



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE CAXIAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA E FÍSICA

LUZIANE DA SILVA MORAIS

**APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM DE
CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Caxias - MA

2025

LUZIANE DA SILVA MORAIS

**APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM DE
CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à direção do curso de Física
da Universidade Estadual do Maranhão –
UEMA Campus Caxias, como requisito
para obtenção de grau em Licenciatura em
Física.

Orientador: Prof. Dr. Iure da Silva Carvalho

Caxias - MA

2025

M828a Moraes, Luziane da Silva

Aplicação de uma sequência didática para a aprendizagem de conceitos de Física moderna no ensino médio / Luziane da Silva Moraes. __Caxias: Campus Caxias, 2025.

54f.

Monografia (Graduação) – Universidade Estadual do Maranhão – Campus Caxias, Curso de Licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Dr. Iure da Silva Carvalho.

1. Física moderna. 2. Ensino médio. 3. Aprendizagem significativa. I. Título.

CDU 53:373.53

LUZIANE DA SILVA MORAIS

**APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM DE
CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à direção do curso de Física
da Universidade Estadual do Maranhão –
UEMA Campus Caxias, como requisito
para obtenção de grau em Licenciatura em
Física.

Orientador: Prof. Dr. Iure da Silva Carvalho

Aprovada em: 14/02/2025

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente
IURE DA SILVA CARVALHO
Data: 13/03/2025 15:36:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Iure da Silva Carvalho (Orientador)
Doutor em Física
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA



Documento assinado digitalmente
JOAO ALBERTO SANTOS PORTO
Data: 13/03/2025 10:57:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Alberto Santos Porto (Avaliador interno)
Doutor em Ciências e Engenharia de Materiais
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA



Documento assinado digitalmente
PEDRO HENRIQUE MACEDO BARROS
Data: 06/03/2025 22:14:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Pedro Henrique Macedo Barros (Avaliador interno)
Mestre em Física
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela dádiva da vida e por ter concedido, através de sua infinita bondade o potencial de concretizar mais uma conquista em nossa vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Iure da Silva Carvalho pelo trabalho e dedicação.

Ao meu esposo Maurício pela paciência que teve comigo durante essa jornada.

Aos meus familiares minha mãe Maria Lindalva, meu pai Raimundo, minhas irmãs/comadres Leidiane e Marta (por nunca duvidar da minha capacidade) e as minhas amigas: Andreia Tamires, Maria Luisa, Emily Bianca, Bianka Brito e ao meu amigo Moisés Galvão e João Emanuel pelo o apoio.

Aos meus professores Edimar Serra, Juliermes Carvalho, João Porto, Giovanne, Paulo Afonso e Mateus Rêgo.

Por fim, agradeço a Uema e a minha turma de 2020.1 que proporcionaram avançar mais um passo nessa trajetória.

“A imaginação é mais importante que o conhecimento”.

Albert Einstein

RESUMO

O ensino de Física Moderna vem ao longo dos anos passando por desafios e dificuldades enfrentadas na educação básica pela não abordagem desses conteúdos, visto que o seu entendimento aparece como uma necessidade para compreender os fenômenos ligados a situações vividas pelos estudantes. Visando melhorar o ensino e aprendizagem dos alunos, tem-se buscado gerar novas abordagens que promovam a aprendizagem significativa desses alunos. A pesquisa foi desenvolvida em uma escola da rede pública estadual, localizada na cidade de Caxias. O trabalho teve como orientação metodológica a pesquisa quantitativa, utilizando-se como instrumento de avaliação um questionário. Com isso, o objetivo deste trabalho é propor uma sequência didática de ensino e aprendizagem de forma exploratória e sequencial de conteúdos de Física Moderna contemplando os assuntos sobre o efeito fotoelétrico e dualidade onda partícula. Espera-se que o presente trabalho sirva para auxiliar os professores de Física do Ensino Médio, na mediação do processo de construção do conhecimento em física moderna, dando-lhes condições para envolver os alunos no mundo da Ciência.

Palavras-Chaves: Física Moderna, Ensino Médio e Aprendizagem significativa.

ABSTRACT

The teaching of Modern Physics has faced challenges and difficulties over the years, due to the lack of coverage of these contents, since their understanding appears as a necessity to understand the phenomena related to situations experienced by students. Aiming to improve teaching and learning for students, we have sought to generate new approaches that promote meaningful learning for these students. The research was developed in a state public school, located in the city of Caxias. The work had quantitative research as its methodological orientation, using a questionnaire as an evaluation instrument. Thus, the objective of this work is to propose a didactic sequence of teaching and learning in an exploratory and sequential way of contents related to the subjects of Modern Physics, contemplating the subjects of the photoelectric effect and wave-particle duality. It is expected that this work will serve to assist high school Physics teachers in mediating the process of knowledge construction in modern physics, giving them the conditions to involve students in the world of Science.

Keywords: Modern Physics, High School and Meaningful learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do efeito fotoelétrico	21
--	-----------

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Organização da sequência didática.....	33
Quadro 2 - No seu ponto de vista, que importância tem a Física Moderna para a sociedade?	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quem era considerado o pai da Teoria da Relatividade?	35
Gráfico 2 - Qual é o princípio fundamental da teoria quântica?	36
Gráfico 3 - Qual é o fenômeno pelo qual a luz incide sobre uma superfície metálica que emite elétrons?	37
Gráfico 4 - Quem explicou o efeito fotoelétrico usando a teoria quântica?	38
Gráfico 5 - Qual é a energia mínima necessária para remover um elétron de uma superfície metálica?	39
Gráfico 6 - Quem descobriu o Efeito Fotoelétrico?	40
Gráfico 7 - Qual o conceito que descreve a natureza dual da luz e da matéria?	41
Gráfico 8 - Já conheciam algum conteúdo passado na sequência didática?	42
Gráfico 9 – No seu dia a dia você já presenciou algum conceito passado na sequência didática?	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Geral.....	14
2.2 Específicos	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Introdução a Física Moderna.....	15
3.2 Efeito Fotoelétrico.....	20
3.3 Dualidade Onda-Partícula.....	23
3.4 Teoria da Aprendizagem Significativa.....	27
3.5 Sequência Didática	29
4 METODOLOGIA	32
4.1 Organização da Sequência	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
6 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS.....	48
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO A PESQUISA	53

1 INTRODUÇÃO

A realidade atual exige conhecimentos científicos modernos para interpretar e participar das decisões sobre Ciência e Tecnologia. No ensino de Física, a Física Moderna e Contemporânea é pouco abordada na educação básica devido à desatualização curricular e falta de materiais, afetando a formação crítica dos estudantes (Galvão et. al., 2024), os tópicos discutidos nessas práticas pedagógicas se reduzem, em sua maioria, a conteúdos da Física semi-clássica, ignorando tópicos recentes e com grande poder de impacto na humanidade. O que pode-se perceber é que os assuntos desta importante área da física não estão sendo trabalhados pelos professores da rede pública, assim muitos dos alunos que passam pelo ensino médio não tem acesso aos assuntos de física moderna que é essencial para a compreensão de avanços tecnológicos.

