilizado os Conceitos de Malus (Figura 15), descritos no Capítulo 3 para trabalharmos os polarizadores e analisadores conforme descrito em sua teoria, onde a irradiância máxima ocorre quando os dois polarizadores têm os eixos de transmissão alinhados ($\theta = 0$) e a equação apresentada como:

$$I(\theta) = I_0 \cos^2 \theta$$

Figura 15 - Slides apresentação Teoria de Malus



Fonte: Autoria própria (2021).

As observações sobre os conceitos teóricos de Onda Polarizada, os Gifs e do Simulador serão relatados na discussão do Quadro 7. Temos que relatar nesta parte que os alunos apresentaram maior participação e interesse na construção do conhecimento, tirando dúvidas sobre o tema e participando com questionamentos.

Quadro 7 - Discussão sobre Onda Polarizada e seus conceitos

MOMENTO 2	APONTAMENTOS DOS ALUNOS
<p>Estruturação do Conhecimento com apresentação dos conteúdos teóricos com sides, Gifs e Simulador</p>	<p>Aluno A: Não tinha o conceito definido de Onda, agora consigo definir o que é e suas diferenças, o simulador ajuda a entender os diferentes tipos de ondas e que os graus entre os polarizadores é que vão deixar ou não a luz passar.</p> <p>Aluno B: Sobre as ondas não lembrava muita coisa, com o simulador ajudou a entender a diferença, essa parte de ângulos entre os polarizadores é que não entendi muito bem. Mas sei que conforme roda eles, passa ou não luz.</p> <p>Aluno C: Que onda eletromagnética não transporta matéria até lembrava, mas as diferenças entre elas não, o simulador mostra bem, e que ondas polarizadas são as que passam pelo polarizador deixando-as alinhadas, diferente da luz natural é isso?</p> <p>Aluno D: Professor, essas diferenças entre as ondas não lembrava, deixa o link dos simuladores pra ver outros, dos polarizadores entendi que a angulação é que determina se passa ou não luz.</p>

Fonte: A autoria própria (2021).

Pode-se perceber claramente que os alunos conseguiram reter algum conhecimento sobre o tema, até questionamentos como do aluno C sobre a luz não polarizada, ser a luz natural, que as ondas eletromagnéticas transportam energia. Estes conceitos foram reforçados como preconiza a teoria de aprendizagem de Bruner seguindo o Currículo em espiral, levando o aluno a gerar novas proposições acerca do tema (BRUNER, 2008).

A teoria de Malus para trabalhar os polarizadores e analisadores apresentou um grau de entendimento superficial, voltado para somente os ângulos entre os filmes, mas já se demonstrou assimilado pelos alunos quanto a sua obtenção e aplicação.

5.4 Momento 3

Para realização do Momento 3, contamos com a participação dos mesmos alunos, nesta fase seguindo a teoria de aprendizagem por descoberta de Bruner, foi programado a Instrução e Reforço, onde segundo Moreira (1999) “o indivíduo implicado descobrirá através de um pensamento analítico e intuitivo, através de atividade de exploração e de pesquisa”. Tendo o aluno um papel ativo no ato de aprender.

Como forma de atuação, foi realizado durante duas horas/aulas este Momento, que contou com Instrução, a realização de experimento com polarizador e o Reforço com questões no *Kahoot* e o Mapa Mental como fechamento, sendo o mapa mental uma estratégia de memorização de conteúdo, pois possibilita registrar de forma inteligente resumos sintéticos de matérias, que posteriormente podem ser revisados rapidamente (DAROS, 2018).

Foi aplicado questões com o *Kahoot*® pois conforme relato de Barroqueiro e Amaral (2011, pág. 126) a inclusão das TDIC no processo de ensino-aprendizagem agrega valores ao método tradicional das aulas de Física e Matemática, além de contribuir eficazmente e eficientemente para melhorar a qualidade das aulas, como também servem de motivação. Sendo este nosso objetivo ao utilizá-lo como forma de reforço do conteúdo.

5.4.1 Experimentos e os seus roteiros.

Utilizamos de experimentos sobre a temática da Polarização da Luz, descritos no trabalho realizado por Colombo & Jaén (1991) no artigo polarização da luz: uma proposta de experiências simples. O objetivo destas primeiras experiências é que o estudante caracterize o estado de polarização da radiação que recebe das diferentes fontes de luz a seu alcance, usando um filtro polarizador como “detector de luz polarizada”. Introduz-se, assim, o conceito de luz total ou parcialmente polarizada e aprofunda-se no estudo de um modelo de emissão da luz.

Experiência 1: Análise do estado de polarização da radiação luminosa

Para este experimento, o material utilizado foi retirado da tela de um notebook “lixo eletrônico”. (Caso se trate de um curso freqüentado por muitos estudantes, pode-se adquirir uma prancha polaróide.)

Elementos necessários

- Um filtro polarizador, e fonte Luminosa (celular, lâmpadas, Luz Natural)
- Link Video Demonstrativo: <https://youtu.be/UOpsFA0iPsU>

Procedimento

Os estudantes devem observar através do filtro polarizador, fazendo-o girar orientado para diferentes fontes de luz: uma lâmpada de filamento incandescente, um tubo fluorescente, a luz refletida em uma mesa, na borda de uma janela ou em qualquer superfície. Pode-se observar o diferente grau de polarização de diferentes zonas do céu, caso esteja sem nuvens.

Questões para aos alunos

- *Observe agora com auxílio do polarizador outra fonte luminosa (tela do computador ligado, luz solar). Analise o que você observa com cada fonte: a intensidade transmitida pelo polarizador muda à medida que este é girado?*
- *O que se pode dizer do estado de polarização da luz proveniente das diferentes fontes?*
- *Proponha alguma analogia que conheça com a utilização da polarização da luz.*

Experiência 2: A lei de Malus e um modelo da onda

Elementos necessários

- Dois polarizadores;

- Uma fonte de luz (pode-se utilizar a da sala de aula).

Procedimento

- Os alunos devem olhar para uma fonte de luz através de dois polaroides. Para isso deve Fixar a posição do primeiro (isto significa fixar uma direção de transmissão) e em seguida, gire lentamente o segundo polaroide (analisador). Registre a atentamente o que você observe.
- Relacione a intensidade transmitida com o ângulo entre os polaroides.

Questões para aos alunos

- *Que modelo é utilizado para representar a onda luminosa tal que possa explicar a relação encontrada?*

Quadro 8 - Relato Experiências com Alunos

MOMENTO 3	APONTAMENTOS DOS ALUNOS
<p>Relato</p> <p>Experimento 1 e 2 sobre Polarização da Luz, segundo conceitos de Malus</p>	<p><u>Experimento 1:</u></p> <p>Aluno A: observei que girando os polarizadores, a luz pode ou não ser vista, e muda conforme as fontes de luz, e que podemos encontrar nos aparelhos eletrônicos como TV e celular.</p> <p>Aluno B: mudando o ângulo, a luz passa ou não, que as fontes de luz não têm os mesmos ângulos para passar a luz, tem nos celulares?</p> <p>Aluno C: a rotação do polarizador deixa passar ou não a claridade, tipo um isofilme, tem nas TVs.</p> <p>Aluno D: variando a angulação muda a quantidade de luz que passa, e as fontes ficam com intensidades diferentes, tem nos aparelhos eletrônicos.</p> <p><u>Experimento 2</u></p> <p>Aluno A: seria uma onda eletromagnética pelo que vimos nas aulas passadas onde tem campo elétrico e campo magnético</p> <p>Aluno B: onda eletromagnética, transversal?</p> <p>Aluno C: modelo de onda eletromagnética</p> <p>Aluno D: acho que é eletromagnética.</p>

Fonte: Autoria própria (2021).

Analisando as respostas dos alunos no quadro 8, percebemos que o conceito de onda eletromagnética ficou marcante nas respostas dos alunos, que conseguem relacionar a variação na angulação entre os polarizadores e a incidência de luz observada, a variação, porém não é demonstrada por nenhum aluno de forma matemática, sim com a observação do fenômeno simplesmente.

Neste Momento, os alunos puderam interagir entre eles dialogando sobre as observações de cada um, aparentemente confirmando as observações uns dos outros, sem demonstrar muito aprofundamento dos conceitos Físicos dos experimentos.

5.4.2 Análise do kahoot®

A ferramenta tecnológica utilizada com TDIC foi o *Kahoot*, conforme descrito no item 2.4 do Capítulo 2 desta pesquisa. Participaram da aplicação do *Kahoot* quatro alunos do início da aula (alunos A, B, C e D) já descrita em nosso estudo. Sendo que um aluno não conseguiu realizar as respostas pois seu celular travou. Formulamos em aplicação de perguntas com o *Kahoot* seis questões que serão detalhadas o número de acerto de cada uma com seus devidos comentários.

Para a primeira pergunta, Definição de Onda, foi obtido um total de 100% de acerto, os alunos gastaram em média 4,29s para responder conforme mostra a Figura 16. Não apresentando dificuldades em escolher a resposta correta.

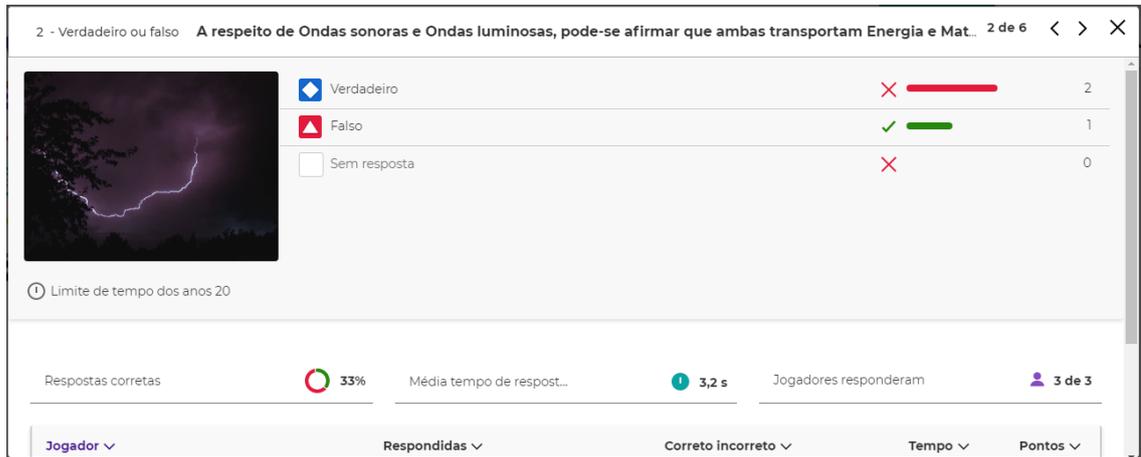
Figura 16 - Questão 1 do Kahoot



Fonte: Autoria própria (2021).

Na questão dois de verdadeiro ou falso, A respeito de Ondas sonoras e Ondas Luminosas, pode-se afirmar que ambas transportam energia e matéria? (Figura 17) Teve um índice de acerto de 33% sendo o tempo médio para resposta de 3,2s. Tendo somente um aluno acertando.

Figura 17 - Questão 2 do Kahoot



Fonte: Autoria própria (2021).

A questão três (Figura 18), A polarização ocorre apenas em Ondas Transversais? Com alternativa de verdadeiro ou falso, teve 100% de acerto dos alunos participantes, realizaram a resposta em um tempo médio de 4,1s.

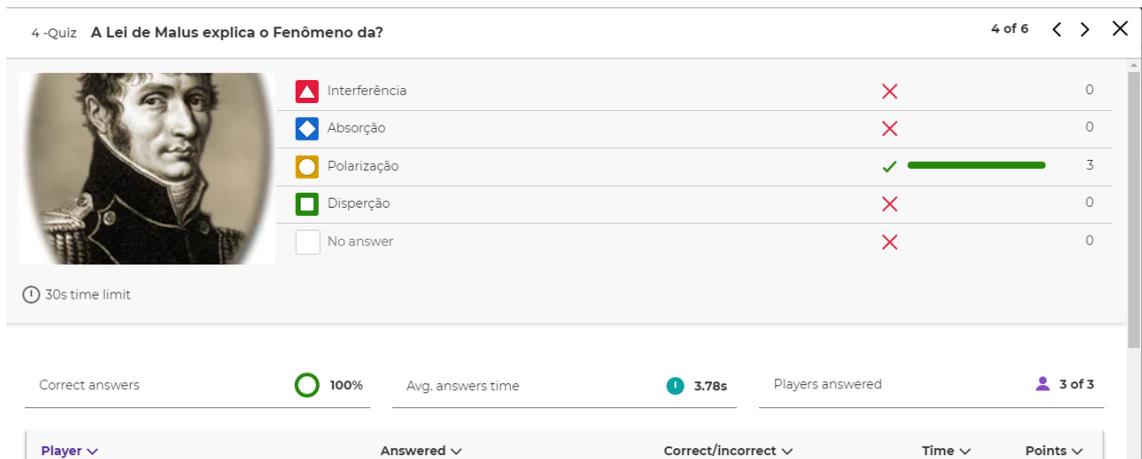
Figura 18 - Questão 3 do Kahoot



Fonte: Autoria própria (2021).