A introdução de conteúdos de Física Moderna no ensino médio, enfrenta muita resistência pedagógica por parte de alguns professores, em geral por acharem difíceis tais conteúdos e pela diminuição da carga horária, o que gera o receio de que os alunos não possam compreender no nível de complexidade. Dessa forma, o professor pode imaginar que os alunos não tenham a capacidade de compreender os assuntos, muitas vezes por causa da ferramenta matemática, no entanto, os alunos podem aprender dentro de física moderna tópicos básicos que de forma contextualizada não necessita da ferramenta matemática, mediante a isso, na fala de Moura e Vianna (2019) as aulas podem ser focadas em conceitos e contextos dos fenômenos físicos ao invés de trabalhar com operações puramente matemática. As teorias de Ausubel têm essência voltada ao conceito dos aspectos cognitivos da aprendizagem e dos conteúdos acadêmicos (Farias, 2022).

A teoria evidencia a necessidade de termos materiais potencialmente significativos que possam ser relacionados à estrutura cognitiva do aluno de maneira não arbitrária e, assim, conduzir a uma aprendizagem significativa, partindo de um princípio fundamental, daquilo que o aluno já sabe e, a partir daí, estabelecer materiais potencialmente significativos, contando com incentivo a predisposição do estudante para o aprendizado dos conceitos em questão Moreira (2022).

Com isso, cabe ao professor apostar e acreditar na capacidade do aluno de construir seu próprio conhecimento, incentivando e criando situações que leve a

refletir e estabelecer relação entre diversos contextos do dia a dia, e assim, a física moderna tem uma grande importância para o ensino, além de proporcionar aos educandos condições para a construção de conhecimentos numa perspectiva de criticidade, de perceber o que é relevante para a sua participação efetiva num mundo em constante e acelerada transformação de conceitos e valores, em geral permitir aos alunos receber/perceber/construir e reconstruir seu conhecimento.

Defende-se que a Física Moderna dispõe de legitimidade cultural e social, dada sua contribuição para a formação cidadã em virtude de sua ampla aplicação em diversas tecnologias na forma de artefatos criados pelo ser humano (Scholz; Wessnig; Weber, 2020).

A partir dessa discussão, o objetivo deste trabalho foi propor uma sequência de ensino e aprendizagem de forma exploratória e sequencial de conteúdos relacionados aos assuntos de Física Moderna para os alunos do ensino médio, mostrando sua essência contemplando os assuntos sobre o efeito fotoelétrico e dualidade onda partícula.

Espera-se que o presente trabalho sirva para auxiliar os professores de Física do Ensino Médio, na mediação do processo de construção do conhecimento em física moderna, dando-lhes condições para envolver os alunos no mundo da Ciência, divergindo os conhecimentos que a mesma pode proporcionar à humanidade e a tecnologia resultante desse processo.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Propor aos alunos do ensino médio uma abordagem de forma exploratória e sequencial de conteúdos relacionados aos assuntos de física moderna, mostrando sua essência.

2.2 Específicos

- Abordar conteúdos de Física Moderna e sua importância;
- Relacionar a importância dos assuntos de física moderna com o dia a dia;
- Explicar o efeito fotoelétrico e dualidade onda partícula através de uma sequência didática;
- Analisar a importância da física moderna para a sociedade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Introdução a Física Moderna

A Física Moderna estuda o comportamento da matéria e da energia em escalas atômicas e subatômicas, abrangendo os conceitos e teorias desenvolvidas no século XX. Ela se distingue da física clássica, pois a física clássica estuda fenômenos em escalas maiores. Segundo Sousa et. al., (2024), a Física Quântica é uma teoria fundamental que revolucionou nossa compreensão da natureza no nível mais elementar das partículas subatômicas, desencadeou um progresso tecnológico notável, resultando em diversas aplicações no nosso cotidiano. A introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio, tem sido abordada por diversos autores, visto que o seu entendimento aparece como uma necessidade para compreender os fenômenos ligados a situações vividas pelos estudantes.

De acordo com Leonel e Sousa (2009):

Atualmente os avanços científicos e tecnológicos têm despertado nos jovens interesse por temas relacionados com as Ciências. A Física, de um modo geral, tem contribuído bastante nesse avanço. Entretanto, é preocupante o modo com o Ensino de Ciências, particularmente a Física no Ensino Médio, não têm acompanhado esse desenvolvimento e cada vez mais se distancia do que os alunos se interessam e necessitam para o alcançarem uma Alfabetização Científica e Tecnológica. (Leonel; Sousa, 2009, p.

Nos últimos cem anos, a Ciência vem contribuindo para a materialização dos avanços científicos e tecnológicos, principalmente os aparatos oriundos de pesquisa relacionadas à Física Moderna. Compreender o atual avanço tecnológico e a direção pela qual a Ciência moderna envereda-se requer, entre outros fatores, a apropriação dos conceitos da Física Moderna. Dessa forma, inserir e discutir tal conteúdo no Ensino Médio é fundamental para que o aluno tenha uma formação crítica e reflexiva sobre as questões pertinentes à Ciência e Tecnologia (Pereira et. al., 2019).

Mediante ao quadro onde várias pesquisas como Terrazzan, (1992), o Oliveira et al (2007), Biazus, (2016), Hoernig; Massoniet; Hadjimichef, (2021), Martins, (2019), Lima e Ricardo, (2015) e entre outros e leis sinalizam a introdução dos conteúdos da FMC no Ensino Médio, tem-se em contraponto a baixa inserção nas escolas. Hoje grande parte das escolas do Ensino Médio contemplam apenas duas aulas de Física semanais e isso pode ser um dos fatores que dificultam os professores

darem ênfase aos conteúdos de FMC, entretanto, isso não pode servir de desculpas para não ser trabalhado no Ensino Médio. Nos livros didáticos a Física Moderna e Contemporânea faz parte do rol de conteúdos sugeridos a serem abordados no Ensino Médio, também é conteúdo previsto nos PCN+.