Apresentação da questão quatro, A lei de Malus explica o Fenômeno da? Teve 100% de acertos (Figura 19), esta foi a questão relatada pelos alunos como a mais fácil, após os conhecimentos apresentados nas aulas anteriores, mas que dificilmente conseguiria responder antes das aulas (relato do aluno A), o tempo médio para responder esta pergunta foi de 3,7s.

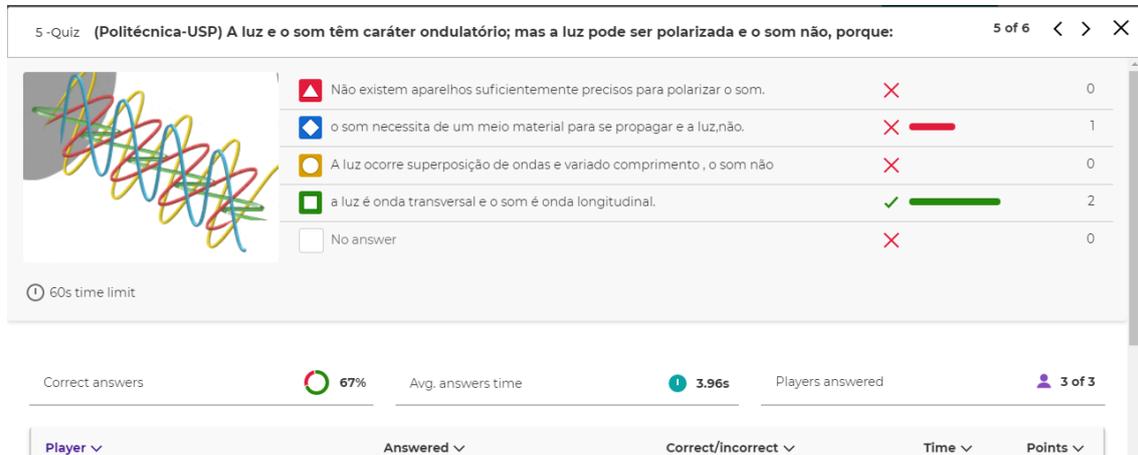
Figura 19 - Questão 4 do Kahoot



Fonte: Autoria própria (2021).

A pergunta cinco do *Kahoot* foi; A luz e o som têm caráter ondulatório, mas a luz pode ser polarizada e o som não, por quê? (Figura 20), esta questão foi de múltipla escolha e teve 67% de acerto, um tempo médio para responder de 3,9s. Nesta questão o aluno C diz ter confundido meio de propagação com a característica das Ondas.

Figura 20 - Questão 5 do Kahoot



Fonte: Autoria própria (2021).

Nossa última pergunta de número seis (Figura 21), Entre as afirmativas a seguir, a respeito de fenômenos ondulatórios assinale a que é FALSA. Apresentou um índice de 33% de acertos, ou seja, somente uma resposta exata, o aluno A e C relataram se confundir com a pergunta, buscando a que fosse correta. O tempo médio para resposta ficou em 9,1s. Demonstrando que nem todos os conceitos sobre Onda foram assimilados.

Figura 21 - Questão 6 do Kahoot

6 - Quiz (UniRio) Entre as afirmativas a seguir, a respeito de fenômenos ondulatórios, assinale a que é FALSA 6 of 6

<input type="checkbox"/>	A velocidade de uma onda depende do meio de propagação.	×	1
<input type="checkbox"/>	Ondas sonoras não podem ser polarizadas.	×	1
<input checked="" type="checkbox"/>	No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas possuem o mesmo período.	✓	1
<input type="checkbox"/>	A velocidade do som no ar independe da frequência.	×	0
<input type="checkbox"/>	No answer	×	0

60s time limit

Correct answers 33% Avg. answers time 9.1s Players answered 3 of 3

Player Answered Correct/Incorrect Time Points

Fonte: Autoria própria (2021).

5.4.3 Resultado mapas mentais

Ao final da aplicação do produto educacional para o tema Polarização da Luz, solicitamos aos alunos que construíssem um mapa mental, o qual já havia sido explicado aos alunos o procedimento de construção. Para esta etapa de análise contamos com a produção de 2 mapas mentais (constam nos Anexos deste trabalho), ou seja, somente dois dos alunos participantes da proposta produziram o mapa ao final do trabalho. Os mapas foram produzidos em casa pelos alunos e encaminhados via plataforma online.

Um mapa mental deve ser entendido segundo Fenner (2018), como uma ferramenta para a organização de informações (ideias) que ocorrem na estrutura cognitiva do sujeito de forma não linear. No mapa a ideia principal que também pode ser chamada de termo indutor é colocada no centro de uma folha de papel e as relações são feitas a partir dele em forma de teia, que podem ser palavras-chave, equações, desenhos, sempre utilizando muitas cores para a confecção do mesmo.

Para a análise dos mapas mentais produzidos pelos alunos utilizamos como referência alguns dos critérios descritos por Novak e Gowin (1984) e Buzan (2009), em seus trabalhos, ou seja, além da observação da hierarquia e da relação válida entre os conceitos, apresentados por Novak e Gowin (1984), também buscamos verificar a abrangência dos assuntos tratados, a inserção de ideias próprias e a utilização de técnicas (cores, símbolos, imagens, desenhos, equações) que facilitam o aprendizado, esses são critérios citados por Buzan (2009). Na Tabela 1 apresentamos os itens com os resultados avaliados em critério presente ou ausente.

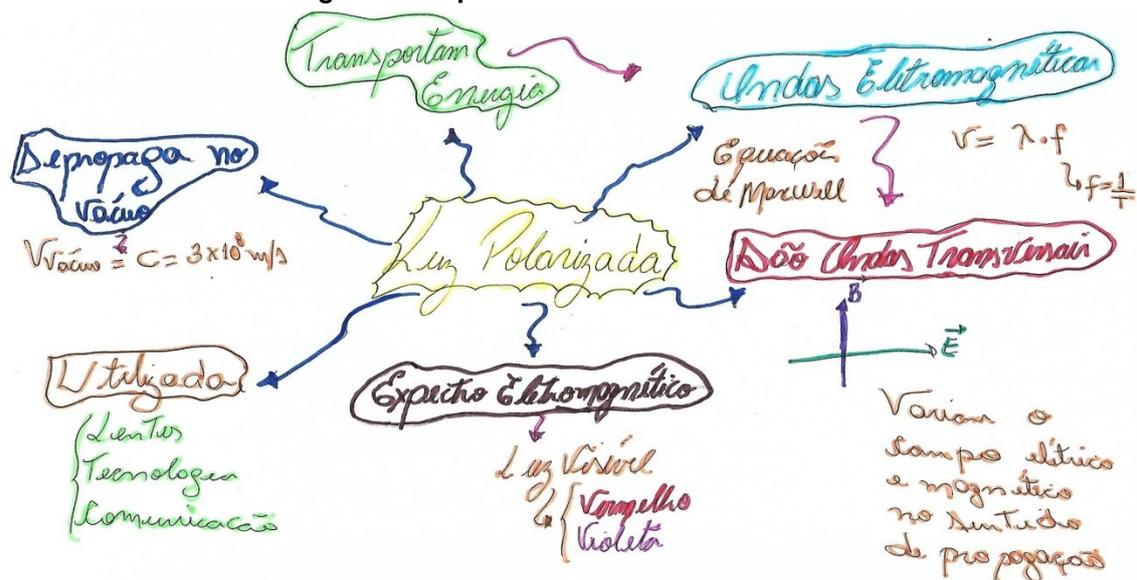
Tabela 1 - Demonstrativo da incidência dos critérios analisados nos mapas mentais (Turma com 2 alunos)

CRITÉRIOS	ALUNO A	ALUNO C
Hierarquia	Presente	Presente
Relação entre conceitos	Presente	Presente
Abrangência Assuntos	Ausente	Ausente
Inserção Ideias Próprias	Presente	Presente
Utilização de técnicas	Presente	Presente

Fonte: Autoria própria (2021).

Na análise dos mapas mentais entregues pelos alunos, verificamos que, seguindo os critérios estabelecidos, os alunos utilizam técnicas (como cores, símbolos, desenhos ou equações), presente em ambos os trabalhos dos alunos, porém sobre abrangência do tema não tivemos este item presente nos mapas dos alunos sendo que não conseguiram demonstrar uma abrangência dos assuntos expressos no mapa. É importante ressaltar que fizemos um mapa de referência e que estabelecemos parâmetros para o item abrangência do assunto, como mostra a imagem 1.

Imagem 1 - Mapa mental construído como referência



Fonte: Autoria própria (2021)

Através da análise dos mapas mentais podemos perceber que os alunos estruturaram em seus pensamentos em alguns conceitos de Física estudados durante a implementação da proposta, tais conceitos são representados pelas palavras: Ondas, ondas eletromagnéticas, Luz Polarizada.

Por fim evidenciamos que os alunos conseguiram estabelecer relações importantes sobre os conceitos de Física estudados, dentre eles, ondas eletromagnéticas, luz polarizada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tem por objetivo a produção de um material para o ensino de Polarização da Luz para os alunos do último ano do Ensino Médio, buscando oferecer aos professores e estudantes (objeto de nosso estudo) um material complementar e alternativo que possa ser utilizado, juntamente com outros materiais, na abordagem do conteúdo nele inerente. A implementação da proposta, ocorreu de maneira remota, sendo que não contamos com a participação de todos os alunos da turma, sendo esta situação uma constante em todas as disciplinas. Mas podemos afirmar com base nos relatos escritos e verbais dos alunos participantes, que gostaram das aulas, sendo momentos produtivos e que serão observados nas situações do cotidiano que envolve o Ensino de Física.

Nosso trabalho apresenta atividades experimentais simples e de baixo custo, que serviram para organizar os conhecimentos cotidianos dos alunos para a aprendizagem por descoberta de novos conhecimentos científicos. Além de atividades experimentais, buscamos trabalhar o conteúdo em suas diferentes dimensões, a fim de permitir sua articulação com o contexto e a realidade social. Os resultados foram avaliados, entre outros aspectos, por meio das questões problemas iniciais, das perguntas durante os experimentos, das questões via *Kahoot*[®] e também relatos realizados ao longo do processo, como os mapas mentais os quais indicaram um avanço no aprendizado do conteúdo pelos alunos quando comparamos suas respostas obtidas no início, ao longo e ao final do processo de intervenção.

Nossa intenção foi mostrar aos estudantes, que conforme relato de Camara (2017, p.17). Física não se resume apenas em resolução de exercícios de Física, mas também, no uso de experimentação e tecnologia na sala de aula.