Analisando os PCNs, percebe-se que a Física apresenta um conjunto de competências que permitem aos alunos perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos contidos no dia a dia. Desta forma, é possível elaborar metodologias que possam transpor o conhecimento de uma física teórica para usos práticos, e para isso, é feita contextualização destes temas para que seja possível trazer para a realidade prática e tangível do aluno Moura e Viana (2019).

A contextualização tem muito a ver com a motivação do aluno, por dar sentido aquilo que ele aprende, fazendo com que relacione o que está sendo ensinado com sua experiência cotidiana. Através da contextualização, o aluno faz uma ponte entre teoria e a prática, o que é previsto na LDB e nos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1998).

No contexto os PCNs consideram importante ressaltar que a aquisição do conhecimento vai além de conhecer fórmulas e saber como aplicá-las, o conhecimento envolve a aprendizagem do conceito por trás desta equação

Na fala de Sousa et. al., (2010) o ensino de física deve ser ministrado, objetivando uma melhor compreensão do mundo, visando a formação do educando como cidadão. Dentro dessa visão, os estudantes do Ensino Médio deverão estar aptos a compreender os conceitos científicos que respaldam as tecnologias envolvidas na construção de equipamentos eletroeletrônicos, sensores e outros. Diante dessa realidade, é importante que a Física moderna seja ministrada no Ensino Médio e faça parte do conteúdo do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), vestibulares e outros exames de admissão ao ensino superior ou técnico, no qual a física seja um requisito, o que atualmente já vem ocorrendo em várias universidades brasileiras.

A inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) nas unidades curriculares do ensino médio é uma preocupação que já se estende há muitos anos. Entretanto, implantar e trabalhar a Física Moderna na Educação Básica sempre encontrou barreiras por parte dos profissionais da educação mais conservadores, que insistem em trabalhar somente conteúdos da Física Clássica. Diante dessa situação onde nem mesmo os conteúdos mais básicos da Física Clássica são abordados, a

preocupação com a Física Moderna e Contemporânea fica em segundo plano (Terrazzan, 1992).

A preocupação em introduzir a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, é apontada por diversos estudos.

Várias pesquisas relacionadas com a introdução da FMC no Ensino Médio já foram realizadas no Brasil, no entanto, o baixo índice de escolas que contemplam a FMC no programa e efetivamente abordam essa parte da Física não refletem os resultados dessas pesquisas e não é ressonante com as sinalizações expressas nas leis, diretrizes, propostas curriculares, parâmetros curriculares e orientações curriculares. (Leonel; Sousa, 2009, p. 5).

Ainda na fala de Leonel e Sousa (2009), o atraso no ensino de física em comparação com os avanços científico e tecnológico geram indagações por parte dos alunos do porquê estudar física, não conseguindo relacioná-la no seu cotidiano. O ensino de física quando voltado a responder questionamentos do cotidiano, pode minimizar esse atraso provocado por um currículo ultrapassado, que não permite aos alunos ver algum sentido na física vista em sala de aula.

Assim, o que tem-se notado é que a lacuna que separa a Física ensinada nas escolas e a Física que está presente no dia a dia do aluno. Segundo Oliveira et. al., (2007) este é um dos fatores que provocam o desinteresse dos alunos pela física:

A lacuna provocada por um currículo de física resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a física desempenha no mundo em que vive (Oliveira et. al., 2007, p. 448).

Dessa forma é preciso que o ensino de física moderna no ensino médio possa ser trabalhado de forma que não envolva somente a matemática, mas que tenha todo um contexto que envolve no dia a dia do aluno.

Moura e Vianna (2019), fala que a deficiência do Ensino de Física Moderna causa prejuízos na formação dos estudantes, pois dificulta a compreensão de muitos dos aspectos tecnológicos do mundo contemporâneos, como as telecomunicações com e sem fio, a aplicação da Física na área da medicina, engenharia, funcionamento de aparatos tecnológicos de uso diários como o smartphones, computadores, CD's, DVD's, internet e etc.

Segundo Martins, (2019), os estudantes estão rodeados de tecnologias que foram desenvolvidas com a aplicação da mecânica quântica, no entanto a maior parte das aulas de Física ainda se restringem a física do século XX (Física Clássica), sem qualquer elo entre os conteúdos ensinados e as aplicações tecnológicas (Zanetic, 2014), os estudantes renegam-se a importância da ciência por não perceber os utensílios por eles utilizados.

Alves e Miltão (2014) defendem que, com a inovação tecnológica e o fácil acesso às informações, o entendimento físico sobre determinados aparelhos corriqueiramente utilizados pela sociedade se torna fundamental. Essas tecnologias e seus embasamentos teóricos, em geral, levam os indivíduos ao desenvolvimento intelectual, adaptando-os às inovações do século XX e XXI. Grande parte dessas novas tecnologias não podem ser explicadas pela FC. Daí, faz-se necessária a inserção dos conceitos fundamentais de FMC no EM, capacitando os alunos a conhecerem mais sobre o significado físico associado aos bens, instrumentos e dispositivos que povoam o seu cotidiano.

No trabalho de Lima e Ricardo, (2015), tal confusão pode estar estabelecida pela falta de abordagens histórico-filosóficas no ensino de física, pela ausência de inserção de leituras, textos e literaturas próprias, como textos científicos originais. Para os autores, a literatura pode proporcionar aos estudantes uma compreensão de visões de mundos complementares a simples descrição matemática de fenômenos físicos, uma inserção no ensino de física, nesse contexto, serviria também para colaborar numa compreensão melhor da disciplina, evitando que se confunda física com matemática, ou que os alunos sejam levados a pensar que a física é uma matemática mais elaborada.

Na fala de Feitosa et. al., (2020) destacam que os documentos oficiais que normatizam e parametrizam o ensino de Física no Brasil, estabelecem que o estudante, ao término do ciclo básico de educação, deve estar apto a desempenhar criticamente sua cidadania, por conseguinte, o ensino médio não pode ser compreendido como apenas uma preparação para a universidade, mas deve buscar prover ao estudante uma formação ampla, crítica e cientificamente fundamentada (Feitosa et. at., 2020, p. 664).