Não podemos deixar de afirmar que em algumas questões esperávamos que os alunos se expressassem melhor, mas de maneira geral, podemos considerar satisfatório o resultado final, o qual nos mostrou que os alunos conseguiram internalizar o conteúdo desenvolvido em nosso produto educacional.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, A.; SALES, G.; SILVA, J. **Tecnologias digitais no Ensino de Física: um relato de experiência utilizando o Kahoot como ferramenta de avaliação gamificada.** Research, Society and Development. 7. 7711456. 10.17648/rsd-v7i11.456. 2018.
- ARTUSO, A. R.; MARTINO, Luiz Henrique De. ; COSTA, Henrique Vieira ; LIMA, Letícia . **As características do livro didático de física mais valorizadas pelos professores brasileiros.** Reec. Revista electrónica de enseñanza de las ciencias, v. 19, p. 26-44, 2020.
- AZEVEDO, Eduardo Ribeiro de et al. **Utilização de um espectrógrafo de projeção como uma ferramenta para contagens sobre polarização da luz .** Quím. Nova [online]. 2010, vol.33, n.5, pp.1204-1210. ISSN 0100-4042. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000500036> . Acesso em 27 maio 2021.
- BARROQUEIRO, C.; AMARAL, L. O uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação no processo de ensino-aprendizagem dos alunos nativos digitais nas aulas de Física e Matemática. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 2, n. 2, p. 123-143, 1 jul. 2011.
- BATISTA, M. C.; **A experimentação no ensino de física: modelando um ambiente de aprendizagem**, 2009. 82 f. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.
- BISCUOLA, G. J.; **Conecte Física 3.** 2ª ed. Ed. Saraiva – São Paulo, 2014.
- BONJORNO, J. R. R. CLINTON, M. A. AUGUSTO, L. **Física, eletromagnetismo, física moderna..** São Paulo, SP: FTD. V.3 (s.d.) 2016.
- BOTTENTUIT JUNIOR, J. B.; O Aplicativo Kahoot na Educação: verificando os conhecimentos dos alunos em tempo real. In: Maria João Gomes; Antonio José Osório; Antonio Luis Valente. (Org.). Challenges 2017: **Aprender nas Nuvens**, Learning in the Clouds. 15ed.Braga - Portugal: Universidade do Minho - UMINHO, 2017, v. , p. 1587-1602.
- BULEGON, Ana Marly.**Contribuições dos objetos de aprendizagem, no ensino de Física, para desenvolvimento do pensamento crítico e da aprendizagem significativa.**2011. 156f. Tese (Doutorado),Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre
- BUZAN, T. **Mapas Mentais**/Tony Buzan [Tradução de Paulo Polzonoff Jr.]. Rio de Janeiro, 2009. Ed. Sextante.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação. Física: catálogo do Programa Nacional do Livro do Ensino Médio – **PNLEM** 2009. Brasília: MEC, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília: MEC. 2013.

BRITO, L. O.; FIREMAN, E. C. **Ensino de ciências por investigação**: uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do ensino fundamental. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), vol. 18, núm. 1, 2016.

BRUNER, J.S. (1966). **The Process of Education**. Harward University press Cambridge: 1966. 10^a Impressão.

BRUNER, J.S. (1969). **Uma nova teoria da aprendizagem**. Rio de Janeiro: Bloch.

BRUNER, J. S. **Uma Nova Teoria de Aprendizagem**. 2^a ed. Rio de Janeiro. Bloch. 1973b. 162 p.

BRUNER, J.S. (2008). **Sobre o Conhecimento: Ensaio de mãos esquerda**. São Paulo: Phorte

CAMARA, A. P. V. **Experimentação no ensino de química**: elaboração de um material paradidático para o ensino médio com o tema: petróleo e seus derivados. (Monografia de graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

CARVALHO, Rosiani. **As tecnologias no cotidiano escolar: possibilidades de articular o trabalho pedagógico aos recursos tecnológicos**. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense, 2008. Curitiba: SEED/PR., 2011. V.1.(CadernosPDE). ISBN 978-85-8015-039-1.

COLOMBO, E. JAÉN, M. - Polarização Da Luz: Uma Proposta De Experiências Simples - Publicado no **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 8, n. 1, abr. 1991.

COUTINHO, Carlos Nelson. Notas sobre cidadania e modernidade. **Revista Àgora – Políticas públicas e Serviço Social**, Ano. 2, Vol.3, dez. 2005.

CROPPER, W. H. ; **Grandes físicos**; 1^a ed., Oxford University Press: Oxford, 2001

DAROS, T. **Metodologias ativas**: aspectos históricos e desafios atuais. In: CAMARGO, F.; DAROS, T (orgs.). A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 8-12.

DEIMLING, N. N. M. **Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência: contribuições, limites e desafios para a formação docente.** (Tese de Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

DOMINGUINI, L.. **Física moderna no Ensino Médio:** com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. Revista Brasileira de Ensino de Física (Impresso) **JCR**, v. 34, p. 1-7, 2012.

FENNER, G.. **Mapas Mentais** - Potencializando ideias. 1. ed. RIO DE JANEIRO: Brasport Livros e Multimídia, 2018. v. 1. 336p .

FERRARO, N. G.; Os fundamentos da física. **Blogger 2021.** Disponível em: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2017/07/leituras-do%20blog_12.html. Acesso 01 de jun. 2021.

FRAZÃO, D. Biografia Nikola Tesla. ebiografia, 2021. Disponível em: https://www.ebiografia.com/nikola_tesla/ Acesso em 02 de nov. 2021.

HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física.** 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf/>. Acesso em: 14 jun. 2021

HAMBURGER, E. ; MATTOS, C. R. ; SIMONETTI, R. ; GASPAR, A. ; FERREIRA, N. C. **Telecurso de Física 2000** - Volume 2. USP, São Paulo. 1997. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional – Material Didático)

Integração das Tecnologias na Educação/ Secretaria de Educação a Distância. Brasília: Ministério da Educação, Seed, 2005. 204 p.; il.

LACZKOWSKI, I. M. - **Efeito magneto-óptico em mistura binária dopada com ferrofluido** – UEM. Maringá, 2010.

KENSKI, Vani M. **Educação e tecnologias:** o novo ritmo da informação. Campinas, SP: Papirus, 2008.

LACZKOWSKI, M. S.; LACZKOWSKI, I. M.; ZIMMER, F. C. - Sala de aula invertida e sua contribuição no ensino de Ciências em Química e Física. **Revista Pontes**, v. 6, p. 186-197, 2019.

Lei Federal 13.005, de 25 de junho de 2014. Aprova o Plano Nacional de Educação - **PNE** e dá outras providências. Brasília, DF, 25.

LÜDKE, M. ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação:** abordagens qualitativas. 2 ed. São Paulo: E.P.U., 2014.

MARTINS, V. C. **Noções básicas de astronomia para os anos finais do ensino fundamental: movimento aparente do Sol e estações do ano.** 2020. 77 f. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2020.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. de; Possibilidades e limitações das simulações computacionais no Ensino de Física – **Revista Brasileira de Ensino de Física** – São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Conselho Nacional da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica** / Ministério da Educação. Secretária de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. – Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

Ministério da Educação/TV Escola/ Série - Salto para o Futuro – Boletim 05, maio de 2005/ **Integração das Tecnologias, Linguagens e Representações**. PGM 4 TECNOLOGIA, COMUNICAÇÃO E INTERAÇÃO Integrando as tecnologias – relato de experiência. Coutinho, Laura.

Ministério da Educação / Secretaria de Articulação com os Sistemas de Ensino (MEC/ SASE), 2014. **Planejando a Próxima Década - Conhecendo as 20 Metas do Plano Nacional de Educação**.

MONTEIRO, M. A. A. O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** Vol. 16, No 1, 2016.

MOREIRA, M. A. (1999). **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU.

MOREIRA, M. A. (2000) – Aprendizagem Significativa Subversiva – **Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Peniche, Portugal

NETO, J. G. P. ; VIEIRA, A. N. O. ; SIQUEIRA, M. C. A. . Análise dos conteúdos de física moderna e contemporânea presentes em quatro coleções de livros didáticos aprovadas no PNLEM 2009 e nos PNLDS 2012, 2015 e 2018. **Revista Scientiatec**, v. 6, p. 79-103, 2019.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. New York, NY: Cambridge University Press, 1984.

PEREIRA, W. H. S.; LONDERO, L. A Física Produzida no Brasil nas Coleções Didáticas do Programa Nacional do Livro Didático (2018-2020). Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (online), v. 21, p. 1-27, 2019.

PIRES, M. A. VEIT, E. A. Tecnologias de informação e comunicação na formação de professores: Que desafios? **Revista Ibero-Americana de educación**. OEI. N. 24, p. 63-90, setembro, 2000.

RIBEIRO, R, A.; COELHO, L.; BERTALOM, O.; ANDRE, R.;. **Luz: História, Natureza e Aplicações**. Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, vol. 39, n. 1, p.6-12, 2015.

ROLDÃO, M. C. **O Pensamento Concreto da Criança: Uma Perspectiva a Questionar no Currículo.** Lisboa. IIE 1994.

ROSA, C. W.; PEREZ, C. A. S.; DRUM, C. **Ensino de física nas séries iniciais: concepções da prática docente.** Investigações em Ensino de Ciências, v. 12, n. 3, p.357-368, 2007.

SOARES, S. M. **Introdução de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio por Meio do Estudo de Ondas Eletromagnéticas.** Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da UNB. Brasília-DF. 2009.

VIEIRA, Taisy Fernandes. **Estudo de uma proposta didática interdisciplinar para o ensino de Física e Astronomia no Ensino Médio.** 2021. 207 fls. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2021.

TIPLER, P. MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros: LTO, Ótica e Física Moderna.** 3ª ed. Rio de Janeiro. LTC, 2006.

THOMAS, C. (2014). **Kahoot!** Disponível em <https://www.graphite.org/website/kahoot>. Acesso em 15 de abr. 2021

VALENTE, Ligia; BARCELLOS, Marcília Elis ; SALÉM, Sônia ; KAWAMURA, Maria Regina . Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Expectativas e tendências. *In: VI ENPEC*, 2007, Florianópolis. Física moderna e contemporânea no ensino médio: expectativas e tendências, 2007.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 1998

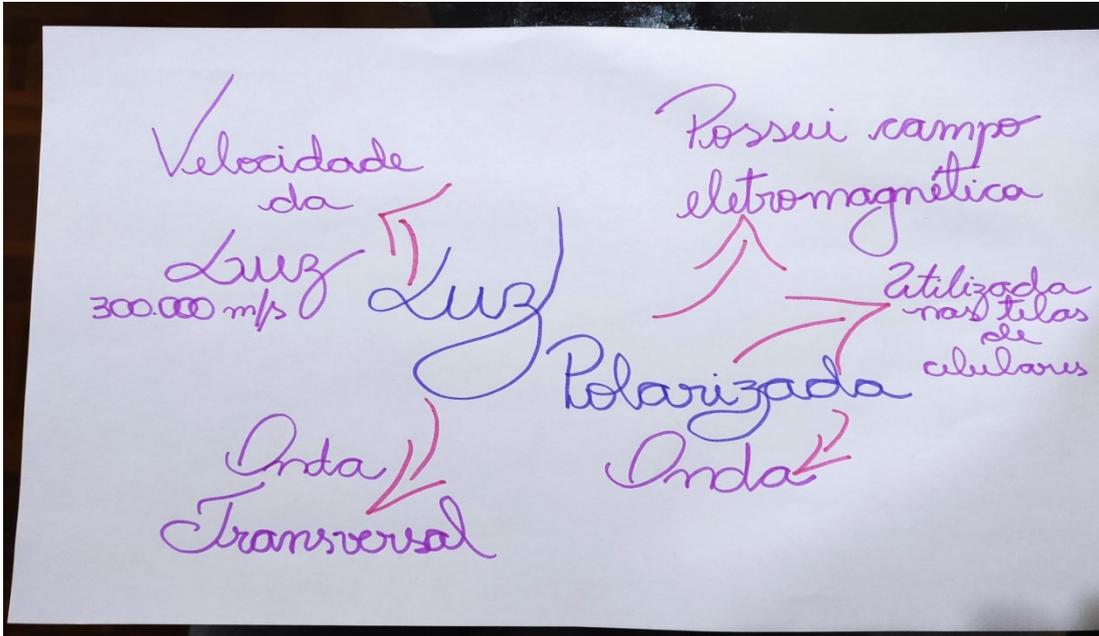
ZAMBON, L. B.; TERRAZZAN, E. A. Políticas de material didático no Brasil: organização dos processos de escolha de livros didáticos em escolas públicas de educação básica. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 94, n. 237, p. 585-602, 2013.

ZANI, M. **Física C** Editora Maggioli, 3ª ed. Itália. 2008.