Para Jardim, Guerra e Chrispino (2011):

Focada basicamente em estudos que vão pouco além da mecânica clássica, a Física do Ensino Médio não apresenta agentes motivadores para um aluno que se vê diante de uma física que não se dispõe à discussão ou modificações e, não lhe permite compreender a atualidade que lhe é exposta no cotidiano. Questões científicas mais interessantes a esse alunado podem ser encontradas na internet, revistas de divulgação, reportagens exibidas em telejornais e documentários na televisão (...), mas não em sala de aula. Essa distância parece incoerente com os interesses atuais. Além dos PCN+ e da motivação gerada nos alunos, os professores também compartilham as ideias do ensino de FMC nas salas de aula como importância de uma Física que é extremamente necessária para se entender as grandes inovações teóricas e tecnológicas atuais e que poderia trazer mais sentido ao aprendizado em sala de aula (Jardim; Guerra; Chrispino, 2011, p.3).

Na fala de Neto et. al., (2022), é preciso transformar o ensino de Física tradicionalmente oferecido nas escolas em um ensino que contemple o desenvolvimento da FM, não como uma mera curiosidade, mas como uma Física que surge para explicar fenômenos que a FC não consegue explicar, constituindo uma nova visão de mundo e, sobretudo, como uma Física que hoje é responsável pelo atendimento de necessidades que surgem a cada dia, tornando-se cada vez mais relevante para o homem contemporâneo.

Segundo, Cavalcante et. al., (1999), a física moderna é necessária mesmo diante de todas as dificuldades.

Por isso, entender a Física Moderna e Contemporânea e inseri-la no Ensino Médio é uma necessidade, mesmo diante das dificuldades já existentes. [...] o entendimento da Física Moderna aparece como uma necessidade para compreender os fatos, os equipamentos e a tecnologia do cotidiano dos estudantes. Indiscutivelmente, é necessário a inserção de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, mesmo diante da fragilidade dos conhecimentos de Física Clássica [...] (Cavalcante et. al., 1999, p. 154).

Já para Biazus, (2016), nas últimas décadas, pesquisadores, professores e mesmo documentos oficiais vêm discutindo a constituição de inserção de Física Moderna e Contemporânea para o ensino de física como conteúdo curricular na educação básica [...] pode-se considerar que a inserção desses tópicos da Física na escola apresenta, dentre outros objetivos, o de despertar o interesse do aluno para o desenvolvimento tecnológico presente em seu cotidiano, por meio de conhecimentos que são fruto das pesquisas atuais, permitindo-lhe avaliar conscientemente os impactos das novas tecnologias sobre a sociedade.

Os conhecimentos de FMC podem despertar a curiosidade científica dos alunos e os motivar para aprender Física, e desta forma, compreender fenômenos que ocorrem ao seu redor. Se expostos de forma sistemática e experimental, dentro de

uma perspectiva de aprendizagem significativa, os tópicos de FMC podem desenvolver no aluno a capacidade de observação e de análise de questões cotidianas relacionadas à Física, e ainda possibilitaria aos alunos uma reflexão sobre os fatos atuais (Renner; Krueger, 2016).

Na fala de Hoernig et. al., (2021), há décadas que se discute a necessidade, maneiras e possibilidades de se introduzir temas que marcaram os grandes desenvolvimentos do pensamento científico ocorridos a partir do início do século XX de forma adequada na Escola Básica.

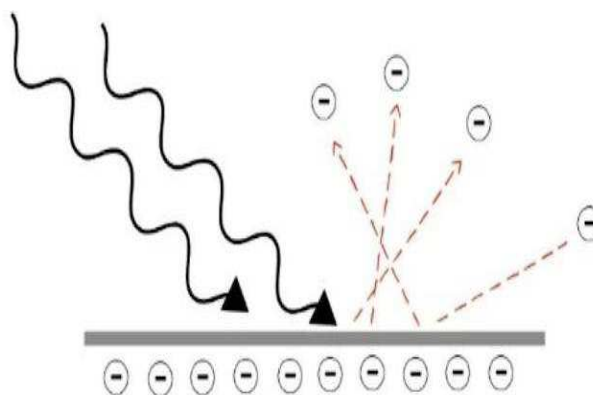
Assim, a respeito da Física Moderna no Ensino Médio, Ostermann e Moreira (2000) citam que a inserção dos conceitos básicos de FMC é de extrema relevância para os alunos do nível médio, possibilitando que o professor possa ensinar de forma significativa e interligando a Física da sala de aula com a Física do cotidiano. Os alunos do EM, mostram-se interessados em conhecer como funcionam algumas tecnologias que estão presentes no seu dia a dia, entre as quais destacam-se o GPS, a computação quântica, sensores fotoelétricos, entre outros. Todos esses exemplos necessitam da compreensão dos conceitos fundamentais de FMC e de sua importância para a sociedade de uma forma geral. A física moderna tem uma grande importância para o meio acadêmico e social visto que a física moderna é uma física em constante evolução.

3.2 Efeito Fotoelétrico

O efeito fotoelétrico é um fenômeno quântico no qual a luz comporta-se como partículas, conhecidas como fótons. O efeito fotoelétrico consiste na ejeção de elétrons da superfície de algum material iluminado que é exposta a uma fonte luminosa de certa frequência. Segundo Halliday; Resnick; Walker, (2009, p.188) acontece “quando iluminamos uma superfície de um metal com um raio luminoso de comprimento de onda suficientemente pequeno, a luz faz com que elétrons sejam emitidos pelo metal”.

No esquema abaixo temos uma representação do efeito fotoelétrico, onde uma onda eletromagnética ao atingir esse o metal fornece energia para arrancar seus elétrons, onde essa emissão desses elétrons pela absorção da energia das ondas eletromagnéticas consiste no que chamamos de efeito fotoelétrico.

Figura 1 - Representação do efeito fotoelétrico



Fonte: Helerbrock, 2024.

Este fenômeno foi observado pela primeira vez em 1887 pelo físico alemão Heinrich Hertz (1857 - 1894) quando realizava um experimento para detecção de ondas eletromagnéticas, em 1886, Hertz conduzia seus experimentos com chapas metálicas quando percebeu que a incidência da luz ultravioleta resultava em maior produção de faíscas (Braunn e Larsen, 2019).

O físico alemão Wilhelm Ludwig Franz Hallwachs (1859-1922), deu continuidade ao trabalho de Hertz no ano de 1888. Para analisar a atuação da luz ultravioleta em corpos carregados eletricamente, Hallwachs realizou uma experiência em placa de zinco circular polida montada em base não condutora (isolante), e conectada através de um arame em um eletroscópio de folha de ouro, carregado negativamente. O que se notava era que as cargas no eletroscópio se perdiam lentamente, porém se a placa fosse submetida a ação da luz ultravioleta, a perda de cargas no eletroscópio acontecia de maneira muito rápida. Caso fosse ligada a placa positivamente a descarga acontecia lentamente. Mesmo com a realização deste experimento Hallwachs não conseguiu propor nenhuma teoria sobre este fenômeno (Barthem, 2005).

Outro cientista a dar continuidade aos trabalhos de Hertz foi Philipp Eduard Anton von Lenard. Onde em 1902 ele investigou como a energia dos fotoelétrons irradiados sofriam variação quando sujeitos a intensidade da luz, para isso:

Ele usou a luz de um arco entre eletrodos de carbono, podendo variar a intensidade por um fator de mil. Os elétrons ejetados atingiam uma outra placa de metal, o coletor, a qual era conectada ao catodo através de um fio

passando por um amperímetro muito sensível, de forma a medir a corrente produzida pela iluminação. Para medir a energia dos elétrons ejetados, Lenard carregava a placa coletora negativamente repelindo, assim, os elétrons que viessem contra ela. Dessa forma, somente os elétrons ejetados com energia cinética suficiente poderiam vencer este potencial e se somar à corrente medida. (Barthem, 2005, p. 48)

Com a realização dessa experiência, Lenard descobriu que existia uma tensão mínima capaz de frear os elétrons antes que ele pudesse atingir o coletor, dando o nome de potencial frenador. Porém o potencial frenador não dependia da intensidade da luz, ao dobrar a intensidade da luz o que acontecia era o dobro no número de elétrons emitidos, porém a energia dos elétrons permanecia a mesma.

Segundo Martin e Rosa (2014), a explicação dada por Lenard para fato de a velocidade máxima dos elétrons emitidos ser independente da intensidade luminosa era que estes elétrons, quando ainda estavam presos aos átomos, já possuíam energia para isso e que a luz funcionava como um estimulador para sua liberação. Essa explicação ficou conhecida como a hipótese do “gatilho” e foi aceita pela comunidade científica até 1911.

Moura et. al., (2024) a explicação teórica para o fenômeno, entretanto, só foi feita em 1905, pelo físico alemão Albert Einstein usando a teoria quântica, onde, o mecanismo do efeito fotoelétrico era controverso, uma vez que, de acordo com os conhecimentos do eletromagnetismo clássico, um corpo iluminado por uma fonte de luz deveria absorver toda energia luminosa irradiada sobre ele, no entanto, o efeito fotoelétrico só acontecia a partir de certa frequência, que variava de acordo com cada material.

Einstein explicou o efeito fotoelétrico usando a teoria quântica, ao analisar os argumentos matemáticos de Marx Planck generalizados, onde na teoria de Planck a radiação térmica era quantizada, ou seja, apresentava valores discretos. Segundo esse ponto de vista, a luz era formada por pequenos pacotes de energia, chamado mais tarde de fótons Moura et. al., (2024), assim, Einstein propôs que as ondas eletromagnéticas transportam energias, outro ponto foi quando os elétrons absorvem a energia de fótons, essas energias eram absorvidas individualmente e o último ponto foi que a energia que o fótons transportava era dada pela equação $E=h.f$; onde, quanto maior a frequência de uma onda eletromagnética, maior é a energia do fóton que ela transporta.

Na fala de Santos et al, (2022) a energia do fóton depende da frequência do mesmo, fica estabelecido uma energia mínima, que corresponde a uma frequência mínima, denominado potencial de corte V zero, ou seja, o fóton deverá conter essa energia mínima para que o elétron a absorva e se desprenda do metal. É importante enfatizar que fótons com uma baixa frequência não são capazes de desprender elétrons da placa metálica; se aumentarmos a intensidade da luz, a qual ficará mais brilhante, isso só faz aumentar o número de fótons que atingem a placa, mas nenhum desses fótons tem energia suficiente para desprender um elétron, existirão muitos fótons, porém, com energia insuficiente para o efeito fotoelétrico, assim o efeito só ocorre a partir de uma determinada frequência.

Na fala de Moura et. al., (2024), Albert Einstein propôs que na natureza a energia é transportada em pequenos pacotes (partículas de fótons) e por isso a energia seria quantizada e desta forma o efeito fotoelétrico foi explicado usando a teoria quântica. Após a confirmação experimental da sua teoria para o efeito fotoelétrico e pela repercussão positiva dos trabalhos por ele apresentados em 1905 e 1915 sobre a teoria da relatividade, Einstein passou a ser mais bem reconhecido entre os cientistas e, em 1922, ele foi condecorado com o prêmio Nobel por sua explicação sobre o efeito fotoelétrico.

O efeito fotoelétrico é muito utilizado atualmente e nem damos conta de tal fenômeno que é fundamental no funcionamento de dispositivos presentes no nosso dia a dia como, portas que abrem e fecham automaticamente, luzes que acendem ao anoitecer, fotômetro de máquinas fotográficas que controlam o tempo de exposição do filme, painéis solares, entre vários outros aparatos modernos Santos et, al., (2022).

3.3 Dualidade Onda-Partícula

No século XVII, os físicos já haviam produzido duas interpretações sobre a luz. No experimento realizado por Isaac Newton com a refração do feixe de luz branca, havia uma aceitação tácita de que a luz tem um caráter material corpuscular. Para Christian Huygens usando o conceito de frentes de onda, mostrou que a luz poderia ser entendida como uma onda. Naquela época não se poderia imaginar que em certo sentido ambas as interpretações estavam corretas, uma vez que a matéria e energia eram consideradas entidades de naturezas distintas (Kazuhito e Felipe, 2010, p. 251).

Ao longo do século XVIII havia concorrência de várias concepções sobre a natureza da luz, como a teoria ondulatória e a teoria corpuscular. No entanto, a teoria corpuscular, defendida pelo físico inglês Isaac Newton (1643 - 1727), era a que predominava. Para Newton, de acordo com Caruso e Oguri (2016, p. 133), a luz era constituída por “feixes de corpúsculos que se deslocavam no vácuo em linha reta.” Contudo, ao fim desse século, começava-se a discutir algumas dificuldades dessa teoria, uma vez que ela não conseguia explicar alguns fenômenos como a dupla refração da luz. Este fato contribuiu para que houvesse um renascimento ou correção da teoria ondulatória da luz (Oliveira et. al., 2018).