APÊNDICES

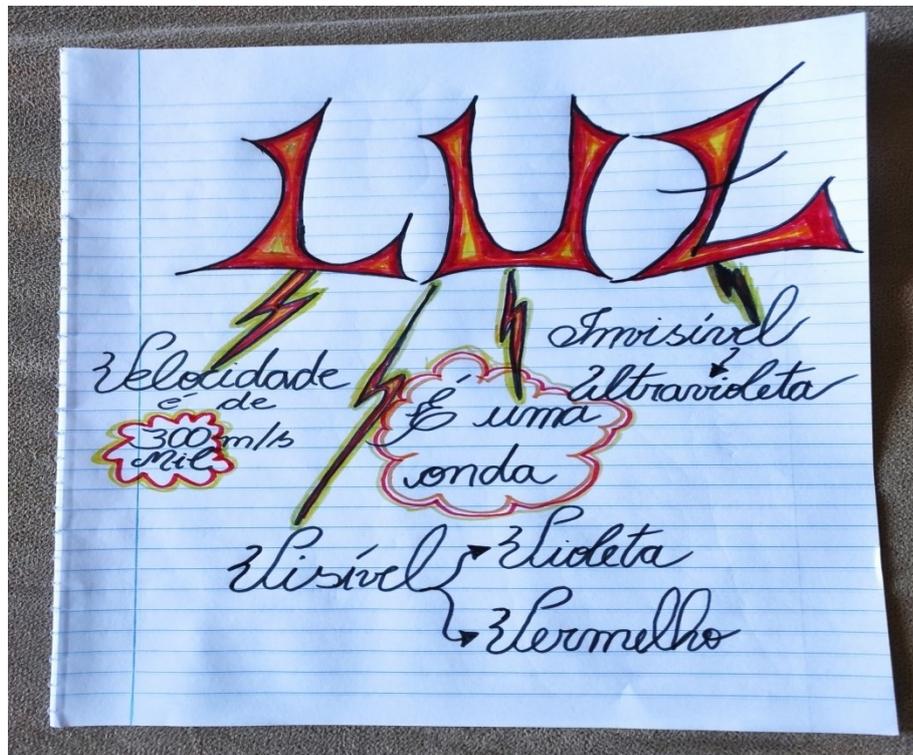
APÊNDICE A: MAPA MENTAL PRODUZIDO PELOS ALUNOS

Figura 22 - Mapa mental produzido pelo aluno A



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 23 - Mapa mental produzido pelo aluno C



Fonte: Autoria própria (2021).

APÊNDICE B: PRODUTO EDUCACIONAL

**PROPOSTA DE ENSINO DE POLARIZAÇÃO DA LUZ COM UTILIZAÇÃO DE
TDIC**

***PROPOSTA DE ENSINO DE POLARIZAÇÃO DA
LUZ COM UTILIZAÇÃO DE TDIC***



JOÃO ALFREDO PEREIRA NETO

JOÃO ALFREDO PEREIRA NETO

**PROPOSTA DE ENSINO DE POLARIZAÇÃO DA LUZ COM UTILIZAÇÃO DE
TDIC**

Produto educacional ¹¹apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 32 do MNPEF - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Ivan Marcelo Laczkowski

**CAMPO MOURÃO
2021**

11



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	73
2	TEORIA ELETROMAGNÉTICA.....	75
2.1	Luz e seus aspectos históricos	75
2.2	Teoria das ondas eletromagnéticas.....	77
2.2.1	Descrição matemática de uma onda eletromagnética.....	79
2.3	Polarização da luz.....	83
2.4	Lei de Malus.....	85
2.5	Kahoot®	85
3	PROPOSTA PARA O PROFESSOR.....	87
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
	REFERÊNCIAS	105

1. INTRODUÇÃO

As relações do homem com o mundo têm sido modificadas significativamente, em razão da presença de novos instrumentos tecnológicos em todos os segmentos sociais, de acordo com Carvalho (2008). Para Coutinho (2005, pág. 35) existem relações complexas no contexto escolar e inserir mudanças neste contexto a partir de introdução de recursos tecnológicos, necessita de fatores que transcendam a simples aquisição de equipamentos ou capacitação por parte dos professores, é preciso que a comunidade escolar ajude a entender, o quanto que o uso das TDIC pode servir para a melhoria do ensino e aprendizado. Neste contexto, é que a escola, precisa estar apta para utilizar de todos os avanços tecnológicos e inseri-los a prática educativa.

De uma forma geral, podemos caracterizar as aulas de Física, que se desenvolvem na maioria de nossas escolas, como atividades cujo foco é excessivamente conteudista e a prática pedagógica é centrada na “transmissão de conhecimentos”. Nessa perspectiva o professor verbaliza explicações de conceitos apresentados nos livros didáticos, resolve e propõe exercícios de fixação e, às vezes, realiza eventuais experimentos e/ou demonstrações para confirmar a teoria exposta. (MONTEIRO, 2016).

Medeiros e Medeiros (2002) destacam que, devido ao fato de a aprendizagem em Física exigir alto grau de abstração, as simulações e animações computacionais, apesar de não se constituírem em solução final para os desafios de se ensinar conceitos científicos, pode ser útil aos processos de ensino e de aprendizagem.

Construímos está sequência didática com foco no ensino de Polarização da Luz para o último ano do Ensino Médio, com o auxílio de TDIC (Tecnologias digitais da informação e comunicação), software, animações com a finalidade de verificar a ocorrência de melhoria no processo de aprendizagem na disciplina de Física, buscando desenvolver a capacidade de interação do aluno com as tecnologias presentes no cotidiano, associando ao aprendizado significativo de Bruner, estruturado em conceitos importantes como Motivação descrita como o meio de especificar experiências que gerem predisposição para aprendizagem, a **Estruturação dos conhecimentos** para estabelecer vias que permitam uma adequação entre os conteúdos e as capacidades de aquisição dos indivíduos

critérios, **Sequência** para apresentar qual a sequência mais eficiente para apresentar as matérias estudadas, o **Reforço** da aprendizagem depende do conhecimento de resultados, no momento e no local em que ele pode ser utilizado para correção. E a **Instrução** que aumenta a oportunidade e a aplicação do conhecimento corretivo, ou seja, a correção dos erros em tempo e local apropriados para que o estudante possa fixar a informação correta.

Assim, este produto educacional tem o objetivo de proporcionar um ensino menos fragmentado, mais dinâmico e mais envolvente sendo necessário que as metodologias de ensino tradicionais sejam alinhadas a metodologias ativas e/ou que sofram alterações e até modificações (VIEIRA, T. 2021).

2. TEORIA ELETROMAGNÉTICA

2.1 Luz e seus aspectos históricos.

Até meados do século XVII, a compreensão humana sobre a luz, tanto ao nível da sua natureza como ao nível da explicação de fenômenos ópticos, evoluiu muito lentamente. Desde o mundo antigo que sabemos que a luz se propaga em linha reta, embora essa ideia estivesse ligada a raios que saíam dos olhos em direção aos objetos de modo a “sentir” esses objetos (RIBEIRO et al. 2015).

Desde o desenvolvimento das primeiras noções e teorias da luz pelos gregos até o século II D.C. seguiu-se um longo período de hibernação científica. Passando por Ibn al-Haitham (963-1039) ou Alhazen, como era conhecido na Europa, esse foi o primeiro a separar luz de visão. Em seu tratado *Kitab al-Manazir* (Livro de Óptica), refutou a lei da refração de Ptolomeu, explicando que apenas se verificava para pequenos ângulos, discutiu a refração atmosférica, explicou o aumento aparente do Sol e da Lua quando perto do horizonte e foi o primeiro a dar uma descrição precisa do funcionamento do olho humano (RIBEIRO et al. 2015).

Erasmus Bartholin em 1669 observou o que viria a ser chamado de polarização da luz, em um cristal de calcita, onde ao incidir luz natural sobre o cristal, produzia duas imagens de um mesmo objeto e, ao rodar o cristal, uma das imagens permanecia fixa enquanto a outra girava ao redor da primeira (AZEVEDO et al. 2010).

O Holandês Christian Huygens (1629–1695) reproduziu o experimento de Bartholin e fez com que, os raios de luz Ao atravessarem um cristal de calcita e incidirem sobre outro cristal de mesmo material, girando-o, produzia uma orientação na qual era produzida uma única imagem (RIBEIRO et al. 2015), demonstrando assim, que a luz que sai de um cristal de calcita não tem as mesmas propriedades que a luz comum.

Em 1690 Huygens apresenta sua teoria ondulatória, *Traité de Lumière*. Onde descreve que, em cada ponto do espaço, a luz excita ondas elementares. Essas excitações funcionam então como fontes secundárias, e assim se propaga a luz. Com sua teoria, Huygens consegue explicar a diferença na velocidade da luz em um

meio mais denso, a refração, a polarização e a birrefringência (RIBEIRO et al. 2015).

Na obra *Opticks* de 1704, Isaac Newton (1642–1727) apresenta a ideia de luz corpuscular, sendo formada por raios que viajam em linha reta e não como ondas. Na teoria de Newton, a propagação em linha reta da luz não era compatível com uma teoria ondulatória (AZEVEDO et al. 2010).

Em 1802, Thomas Young (1773–1829) formulou o princípio da interferência e mostrou, com uma série de experiências engenhosas que, a luz se comporta claramente como uma onda. Explicou a difração da luz, e foi também o primeiro a introduzir a ideia da luz como onda transversal (1817), que era até então vista como uma onda longitudinal (AZEVEDO et al. 2010).

Gaspar et al. (1997), relata que para Young, a luz vibra numa direção perpendicular da qual caminha. Com essa teoria, pode-se explicar o comportamento da luz nos cristais no experimento de Huygens, pois a luz vibra em todas as direções. Em 1801, Thomas Young, utilizando do experimento da dupla fenda, consolida a teoria ondulatória de Huygens.

Etienne-Louis Malus, de origem Francesa, em 1810, com seu experimento demonstra que a luz refletida em uma interface plana entre dois meios poderia ser polarizada, desde que o ângulo de incidência fosse adequado, e que isso aconteceria com praticamente todos os materiais (CROPPER, 2001). Assim, o ângulo de incidência que produz a luz polarizada foi denominado de ângulo de polarização (AZEVEDO et al. 2010).

Em 1864 o físico escocês, James Clerk Maxwell, reuniu os conhecimentos existentes e descobriu as correlações que havia em alguns fenômenos, dando origem à teoria de que eletricidade, magnetismo e óptica são de fato manifestações diferentes do mesmo fenômeno físico. Maxwell conseguiu provar teoricamente que uma perturbação eletromagnética devia se propagar no vácuo com uma velocidade igual à da luz, ou seja, 300.000 km/s. Ele demonstrou que todas as propriedades conhecidas da luz poderiam ser explicadas através de quatro equações, definidas como as equações de Maxwell. Ele provou que a luz visível, assim como outras formas de radiação, tal como a luz ultravioleta e as ondas de rádios, são ondas formadas por campos elétrico e magnético, denominadas ondas eletromagnéticas, que se propagam no espaço. (ZANI, 2008).

A primeira verificação experimental foi feita por Henrich Hertz, em 1887 quando ele produziu ondas eletromagnéticas por meio de circuitos oscilantes e, depois, os detectou por meio de outros circuitos sintonizados na mesma frequência. Seu trabalho foi homenageado posteriormente estabelecendo-se o nome "Hertz" para unidade de frequência.

2.2 Teoria das ondas eletromagnéticas

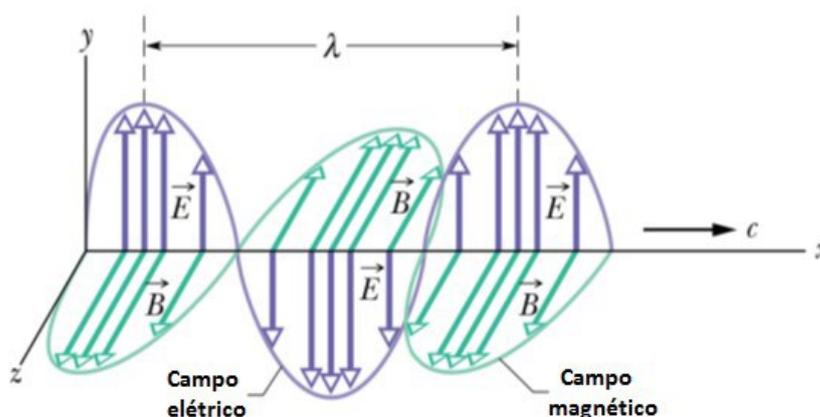
Segundo Soares, (2009). Onda pode ser definida como sendo uma perturbação do meio que se propaga Sendo estas ondas entendidas como pulsos energéticos que se propagam no espaço transportando apenas energia, não havendo transporte de matéria.

A teoria eletromagnética descreve a luz como uma onda transversal, na qual as direções de vibração dos campos elétrico e magnético são perpendiculares à direção de propagação (LACZKOWSKI, 2010).

Para Maxwell, as ondas eletromagnéticas são geradas por cargas elétricas dotadas de aceleração de qualquer tipo. Ondas eletromagnéticas podem ser geradas, por exemplo, por elétrons oscilantes (BISCUOLA, 2014).

Conforme relata Martins, V. C. (2020), uma onda pode ser representada por um "instantâneo" do campo elétrico, e do campo magnético em vários pontos sobre o eixo x , pelos quais a onda passa com velocidade c (explicados na sequência) como na figura 1.

Figura 1 - Representação da onda eletromagnética



Fonte: Adaptado de Halliday, Resnick e Walker 2012¹²

Maxwell (1831-1879) mostrou que todas as propriedades conhecidas da luz poderiam ser explicadas através de quatro equações, conhecidas como as equações de Maxwell. Ele provou que a luz visível, assim como outras formas de radiação, tal como a luz ultravioleta e as ondas de rádios, são ondas formadas por campos elétrico e magnético, denominadas ondas eletromagnéticas, explicação mais detalhada da Figura 1 conforme referência de Halliday & Resnick, 2012.

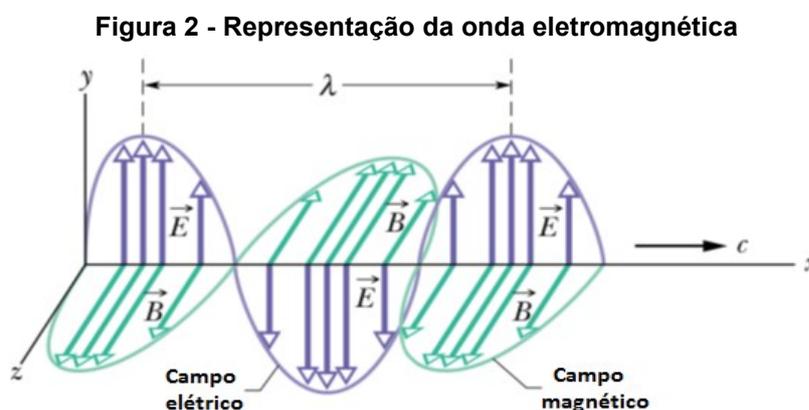
Vamos considerar uma onda eletromagnética viajando na direção x (direção de propagação).

Nesta onda: o campo elétrico (\vec{E}) está na direção do eixo y e o campo magnético (\vec{B}) está na direção do eixo z , assim:

$$E = E_{\text{máx}}(x, t)$$

$$B = B_{\text{máx}}(x, t)$$

Uma onda pode ser representada por um “instantâneo” do campo elétrico \vec{E} , e do campo magnético \vec{B} em vários pontos sobre o eixo x , pelos quais a onda passa com velocidade c , como na figura 2.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker 2012.¹²

Frente de onda:

Duas frentes de onda estão separadas por um comprimento de onda λ . Onde $\lambda = \frac{2\pi}{k}$, na qual k é chamado número de onda. As componentes da onda (\vec{E} e \vec{B})

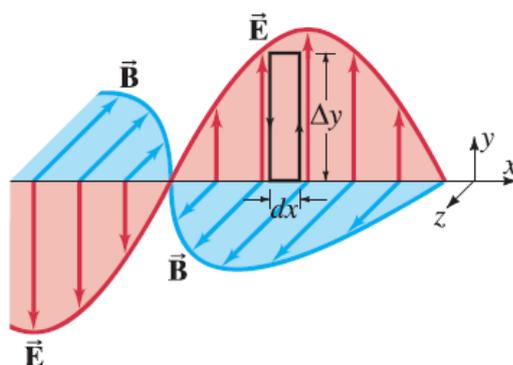
¹² HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf/>. Acesso em: 14 jun. 2019

estão em fase. São perpendiculares entre si, e são perpendiculares à direção de propagação.

2.2.1 Descrição matemática de uma onda eletromagnética

Para simplificar o problema vamos considerar uma onda propagando no vácuo onde não há cargas ou corrente de condução ($q = 0$ e $i = 0$), figura 3.

Figura 3 - Aplicando a lei de Faraday para a espira retangular $(\Delta y)(dx)$.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker 2012 - Adaptada.¹³

Aplicando a lei de Faraday no retângulo de altura Δy e largura dx

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Notamos que nos lados horizontais do retângulo, \vec{E} é perpendicular a $d\vec{s}$, que para nossa demonstração podemos chamar de dx , pois está em apenas uma dimensão.

Logo:

$$\vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 \text{ (produto escalar } E \cdot ds \cdot \cos\theta\text{)}.$$

Para os lados verticais consideramos E o campo elétrico do lado esquerdo e $E + dE$ do lado direito

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = (E + dE)\Delta y - E\Delta y$$

¹³ HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2019

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = E\Delta y + dE\Delta y - E\Delta y$$

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = dE\Delta y$$

Agora o lado direito da equação da lei de Faraday a variação do fluxo magnético através da espira é

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d(B \cdot A \cdot \cos\theta)}{dt}$$

Mas $A = dx \cdot \Delta y$ e $\theta = 0^\circ$, aonde θ ângulo entre o lado vertical e o campo elétrico

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{dB}{dt} dx \Delta y$$

Logo:

$$\int \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$dE\Delta y = -\frac{dB}{dt} dx \Delta y$$

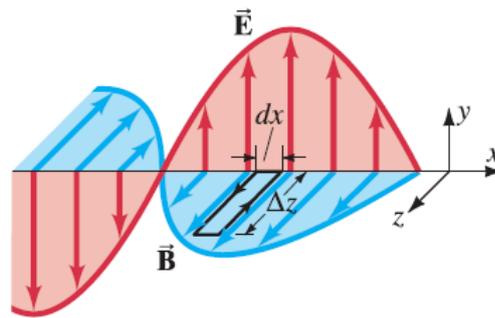
$$\frac{dE}{dx} = -\frac{dB}{dt}$$

Na verdade, ambas as funções E e B são funções de x e t , portanto devemos usar derivadas parciais para reescrever a relação acima:

$$\frac{\partial E}{\partial x} = -\frac{\partial B}{\partial t} \text{ (equação 1)}$$

Podemos obter outra relação entre E e B , considerando agora a espira retangular no plano de \vec{B} , com comprimento Δz e largura dx , figura 4.

Figura 4 - Aplicando a lei de Ampère-Maxwell para essa espira.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker 2012 - Adaptada.¹⁴

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Para os lados horizontais temos B perpendicular a ds (que na imagem é representado por dx devido estar em uma única dimensão) logo:

$$\vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$$

Para os lados verticais seja B o campo magnético do lado esquerdo e $(B + dB)$ do lado direito, assim:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = -[(B + dB)\Delta z - B\Delta z]$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = B\Delta z - (B + dB)\Delta z$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = B\Delta z - B\Delta z - dB\Delta z$$

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = -dB\Delta z \quad (*)$$

Para o lado direito da lei de ampère-maxwell temos:

$$\mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d(E \cdot A \cdot \cos \theta)}{dt}$$

Mas $A = \Delta z \cdot dx$ e $\theta = 0$, portanto:

$$\mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{dE}{dt} dx \cdot \Delta z \quad (**)$$

Igualando * com ** temos:

$$-dB\Delta z = \mu_0 \epsilon_0 \frac{dE}{dt} dx \Delta z$$

$$-\frac{dB}{dx} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{dE}{dt}$$

¹⁴ HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2019

ou

$$\frac{dB}{dx} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{dE}{dt}$$

Assim, as funções E e B são funções de x e t , podemos usar derivadas parciais para reescrever a relação acima:

$$\frac{\partial B}{\partial x} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad (\text{equação 2})$$

Logo podemos concluir que um campo elétrico variável induz um campo magnético também variável, que por sua vez induz um campo elétrico, e assim por diante, dessa forma mantém-se a propagação da onda.

Duas equações são importantes para o estudo das ondas, vamos chamá-las aqui de equação 1 e equação 2,

$$\frac{\partial E}{\partial x} = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad \text{equação 1}$$

$$\frac{\partial B}{\partial x} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad \text{equação 2}$$

Se derivarmos os dois lados da equação 1 em relação à x temos:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial E}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(-\frac{\partial B}{\partial t} \right)$$

Permutando a ordem das derivadas em relação ao tempo e ao espaço:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = -\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial B}{\partial x} \right)$$

mas:

$$\frac{\partial B}{\partial x} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = -\frac{\partial}{\partial t} \left(-\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \right) \quad (\text{equação 3})$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \rightarrow \text{função de onda harmônica}$$

Comparando a função de onda harmônica padrão com a encontrada temos:

$$\frac{d^2 \Psi}{dx^2} = \frac{1}{v^2} \frac{d^2 \Psi}{dt^2}$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad (\text{equação 4})$$

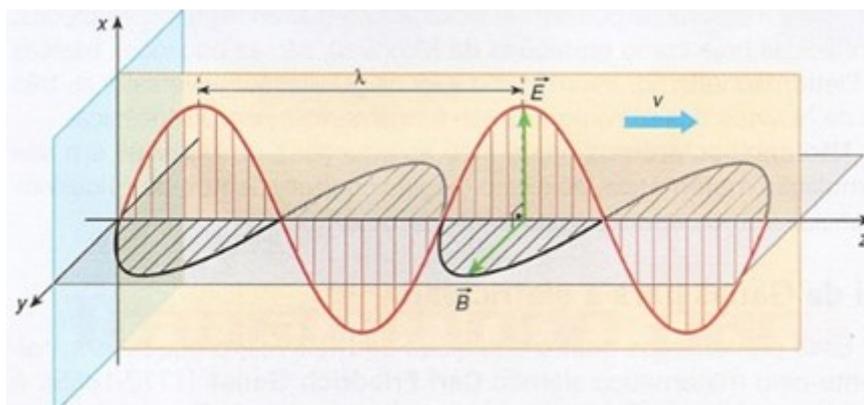
$$\frac{1}{v^2} = \mu_0 \epsilon_0$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \rightarrow \textit{velocidade da luz}$$

Logo temos que o campo elétrico e o campo magnético obedecem à equação de onda deslocando-se com a velocidade da luz.

Nesse sentido pode-se dizer que, ondas eletromagnéticas são formadas pela combinação dos campos magnético e elétrico que se propagam perpendicularmente um em relação ao outro e na direção de propagação da energia, com uma velocidade constante c , figura 5.

Figura 5 - Onda eletromagnética



Fonte: Halliday, Resnick e Walker 2012 - Adaptada.¹⁵

2.3 Polarização da luz

Pode-se afirmar que a polarização de uma onda eletromagnética, diz respeito ao comportamento da direção dos campos elétricos e magnéticos quando analisado num plano perpendicular ao sentido de propagação da onda.

Segundo Halliday et al. (2009, p.13) A polarização pode ser definida como uma propriedade de todas as ondas eletromagnéticas. A luz é uma onda eletromagnética, e como tal é composta de campos elétricos e magnéticos oscilantes, são ondas transversais sendo o vetor campo elétrico \vec{E} , o vetor campo

¹⁵ HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf/>. Acesso em: 14 jun. 2019

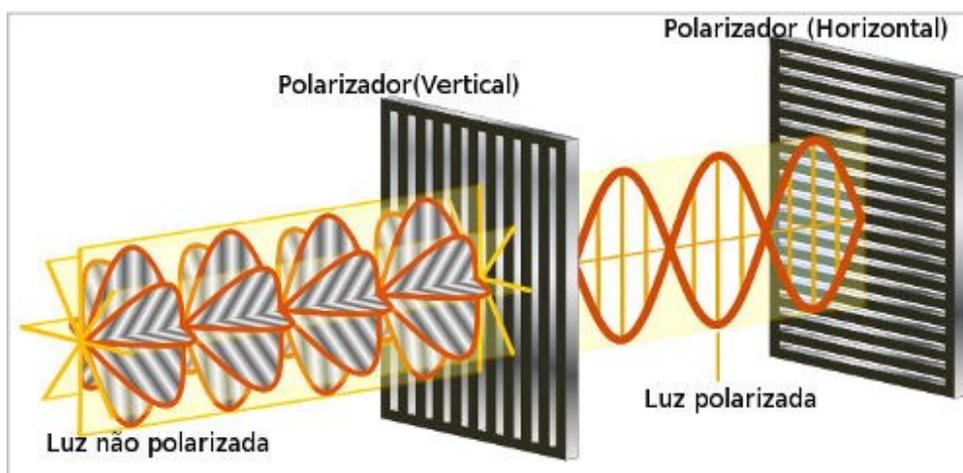
magnético \vec{B} e a direção de propagação \vec{K} são mutuamente perpendiculares. Sabendo-se a direção do campo elétrico e a direção propagação, pode-se determinar a direção do campo magnético. Portanto existem duas variáveis vetoriais importantes para se determinar a direção do campo magnético, o vetor campo elétrico (\vec{E}) e a direção de propagação (\vec{K}).