Contemporâneo de Newton, o físico, matemático e astrônomo neerlandês Christiaan Huygens (1629 - 1695) publicou em 1690 o livro “Tratado sobre a luz”, no qual discute a natureza e as propriedades da luz. Contrário à concepção defendida por Newton (teoria corpuscular), Huygens retomou o ponto de vista ondulatório da luz e com essa teoria foi capaz de explicar os fenômenos da reflexão, refração e difração. Para Huygens, assim como uma fonte sonora comunica sua vibração com todo o ar a sua volta e a vibração dessas partículas propaga a onda sonora, o objeto luminoso comunica o seu movimento para os corpúsculos de éter (meio material de propagação da luz) que propaga a onda luminosa (Araújo; Silva, 2014).

Este nome dual está no âmago da Física Quântica e é referida como “dualidade onda-partícula”. O uso desta expressão pode evocar na mente do estudante uma contradição lógica, capaz de dificultar a construção conceitual do objeto quântico, pois evoca a ideia de unir em uma única representação dos objetos clássicos distintos e dispares (Carvalho et. al., 2023).

No que diz respeito à abordagem inicial dos conceitos da Física Quântica no Ensino Médio, Pereira (2019) destaca que:

A Dualidade Onda-Partícula se faz pertinente por resgatar alguns conteúdos anteriormente abordados, como a Ondulatória, Ótica e Ondas Eletromagnéticas e, ao mesmo tempo, possibilita ao aluno, organizar e construir o conhecimento relacionando os conceitos novos com o que ele já conhece, com o seu conhecimento prévio (Pereira, 2019, p.16).

Em 1905, o físico alemão Albert Einstein (1879 - 1955) publicou um artigo intitulado “Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz”, no qual ele apresenta sua hipótese dos quanta de luz e aplica esta ideia para explicar três fenômenos diferentes, dentre os quais um deles ele chamou de “a

emissão de ‘raios catódicos’ (elétrons) quando corpos sólidos são atingidos pela luz (ou seja, aquilo que chamamos de ‘efeito fotoelétrico’)” (Martins; Rosa, 2014, p. 52).

Chesman et. al., (2004), apresentam uma aplicação da dualidade da luz na formação de imagens em um filme fotográfico e afirmam:

Um fóton irá se comportar como uma partícula, somente quando, em determinada situação o mesmo estiver sendo absorvido ou emitido por um átomo; mas ao se propagar, ele deve se comportar como uma onda eletromagnética (Chesman et. al., 2004, p. 160).

A luz em determinado momento se comporta como uma onda e em outros momentos como uma partícula. Dizemos que ela apresenta então uma dualidade onda-partícula. Esse conceito é fundamental na física quântica que descreve a natureza dual dos objetos. A dualidade onda-partícula foi proposta por Louis de Broglie em 1924, segundo Rosa (2004), que demonstrou que a luz é capaz de agir tanto como uma partícula quanto onda, talvez as outras partículas que conhecemos possam agir como ondas, assim a dualidade onda partícula se aplicaria a toda matéria e não só a luz, ou seja, tudo a nossa volta seria dotado de frequência, comprimento de onda e amplitude além de outras características de ondas, sendo capaz de agir como onda.

É um fato conhecido dos princípios da difração e interferência e do estudo dos efeitos fotoelétrico e Compton que, para explicar os fenômenos físicos, a luz ora é vista como onda, ora como partícula. Ou seja, para explicar a difração e a interferência, temos que admitir a luz como uma onda eletromagnética, e para explicar o efeito fotoelétrico, admitimos que a luz é constituída por fótons (Martins, 2019).

Segundo Martins, (2019) para ele, se a luz apresenta comportamento corpuscular, os elétrons deveriam manifestar comportamento ondulatório. De Broglie demonstrou esse fenômeno matematicamente por meio da equação $\lambda = h/m.v$.

Desta forma, De Broglie argumenta que, para toda partícula, deve existir uma onda associada e que o comprimento dessa onda é relacionado inversamente à quantidade de movimento da partícula ($\lambda = h/p$, em que h é a constante de Planck), logo quanto maior a quantidade de movimento da partícula, maior massa ou maior velocidade, menor será o comprimento da onda associada (Tipler e Llewellyn, 2006).

Em 1927, os físicos Clinton Davisson e Lester Germer comprovaram experimentalmente a hipótese de De Broglie, para tanto eles lançaram elétrons (partículas) sobre um metal de níquel com fendas duplas e encontraram evidências

de que os elétrons realizam difração e interferência, projetando no anteparo uma sequência de faixas claras e escuras, chamadas de franjas de interferência que são fenômenos exclusivos de ondas, rendendo a De Broglie o prêmio Nobel de Física em 1929 (Araújo, 2018).

Em 1928, Bohr anuncia o princípio da complementaridade afirmando que para um mesmo fenômeno físico há uma coexistência de duas descrições diferentes (corpuscular e ondulatória), mas não simultâneas, conforme Araujo (2018), daí a natureza dual da luz, pois a depender do experimento, hora a luz se comporta como partícula e hora como onda.

As características ondulatórios e corpusculares da luz, que indicavam ser contraditórios, foram reportados em 1930, com o desdobramento da eletrodinâmica quântica, uma vasta teoria que esclarece ao mesmo tempo essas duas singularidades. É possível descrever a propagação da luz aplicando um modelo ondulatório. Entretanto, para justificar a emissão e a absorção da luz, há a necessidade de levar em conta sua natureza corpuscular (Young; Freedman, 2016).

Os físicos somente puderam superar a crise da dualidade onda-partícula quando passaram a aceitar que os fenômenos luminosos e eletromagnéticos podem ser descritos tanto como um movimento ondulatório em um meio contínuo, como pela transferência de energia através dos portadores discretos (os quanta) de energia, que se deslocam como um feixe de partículas por um meio com a velocidade de propagação de uma onda (Caruso, Oguri, 2016).

Ainda Santos et. al., (2022), fala que ao ensinar a dualidade onda-partícula da luz é necessário adentrar na Física Quântica, sendo essa abordagem muito valiosa no Ensino Médio, pois os alunos demonstram curiosidade sobre assuntos modernos encontrados em vídeos, reportagens, postagens, entre outros presentes na internet. Muitas vezes, por diferentes fatores, o ensino de Física nas escolas públicas acaba contemplando em sua grande maioria ou, em alguns casos, na sua totalidade, apenas a Física Clássica. Obviamente, a Física Clássica deve estar presente no currículo sendo essencial para o entendimento de inúmeros fenômenos. O que destacamos aqui é a importância do ensino de alguns conceitos que só podem ser explicados dentro da Física Quântica e que são fundamentais para o entendimento de uma série de equipamentos presentes na vida do aluno.