O campo elétrico sempre estará contido em um plano perpendicular à direção de propagação da onda, sendo representado pela somatória a somatória de suas componentes nas direções x e y. E são estes componentes que irão ocasionar as diferentes formas de polarização de um feixe de luz, de modo circular, linear e elíptica.

Até a metade do século passado, não se fabricavam instrumentos para a polarização da luz porque os materiais polarizadores eram raros e frágeis. No entanto, em 1928, o inventor americano Edwin Herbert Land (1909-1991), ainda estudante, descobriu uma técnica para impregnar esses cristais numa folha de plástico, que denominou **Polaroide**. Quando o plástico é esticado em certa direção, os cristais se alinham nessa mesma direção, que se torna a direção de polarização.

Um modo prático para se obter luz plano-polarizada é fazer uma luz não polarizada atravessar um dispositivo, denominado polarizador (ou polaroide), assim, a direção de vibração do campo elétrico será aquela determinada pelo eixo de transmissão do polarizador (Tipler e Mosca, 2006). Conforme demonstra a figura 6.

Figura 6 - luz natural incidindo sobre o polarizador, sendo observado seu eixo de rotação pelo detector.

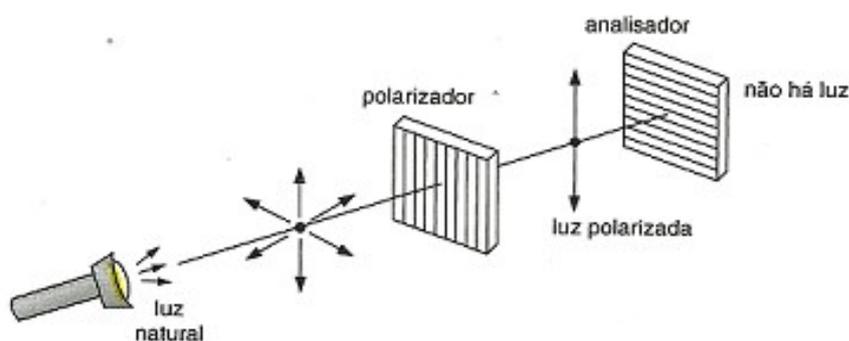


Fonte: TRIPLER, MOSCA (2006)¹⁶

2.4 Lei de Malus:

Ao inserir um segundo polarizador linear, chamado analisador, antes do detector de maneira que o ângulo formado entre os eixos de transmissão dos dois polarizadores seja θ - Figura 7.

Figura 7 – Lei de Malus com a inclusão do Analisador.



Fonte: FERRARO (2021)¹⁷

Quando a amplitude do campo elétrico transmitido pelo primeiro polarizador for E_0 , apenas a sua componente paralela ao eixo de transmissão do segundo polarizador $E_0 \cos \theta$ alcançará o detector (admitindo um polarizador ideal sem absorção). A irradiância no detector será definida pela equação abaixo.

$$I(\theta) = \frac{c \epsilon_0}{2} E_0^2 \cos^2 \theta$$

Esta Equação é conhecida como a Lei de Malus, pois foi publicada pela primeira vez por Etienne Malus, engenheiro militar e capitão do exército de Napoleão, em 1809.

2.5 Kahoot

*Kahoot*¹⁸ é uma aplicação/plataforma disponível na *Internet*, que permite a criação de atividades educativas e gamificadas para a dinamização de exercícios de

¹⁶ TIPLER, P. MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**: LTO, Ótica e Física Moderna. 3ª ed. Rio de Janeiro. LTC, 2006.

¹⁷ FERRARO, N. G.; Os fundamentos da física. **Blogger** 2021. Disponível em: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2017/07/leituras-do%20blog_12.html. Acesso 01 jun. 2021

múltipla escolha, de ordenamento, de perguntas abertas e questionários durante as aulas. (BOTTENTUIT JUNIOR, 2017).

Segundo Bottentuit Junior (2017), para realizar a aula com uso do aplicativo, é necessário, inicialmente, que o professor se aproprie da ferramenta. Logo, o primeiro passo é a criação da sua conta, que poderá ser registrada no próprio *Kahoot*, e necessita apenas de dados básicos, como nome, e-mail e senha.

O *Kahoot* pode ser acessado em qualquer dispositivo com ligação à *Internet*. Nesse sentido, o professor poderá promover atividades tanto no laboratório de informática, quanto dentro de sala de aula.

¹⁸ <https://getkahoot.com/>

3. PROPOSTA PARA O PROFESSOR

Neste manual o educador encontrará as instruções necessárias para fazer uso de uma proposta didática para compreensão da Polarização da Luz no Ensino Médio, em Física Moderna. Esta proposta está pautada na teoria de aprendizagem por descoberta de Jerome Bruner, onde segundo Bruner (1969,73, 76), *“é possível ensinar qualquer assunto, de uma maneira intelectualmente honesta, a qualquer criança em qualquer estágio de desenvolvimento”*.

Moreira (2000, p.5), afirma que “o aluno não é um receptor passivo”. “Ele deve fazer uso dos conhecimentos que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos”.

A proposta didática foi dividida em cinco aulas, de cinquenta minutos cada, divididas em três Momentos, sendo o Momento 1 composto de uma aula, o Momento 2 e 3 em duas aulas cada, apresentadas através de projeção de slides. A proposta didática foi elaborada para ser aplicada na 3ª série do Ensino Médio.

Esperamos, com essa proposta didática, auxiliar os professores que desejam aplicar temas referentes à introdução da Polarização da Luz – ondas eletromagnéticas no conteúdo de Física Moderna. A ficha técnica da proposta está apresentada no quadro 1.

Quadro 1 Ficha técnica da proposta didática.

FICHA TECNICA: PROPOSTA DE ENSINO DE POLARIZAÇÃO DA LUZ COM UTILIZAÇÃO DE TDIC'S		
Forma da Atividade:	Híbrida, Alunos presenciais e Online.	
Publico Alvo:	Alunos do 3º Ano do Ensino Médio	
Objetivos Gerais:	Produzir um Material Didático pedagógico, sobre Polarização da Luz para os Alunos do 3º ano do Ensino Médio.	
Conteúdos Prévios:	Noções de Ondas Eletromagnéticas e Fenômenos Ondulatórios	
Inserções da BNCC (BRASIL, 2018).		
CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO		HABILIDADES:

ENSINO MÉDIO – MATÉRIA E ENERGIA	COMPETENCIA 3	(EM13CNT301) (EM13CNT307) (EM13CNT308)
AVALIAÇÃO	Produzir um mapa conceitual que apresente os conceitos trabalhados na Proposta Didática.	

Fonte: Autoria própria (2021)

As competências e habilidades apresentadas na proposta no quadro 1 estão em consonância com a proposta da BNCC (BRASIL, 2018) para o novo Ensino Médio, e estão detalhadas na sequência.

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO: COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS E HABILIDADES.

Em Matéria e Energia, no Ensino Médio, diversificam-se as situações-problema, referidas nas competências específicas e nas habilidades, incluindo-se aquelas que permitem a aplicação de modelos com maior nível de abstração e que buscam explicar, analisar e prever os efeitos das interações e relações entre matéria e energia (por exemplo, analisar matrizes energéticas ou realizar previsões sobre a condutibilidade elétrica e térmica de materiais, sobre o comportamento dos elétrons frente à absorção de energia luminosa, sobre o comportamento dos gases frente a alterações de pressão ou temperatura, ou ainda sobre as consequências de emissões radioativas no ambiente e na saúde).

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Habilidades

- **(EM13CNT301)** Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir,

avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

- **(EM13CNT307)** Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.
- **(EM13CNT308)** Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

A seguir no quadro 2 apresentamos a estrutura da organização dos planos de aula da proposta didática que poder realizada em 3 Encontros.

Quadro 2: Estrutura da Proposta Didática.

<p>1ª ENCONTRO:</p> <p>Duração: 1 hora aula</p>	<p style="text-align: center;">MOTIVAÇÃO PARA APRENDIZAGEM</p> <p>Para este encontro o professor pode separar a turma em pequenos grupos, se presencial e apresentar o vídeo com a situação problema sobre a Polarização da Luz, (https://www.youtube.com/watch?v=aP6rBn3j5Po) em seguida solicitar que os alunos discutam no seu pequeno grupo ou individualmente, as respostas sobre os questionamentos realizados sobre o vídeo, e a construção de um mapa mental sobre os conceitos de Física envolvido (item opcional).</p>
<p>2º ENCONTRO</p> <p>Duração: 2 horas aulas</p>	<p style="text-align: center;">ESTRUTURAÇÃO DO CONHECIMENTO E SEQUÊNCIA</p> <p>Proposta para aula de forma Híbrida, presencial ou Online, em grupos pequenos ou de forma individual, composta de aula dialogada sobre o tema, aspectos Históricos da Polarização da luz, Gifs e para tratar da natureza ondulatória da luz se trabalhará os simuladores (https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-</p>

	intro/latest/waves-intro_pt_BR.html)
3º ENCONTRO Duração: 2 horas aulas	INSTRUÇÃO OU REFORÇO Realizar atividades práticas e tecnológicas sobre luz polarizada e polarização em pequenos grupos se presencialmente, para reforçar o aprendizado do tema. A instrução através de uma hora aula prática de experimento com polarizador conforme roteiro do experimento realizado com película polarizadora. Reforço: Questões no Kahoot como reforço e avaliação do conteúdo através de Mapa Mental como Fechamento.

Fonte: Autoria própria (2021)

PRIMEIRO ENCONTRO

Objetivos

- Apresentar o Vídeo Motivacional e levantar o conhecimento prévio dos alunos, com as questões problemas.
- Analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo de ondas eletromagnéticas em geral e sobre a luz polarizada em específico.

Iniciar com a apresentação do tema, e pedir para os alunos que em grupo ou individualmente, dependendo da forma de aula, se presencial, híbrida ou remota, assistam ao vídeo motivacional Figura 8, como forma de instigar (descobrir) os conhecimentos dos alunos a respeito da luz, suas características e aplicação quanto a Polarização.

Figura 8 - Vídeo Motivacional inicial



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=aP6rBn3j5Po>

OBS: Após assistirem o vídeo motivacional, os alunos devem trazer ao grande grupo os apontamentos e conceitos Físicos relacionados ao Vídeo.

Questões Problemas

1 - Existe alguma relação entre a intensidade do feixe observado e o ângulo formado pelas direções de transmissão dos dois polarizadores? Caso existe qual é esta relação?

2 - No seu dia-dia onde se aplica isso em um conceito de tecnologia?

3 – É possível durante um dia ensolarado, colocar um óculos escuro e não enxergar nada?

SEGUNDO ENCONTRO

Objetivos

- Apresentar os aspectos históricos e teóricos da polarização Luz, Gifs e Simulador PhetColorado,
- Realizar a estruturação do conhecimento com aulas dialogadas expositivas e que os estudantes saibam definir os conceitos de Ondas eletromagnéticas e diferenciar ondas polarizadas de ondas não polarizadas.

Para iniciar este Momento, trazer os conceitos apresentados no Momento anterior, após apresentar os aspectos históricos da Polarização da Luz, juntamente com o conhecimento Científico.

Aspectos Históricos e Teóricos da Polarização da Luz

Até meados do século XVII, a compreensão humana sobre a luz, tanto ao nível da sua natureza como ao nível da explicação de fenômenos ópticos, evoluiu muito lentamente. Desde o mundo antigo que sabemos que a luz se propaga em linha reta, embora essa ideia estivesse ligada a raios que saíam dos olhos em direção aos objetos de modo a “sentir” esses objetos (RIBEIRO et al. 2015).

Erasmus Bartholin em 1669 observou o que viria a ser chamado de polarização da luz, em um cristal de calcita, (figura 9) onde ao incidir luz natural sobre o cristal, produzia duas imagens de um mesmo objeto e, ao rodar o cristal, uma das imagens permanecia fixa enquanto a outra girava ao redor da primeira (AZEVEDO et al. 2010).

Figura 9 - Cristal de Calcita

Fonte: ORGANITESPOA (2021)¹⁹

O Holandês Christian Huygens (1629–1695) reproduziu o experimento de Bartholin, e fez com que, os raios de luz ao atravessavam um cristal de calcita, incidirem sobre outro cristal de calcita e, ao girar o segundo cristal, havia uma orientação em que era produzida uma única imagem (RIBEIRO et al. 2015), demonstrando assim, que a luz que sai de um cristal de calcita não tem as mesmas propriedades que a luz comum.

Na obra Opticks de 1704. Isaac Newton (1642–1727) apresenta a ideia de luz corpuscular (Figura 10), sendo formada por raios que viajam em linha reta e não como ondas. Na teoria de Newton, a propagação em linha reta da luz não era compatível com uma teoria ondulatória (AZEVEDO et al. 2010).

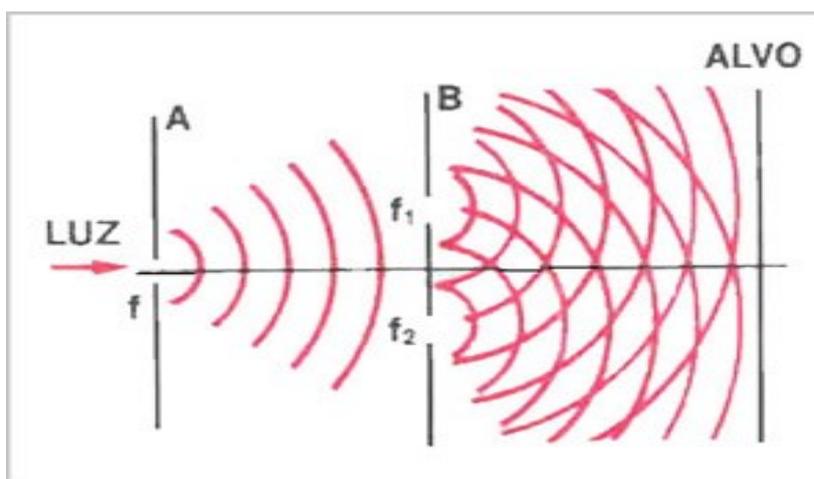
Figura 10 - Newton e a luz corpuscular.

Fonte: <https://universoracionalista.org/como-isaac-newton-mudou-o-mundo-enquanto-estava-em-quarentena/> Acesso 17 maio 2021

¹⁹Disponível em: <https://organitespoa.com.br/produto/cristal-de-calcita-otica/> Acesso 17 maio 2021

Em 1802, Thomas Young (1773–1829) formulou o princípio da interferência (Figura 11) e mostrou, com uma série de experiências engenhosas, que a luz se comporta claramente como uma onda. Explicou a difração da luz, e foi também o primeiro a introduzir a ideia da luz como onda transversal (1817), que era até então vista como uma onda longitudinal (AZEVEDO et al. 2010).

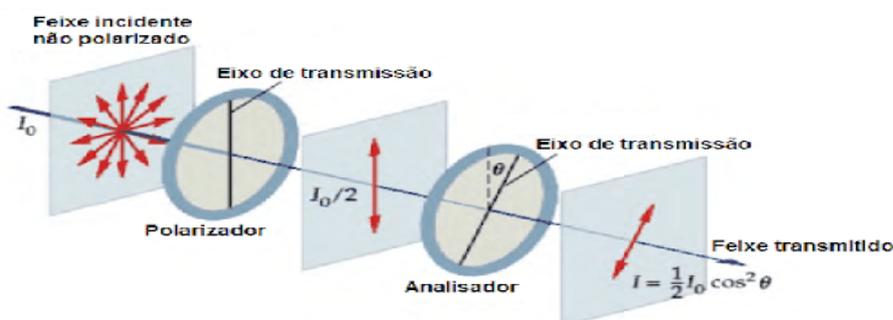
Figura 11 - Experiência de Yong



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-experiencia-young.htm> Acesso 17 maio 2021

Etienne-Louis Malus, de origem Francesa, em 1810, com seu experimento demonstra que a luz refletida em uma interface plana entre dois meios poderia ser polarizada (figura 12), desde que o ângulo de incidência fosse adequado, e que isso aconteceria com praticamente todos os materiais (CROPPER, 2001). Assim, o ângulo de incidência que produz luz polarizada foi denominado de ângulo de polarização (AZEVEDO et al. 2010).

Figura 12 - Experimento de Malus



Fonte: <http://www.vivacity.com.br/>²⁰

Obs.: Neste Momento trazer o conhecimento sobre a Lei de Malus:

+ de 1 Polarizador $I = \frac{I_0}{2} \cos^2 \theta$

Onda Polarizada: Onda que possui apenas *uma direção* de vibração para uma direção de propagação.

Onda não polarizada: Onda que possui *mais de uma direção de vibração* para uma direção de propagação

COMENTÁRIOS

Polarizar uma onda é fazer com que uma onda não polarizada (várias direções de vibração) se transforme em uma onda polarizada (uma direção de vibração).

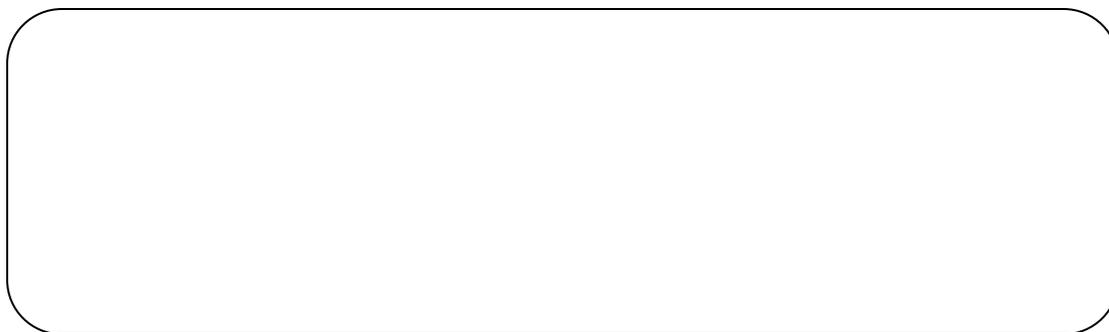
Onda não polarizada: possui várias direções de vibração para apenas uma direção de propagação. Comentar que todas as direções de vibração são perpendiculares à direção de propagação.

Apresentar os *Gifs* (anexo) de animação sobre a Polarização, trazendo os conceitos de Onda Polarizada. Após solicitar aos alunos que respondam as questões abaixo.

1 – O que é Polarizar uma onda?

2- Qual a Diferença entre uma onda polarizada e uma não polarizada?

3- Qual é a incidência máxima segundo a Lei de Malus para uma lente Polarizada com θ de 45° ?



Simulador

O projeto *PhET - Interactive Simulations (Physics Education Technology)* é uma iniciativa da Universidade do Colorado que provê um pacote de simulações auxiliares ao processo de Ensino de Ciências (Física, Química, Matemática, Biologia). Segue link de como utilizar o Simulador e outros exemplos de questões. <https://phet.colorado.edu/en/simulations/waves-intro/activities>

Para retomar os conceitos de Luz e onda eletromagnética (Figura 13), utilizar o Simulador da *PhetColorado*, onde pode-se apresentar conceitos como:

- Frequência como o número de ondas que ocorrem em um intervalo de tempo;
- Amplitude como a altura da onda;
- Comprimento de onda como distância entre cada crista ou vale de onda;
- Interferência como o encontro simultâneo de ondas;

Figura 13 - Simulador de Onda eletromagnética



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_pt_BR.html

Questões sobre o Simulador

1 - Em sua opinião, que grandeza física oscila durante a propagação das ondas luminosas?

2 - O campo de visualização representa o lugar onde as ondas se propagam. Em sua opinião, que tipo de material poderia preencher o espaço através do qual as ondas luminosas se propagam. O espaço poderia estar vazio?

Obs.: Após os alunos responderem as questões, propor que os mesmos se juntem em grupos de três ou quatro integrantes e comparem suas respostas abrindo ao grande grupo as conclusões as quais chegaram.

TERCEIRO ENCONTRO

Objetivos

Apresentar os Experimentos com Polarizadores, aplicação de questões com o uso do *Kahoot*[®] e confecção do mapa mental como forma de levantar os conhecimentos adquiridos pelos alunos.

Para este terceiro encontro, realizar atividades práticas e tecnológicas sobre luz polarizada e polarização em pequenos grupos se presencialmente, para reforçar o aprendizado do tema. Com base na teoria de aprendizagem de Bruner, para a **Instrução** terá a duração de uma hora aula prática de experimento com polarizador conforme roteiro do experimento realizado com película polarizadora. Para o

Reforço as questões no *Kahoot* e avaliação do conteúdo através de Mapa Mental como Fechamento.

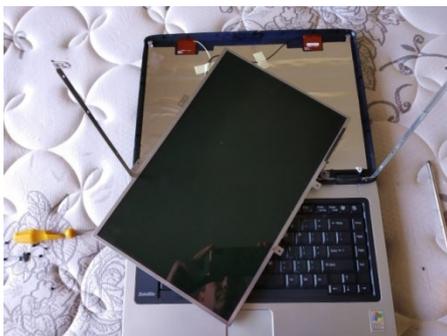
Objetivos com os Experimentos.

O objetivo destas primeiras experiências é que o estudante caracterize o estado de polarização da radiação que recebe das diferentes fontes de luz a seu alcance, usando um filtro polarizador como “detector de luz polarizada”. Introduce-se, assim, o conceito de luz total ou parcialmente polarizada e aprofunda-se no estudo de um modelo de emissão da luz.

EXPERIMENTO 1: Análise do estado de polarização de uma radiação luminosa

Para este experimento, o material utilizado foi retirado da tela de um notebook “lixo eletrônico” figura 14, que pode ser retirado durante realização do experimento, se o professor achar conveniente, Caso a turma seja grande a aquisição de filmes polarizadores não tem custo elevado, sendo acessível e de fácil encontro.

Figura 14 - Notebook (lixo eletrônico) para retirada da película polarizadora



Fonte: Autoria própria (2021)

Elementos necessários

- Um filtro polarizador, e fonte Luminosa (celular, lâmpadas, Luz Natural).
- Link Vídeo Demonstrativo: <https://youtu.be/UOpsFA0iPsU>

Procedimento

Os estudantes devem observar através do filtro polarizador, fazendo-o girar orientado para diferentes fontes de luz (figura 15), uma lâmpada de filamento incandescente, um tubo fluorescente, lanterna do celular a luz refletida em uma mesa, na borda de uma janela ou em qualquer superfície. Pode-se observar o diferente grau de polarização de diferentes zonas do céu, caso esteja sem nuvens.

Figura 15: Filtro Polarizador e fonte de Luz



Fonte: Autoria própria (2021)

Questões sobre o Experimento 1

1 - Observe agora com auxílio do polarizador outra fonte luminosa (tela do computador ligado, luz solar) Analise o que você observa com cada fonte: a intensidade transmitida pelo polarizador muda à medida que este é girado?

2 - O que se pode dizer do estado de polarização da luz proveniente das diferentes fontes?

3 - Proponha alguma analogia que conheça com a utilização da polarização da luz.

EXPERIMENTO 2: A lei de Malus e um modelo da onda

Elementos necessários

- Dois polarizadores;
- Uma fonte de luz
- Vídeo demonstrativo <https://youtu.be/4rql6UL1r2o>

Procedimento

Os alunos devem olhar para uma fonte de luz através de dois polaroides (figura 16). Para isso deve Fixar a posição do primeiro (isto significa fixar uma direção de transmissão) e em seguida, gire lentamente o segundo polaroide (analisador). Registre a atentamente o que você observe. Relacione a intensidade transmitida com o ângulo entre os polaroides.

Figura 16: Fonte luminosa e polarizadores



Fonte: Autoria própria (2021)

Questões sobre o Experimento 2

1 - Qual a dependência entre a intensidade do feixe observado e o ângulo formado pelas direções de transmissão dos dois polarizadores?

2 - Que modelo é utilizado para representar a onda luminosa tal que possa explicar a relação encontrada?

Obs.: Após realizarem o experimento, o professor deve discutir com os alunos os resultados e então concluir com eles os conceitos de Física envolvidos.