Para os autores Moura et. al., (2024), colaboram falando sobre a dualidade onda partícula que é um tema essencial para proporcionar aos discentes uma

compreensão da natureza da luz e da matéria, além de ser alicerce da Física Moderna, mostrando que fenômenos aparentemente contraditórios, como o caráter corpuscular e ondulatório da luz, podem coexistir devido essa dualidade expandindo a compreensão da natureza da luz e suas infinitas possibilidades de aplicações tecnológicas desde os microscópios eletrônicos, passando por sensores, semicondutores, lasers, criptografia, nanopartículas e muitos outros.

3.4 Teoria da Aprendizagem Significativa

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel explica o processo de aquisição de conhecimentos a partir da interação entre conhecimento prévio e novas informações, onde o conhecimento prévio é aquele que os alunos já sabem, ou que possuem antes de iniciar um novo aprendizado. Para Ausubel segundo Farias (2022), estabelece a ideia de que uma aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação interage com a composição de conhecimento específico (estrutura de conhecimento específico é definida por Ausubel como subsunçora), existente na estrutura cognitiva do sujeito.

Para Ausubel (apud Moreira, 2011, p. 103), “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”. Para esse autor, os professores devem, antes de iniciar um novo ensino, procurar descobrir o conhecimento prévio dos seus alunos, a fim de possibilitar um ensino potencialmente significativo.

A aprendizagem é um processo de transformação do indivíduo que aprende com certo interesse desde que o queira. O alcance de uma aprendizagem significativa só ocorre quando o estudante sinta-se à disposição para que ela ocorra, essa disposição está diretamente relacionada com a abordagem contextual dos conteúdos passado em sala de aula.

O processo de ensino aprendizagem precisa superar os desafios que aparecem nas escolas e um desses desafios é fornecer ao aluno uma explicação aos fenômenos da natureza de forma simples com abordagens que conduzem a aprendizagem significativa sobre os fenômenos da Física (Moura e Vianna, 2018).

Segundo Moreira, (2012), aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-

letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. Isso levando em conta o que a pessoa já adquiriu durante a vida, ou seja, quando um novo conhecimento é apresentado ao aluno, na sua estrutura cognitiva ocorre um processo de interação entre as novas ideias e os conhecimentos prévios.

Parisoto, Moreira e Moro, (2012) citam que, na teoria desenvolvida por Ausubel, é imprescindível considerar o conhecimento que o aluno já possui para que ocorra de fato uma aprendizagem significativa e não mecânica, defendendo que o conhecimento apenas se constrói a partir da interação de conhecimentos antigos e novos. O resultado deste processo Ausubel chama assimilação. Segundo Ausubel (1976), opor-se a esse processo de assimilação obliteradora, próprio da aprendizagem significativa, é o problema principal na aquisição de um conteúdo acadêmico. Para ele, apesar da etapa de obliteração, a aprendizagem significativa melhora a retenção do conhecimento. Para explicar de que modo as novas informações assimiladas podem ser mantidas na memória por longo prazo, quando a aprendizagem é contrária à aprendizagem significativa é chamada de aprendizagem mecânica, ou seja, é aprendizagem em que o aluno apenas memoriza o conhecimento adquirido para aquele momento.

Na fala de Martins, (2019) a teoria estabelece pressupostos interessantes ao processo ensino-aprendizagem, pois preconiza um rompimento com a aprendizagem mecânica, tão comum nas escolas brasileiras. Dessa forma, a aprendizagem significativa seria, de forma superficial, uma aprendizagem que transforma a estrutura cognitiva do aprendiz, pois todo o processo tem como ponto de partida aquilo que ele já sabe, e a partir daí ocorre de forma gradativa e hierárquica. Martins, (2019) fala que na teoria da aprendizagem significativa existem dois conceitos elementares: subsunção e organizador prévio.

Para Ausubel, a principal função do organizador prévio consiste em servir de “ponte” entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deveria saber, a fim de que o novo material possa ser aprendido de forma significativa.

Os organizadores prévios podem tanto fornecer “ideias âncora” relevantes para a aprendizagem significativa do novo material, quanto estabelecer relações entre ideias, proposições e conceitos já existentes na estrutura cognitiva e aqueles contidos no material de aprendizagem, ou seja, para explicitar a relação entre os novos conhecimentos e aqueles que o aprendiz

já tem mas não percebe que são relacionáveis aos novos. No caso de material totalmente não familiar, um organizador “expositivo”, formulado em termos daquilo que o aprendiz já sabe em outras áreas de conhecimento, deve ser usado para suprir a falta de conceitos, ideias ou proposições relevantes à aprendizagem desse material e servir de “ponto de ancoragem inicial”. No caso da aprendizagem de material relativamente familiar, um organizador “comparativo” deve ser usado para integrar e discriminar as novas informações e conceitos, ideias ou proposições, basicamente similares, já existentes na estrutura cognitiva. (Moreira, 2000, p. 2).

De forma sucinta, um subsunçor é o conhecimento que o estudante já traz em sua bagagem cognitiva, enquanto que o organizador prévio é a ponte que liga o subsunçor é aquilo que o estudante deveria saber.

Assim, quando um conhecimento novo é apresentado ao aluno, ocorre um processo de interação entre as ideias novas com as ideias já existentes, ou como é chamado de conhecimentos prévios. À medida que o estudante constrói significados, ele estaria já construindo conhecimento com os conhecimentos já existentes assim fortalecendo sua estrutura cognitiva (Moreira, 2022). A habilidade do professor é essencial nesse processo de ensino aprendizagem do aluno, diante disso, a aprendizagem contribui para autonomia do aluno construindo conhecimentos ao longo de sua jornada como estudante.

3.5 Sequência Didática

A sequência didática é um conjunto de atividades, estratégias e intervenções planejadas etapa por etapa pelo docente para o entendimento do conteúdo ou tema proposto que sejam alcançados pelos discentes (Kobashigawa et al, 2008). Onde é desenvolvido pelo professor para a realização de determinadas atividades com foco nos objetivos educacionais, onde esse objetivo deve atender as necessidades do aluno.