QUESTÕES COM O KAHOOT®

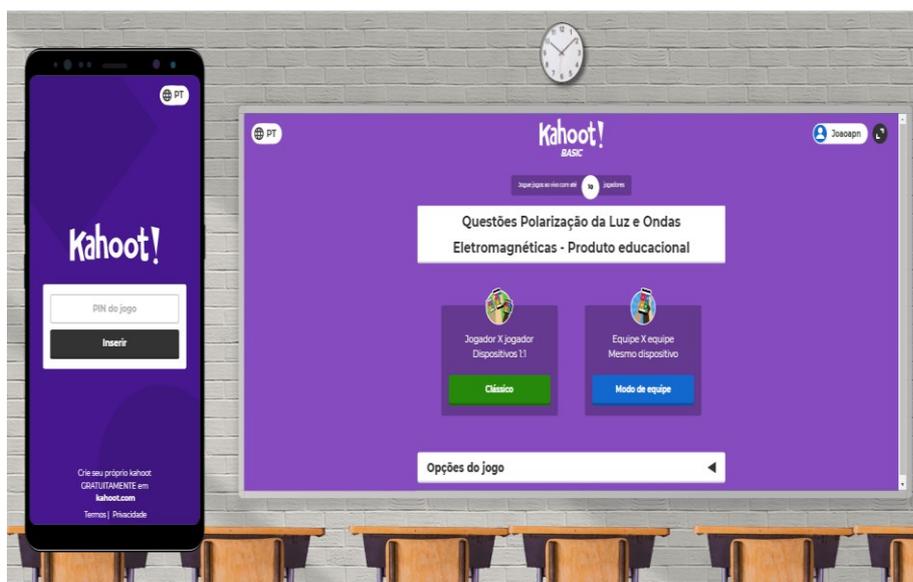
O *Kahoot*²¹ é uma aplicação/plataforma disponível na *Internet*, que permite a criação de atividades educativas e gamificadas para a dinamização de exercícios de múltipla escolha, de ordenamento, de perguntas abertas e questionários durante as aulas. (BOTTENTUIT JUNIOR, 2017).

Para ter acesso ao site é necessário que os usuários (o professor) façam um *login* e senha, para poder criar perguntas e atividades, os alunos podem ter acesso às atividades, criadas por seus professores, através do site www.kahoot.it ou aplicativo do *Kahoot* onde terão acesso ao jogo com o código PIN que é gerado para cada atividade pelo professor.

O *Kahoot* pode ser acessado em qualquer dispositivo com ligação à *Internet*. Nesse sentido, o professor poderá promover atividades tanto no laboratório de informática, quanto dentro de sala de aula.

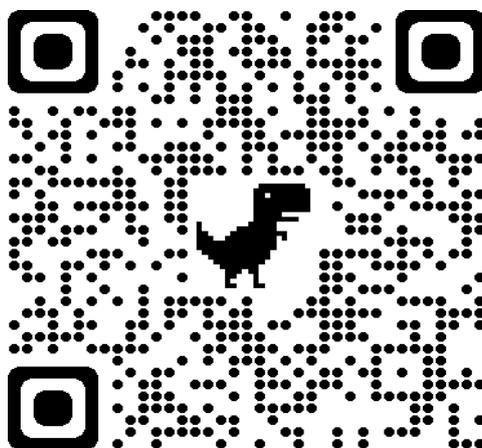
²¹ <https://getkahoot.com>

Modelo de Quiz para Polarização da Luz e Ondas Eletromagnéticas.



<https://create.kahoot.it/share/questoes-polarizacao-da-luz-e-ondas-eletromagneticas-produto-educacional/9949b511-00ed-47a2-90d6-cd52d4623c75>

Acesso Via QR Code ao Kahoot®



Obs.: A utilização do *Kahoot* pela 1ª vez pelos alunos pode ter certa dificuldade em relação ao acesso, devido a questões de Internet e conexão, mas de forma. Geral, é muito bem aceita esta forma de aprendizagem.

AVALIAÇÃO ATRAVÉS DE MAPA MENTAL

Um mapa mental deve ser entendido segundo Fenner (2018), como uma ferramenta para a organização de informações (ideias) que ocorrem na estrutura cognitiva do sujeito de forma não linear. No mapa a ideia principal que também pode ser chamada de termo indutor é colocada no centro de uma folha de papel e as relações são feitas a partir dele em forma de teia, que podem ser palavras-chave, equações, desenhos, sempre utilizando muitas cores para a confecção do mesmo.

Como fechamento da sequência didática e forma de Reforço proposto por Bruner, a confecção de um mapa mental pelos alunos estará sendo utilizada como forma de avaliar os conceitos adquiridos e retornar os apresentados durante os encontros.

Comentário

O professor deve confeccionar um mapa mental inicial com os temas que pretende trabalhar durante os encontros para ter como referencial de conceitos apresentados pelos alunos, ao final da aula. Assim buscar verificar a abrangência dos assuntos tratados, a inserção de ideias próprias e a utilização de técnicas (cores, símbolos, imagens, desenhos, equações) que facilitam o aprendizado, conforme critérios citados por Buzan (2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção desse produto educacional teve como finalidade de implementar uma sequência didática sobre polarização da Luz e a sua natureza ondulatória, trazendo ferramentas contemporâneas para o ensino de Física, utilizando-se do ensino remoto (*Online*) que está em curso no País e implementado no estado do Paraná. Busca oferecer aos professores e estudantes um material complementar e alternativo que possa ser utilizado, juntamente com outros materiais, na abordagem do conteúdo nele inerente as atividades experimentais são simples e de baixo custo, que servem para organizar os conhecimentos cotidianos dos alunos para a aprendizagem por descoberta de novos conhecimentos científicos.

Essa proposta tem a intenção de despertar o interesse do aluno pelo estudo, bem como, para gerar uma aprendizagem efetiva, contribuir para um ensino por descoberta de maneira prática, dinâmica e concisa.

Esperamos que outros professores possam utilizar o material, adequando para sua realidade e contribuindo para o processo de ensino e aprendizagem de Polarização da Luz, demonstrando conforme relato de Camara (2017, p.17), que a Física não se resume apenas em resolução de exercícios de Física, mas, também, no uso de experimentação e tecnologia na sala de aula.

REFERENCIAS

- ARAUJO, A.; SALES, G.; SILVA, J. **Tecnologias digitais no Ensino de Física**: um relato de experiência utilizando o Kahoot como ferramenta de avaliação gamificada. *Research, Society and Development*. 7. 7711456. 10.17648/rsd-v7i11.456. 2018
- AZEVEDO, Eduardo Ribeiro de et al. **Utilização de um espectrógrafo de projeção como uma ferramenta para contagens sobre polarização da luz**. *Quím. Nova* [online]. 2010, vol.33, n.5, pp.1204-1210. ISSN 0100-4042. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000500036> . Acesso em 27 maio 2021.
- BATISTA, M. C.; **A experimentação no ensino de física**: modelando um ambiente de aprendizagem, 2009. 82 f. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.
- BISCUOLA, G. J.; **Conecte Física 3**. 2ª ed. Ed. Saraiva – São Paulo, 2014.
- BOTTENTUIT JUNIOR, J. B.; **O Aplicativo Kahoot na Educação**: verificando os conhecimentos dos alunos em tempo real. In: Maria João Gomes; Antonio José Osório; Antonio Luis Valente. (Org.). *Challenges 2017: Aprender nas Nuvens, Learning in the Clouds*. 15ed. Braga - Portugal: Universidade do Minho - UMINHO, 2017, v. , p. 1587-1602.
- BUZAN, Tony. **Mapas Mentais**/Tony Buzan [Tradução de Paulo Polzonoff Jr.]. Rio de Janeiro, 2009. Ed. Sextante.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília: MEC. 2013.
- BRUNER, J.S. (1966). **The Process of Education**. Harward University press Cambridge: 1966. 10ª Impressão.
- BRUNER, J.S. (1969). **Uma nova teoria da aprendizagem**. Rio de Janeiro: Bloch.
- BRUNER, J.S. (2008). Sobre o Conhecimento: **Ensaio de mãos esquerda**. São Paulo: Phorte
- CAMARA, A. P. V. **Experimentação no ensino de química**: elaboração de um material paradidático para o ensino médio com o tema: petróleo e seus derivados. (Monografia de graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.

CARVALHO, Rosiani. **As tecnologias no cotidiano escolar: possibilidades de articular o trabalho pedagógico aos recursos tecnológicos.** In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense, 2008. Curitiba: SEED/PR., 2011. V.1.(CadernosPDE). ISBN 978-85-8015-039-1.

COLOMBO, E. JAÉN, M. - Polarização Da Luz: Uma Proposta De Experiências Simples - Publicado no **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 8, n. 1, abr. 1991.

COUTINHO, Carlos Nelson. Notas sobre cidadania e modernidade. **Revista Àgora – Políticas públicas e Serviço Social**, Ano. 2, Vol.3, dez. 2005.

CROPPER, W. H. ; **Grandes físicos**; 1ª ed., Oxford University Press: Oxford, 2001

DAROS, T. **Metodologias ativas**: aspectos históricos e desafios atuais. In: CAMARGO, F.; DAROS, T (orgs.). A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 8-12.

FENNER, G.. **Mapas Mentais - Potencializando ideias.** 1. ed. RIO DE JANEIRO: Brasport Livros e Multimídia, 2018. v. 1. 336p .

HALLIDAY, D. RESNICK; WALKER, R. J. **Fundamentos de física.** 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2012. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/vmalves/files/2019/03/Halliday-Vol-1-4%C2%BA-Edi%C3%A7%C3%A3o.pdf/>. Acesso em: 14 jun. 2021

Integração das Tecnologias na Educação/ Secretaria de Educação a Distância. Brasília: Ministério da Educação, Seed, 2005. 204 p.; il.

LACZKOWSKI, I. M. - **Efeito magneto-óptico em mistura binária dopada com ferrofluido** – UEM. Maringá, 2010.

LACZKOWSKI, M. S.; LACZKOWSKI, I. M.; ZIMMER, F. C. - Sala de aula invertida e sua contribuição no ensino de Ciências em Química e Física. **Revista Pontes**, v. 6, p. 186-197, 2019.

LÜDKE, M. ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação**: abordagens qualitativas. 2 ed. São Paulo: E.P.U., 2014.

MEDEIROS, A; MEDEIROS, C. F. de; Possibilidades e limitações das simulações computacionais no Ensino de Física – **Revista Brasileira de Ensino de Física** – São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

MONTEIRO, M. A. A. O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** Vol. 16, No 1, 2016.

MOREIRA, M. A. (1999). **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU.

Moreira, M. A. (2005) **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS

NETO, J. G. P. ; VIEIRA, A. N. O. ; SIQUEIRA, M. C. A. . Análise dos conteúdos de física moderna e contemporânea presentes em quatro coleções de livros didáticos aprovadas no PNLEM 2009 e nos PNLDS 2012, 2015 e 2018. **Revista Scientiatec**, v. 6, p. 79-103, 2019.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. New York, NY: Cambridge University Press, 1984.

PEREIRA, W. H. S.; LONDERO, L. **A Física Produzida no Brasil nas Coleções Didáticas do Programa Nacional do Livro Didático (2018-2020)**. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (online), v. 21, p. 1-27, 2019.

RIBEIRO, R, A.; COELHO, L,; BERTALOM, O,; ANDRE, R,;. **Luz: História, Natureza e Aplicações**. Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, vol. 39, n. 1, p.6-12, 2015.

SOARES, S. M. **Introdução de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio por Meio do Estudo de Ondas Eletromagnéticas**. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da UNB. Brasília-DF. 2009.

VIEIRA, Taisy Fernandes. **Estudo de uma proposta didática interdisciplinar para o ensino de Física e Astronomia no Ensino Médio**. 2021. 207 fls. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2021.

TIPLER, P. MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**: LTO, Ótica e Física Moderna. 3ª ed. Rio de Janeiro. LTC, 2006.

THOMAS, C. (2014). **Kahoot!** Disponível em <https://www.graphite.org/website/kahoot>. Acesso em 15 de abr. 2021

VALENTE, Ligia; BARCELLOS, Marcília Elis ; SALÉM, Sônia ; KAWAMURA, Maria Regina . **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Expectativas e tendências**. In: VI ENPEC, 2007, Florianópolis. Física moderna e contemporânea no ensino médio: expectativas e tendências, 2007.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998

ZAMBON, L. B.; TERRAZZAN, E. A. Políticas de material didático no Brasil: organização dos processos de escolha de livros didáticos em escolas públicas de educação básica. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 94, n. 237, p. 585-602, 2013.

ZANI, M. **Física C** Editora Maggioli, 3ª ed. Itália. 2008.