Para Lavor e Gomes, (2022), as sequências didáticas se constituem como uma metodologia em que os conhecimentos desenvolvidos e discutidos durante as atividades são comparados aos saberes prévios seguindo uma estruturação de módulos executados de modo sequenciado. Assim, com os assuntos prévios os alunos já têm uma ideia da proposta em questão e com isso, faz-se uso dos assuntos pautados na sequência didática.

Por meio da sequência didática, o docente que tenha fragilidade em algum conhecimento pode ter a oportunidade de adquiri-lo enquanto se prepara para lecionar

tal tema. A sequência didática vem como uma sugestão da ação pedagógica assim a todo momento, o docente pode intervir para a melhoria no processo de ensino aprendizagem, oportunizando situações para que o educando assuma uma postura reflexiva e se torne sujeito do processo de ensino e aprendizagem (Franco, 2018), segundo o autor a sequência didática tem como finalidade organizar e orientar no processo de ensino, em geral o professor explica um tema, em seguida se desenvolve um conteúdo, e por fim, o aluno tenta colocar em prática o que foi aprendido.

As sequências didáticas contribuem com a consolidação de conhecimentos que estão em fase de construção e permite que progressivamente novas aquisições sejam possíveis, pois a organização dessas atividades prevê um progresso modular, a partir do levantamento dos conhecimentos que os alunos já possuem sobre determinado assunto, conforme Brasil (2012, p.20).

Na fala de Ugalde e Rowerde, (2020) é possível organizar temas e conteúdos simples e fundamentais em uma sequência didática bem estruturada antes de abordar temas mais complexos, priorizando a sucessão lógica dos conteúdos que facilitam o entendimento do aluno, uma vez que o aprendizado segue uma sequência total das atividades que ocorrem de maneira progressiva, contribuindo para uma maior compreensão dos temas pelos educandos.

Uma sequência didática que favorece o engajamento dos alunos segundo Ugalde e Rowerde, (2020).

[...] Uma sequência didática bem estruturada pode favorecer um encadeamento de grandes temas correlatos, evidenciando a ligação que existe entre as grandes áreas de uma disciplina ou até mesmo, em um horizonte mais amplo, envolvendo diferentes áreas do conhecimento. (Ugalde e Rowerde, 2020, p. 3).

Com isso, o professor é um instrumento facilitador do desenvolvimento e análise de conteúdos, além de promover nos alunos a curiosidade para o entendimento de conceitos científicos.

Assim, sendo é de importância que ao se planejar uma sequência didática para conduzir um determinado conteúdo, o docente tenha a real magnitude dele e elabore essa metodologia com critérios bem definidos para que o objetivo do processo ensino aprendizagem seja concreto (Franco, 2018), assim o professor não é só detentor do conhecimento, mas sim um mediador no processo de ensino e

aprendizagem, com isso, o professor deve ser o agente ativo na formação dos alunos, valorizando e promovendo estímulos para um ser crítico e reflexivo.

Ainda Franco (2018), o professor além de ser educador e transmissor do conhecimento, deve atuar, ao mesmo tempo, como mediador, ou seja, o professor deve se colocar como ponte entre o estudante e o conhecimento para que dessa forma, o aluno aprenda a pensar e a questionar por si mesmo e não mais receba passivamente as informações como se fosse um depósito do educador.

4 METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho foram selecionados artigos, teses, dissertação e entre outros, através dos sites, como o google acadêmico e scielo, pesquisando com as seguintes palavras: “Ensino Médio”, “Física Moderna”, “Introdução de Física Moderna e etc”. Esta pesquisa foi realizada como pesquisa bibliográfica e exploratória de cunho quantitativo com exposições de aulas sobre os assuntos determinados, explorando situações da vida real dos alunos.

Para Marconi e Lakatos (2008, p. 86):

O questionário é um instrumento de coleta de dados constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito [...]”. Eles apresentam várias vantagens para o uso do questionário. Entre elas: Obtém respostas mais rápidas e mais precisas; Há maior liberdade nas respostas, em razão do anonimato; Há mais segurança pelo fato de as respostas não serem identificadas; Há mais uniformidade na avaliação, em virtude da natureza impessoal do instrumento (Marconi e Lakatos, 2008, p. 86).

Considerando que o processo de pesquisa quantitativa pressupõe que há diferentes possibilidades de programar sua execução, então para a coleta de dados foi desenvolvido um questionário avaliativo disponibilizado em sala de aula.

O trabalho de pesquisa foi desenvolvido no Centro de Ensino Santos Dumont, localizado na cidade de Caxias, estado do Maranhão. Esta escola funciona em período regular. A pesquisa foi realizada em turmas de terceiro ano do Ensino Médio, perfazendo um total de 38 educandos com idades entre 17 e 18 anos. Os alunos foram informados sobre o objetivo da pesquisa, como seriam as aulas e qual seria a participação deles durante a aplicação da sequência didática. O objetivo era obter informações referentes ao ensino de física moderna e os demais temas como efeito fotoelétrico e dualidade onda partícula e com isso, promover aos alunos assuntos que estejam relacionados com o seu dia a dia. Através do uso da sequência didática o estudante possa realizar uma reflexão sobre o ensino proposto, assim como fazer com que os conhecimentos adquiridos sejam levados para a vida e não somente considerado no momento da avaliação promover aos alunos assuntos que estejam relacionados com o seu dia a dia.

4.1 Organização da Sequência

A sequência didática pode incluir atividades que visam trabalhar um conteúdo específico ou um tema inicial até a formação de um conceito. Segue abaixo a tabela 01 sobre a organização da sequência didática.

Quadro 1 - Organização da sequência didática

TEMA: Física Moderna
CONTEÚDOS TRABALHADOS - Efeito Fotoelétrico - Dualidade onda-partícula
HABILIDADES DA BNCC - Compreender conceitos avançados da física; - Analisar fenômeno físicos em diferentes contextos; - Avaliar implicações sociais e éticas da física.
TEMPO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA - Dois conteúdos, onde cada conteúdo teve uma duração de 50 minutos. 2 horas- aulas (100 minutos).
MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A SEQUÊNCIA DIDÁTICA - Quadro branco; - Pincel; - Apagador; - Projeto multimídia; - Slides apresentando os assuntos.
DETALHAMENTO DE CADA AULA DA SEQUÊNCIA 1ª Aula: Efeito fotoelétrico 1º momento: A abordagem se dá de forma conceitual buscando reconhecer os conhecimentos prévios dos alunos. Posteriormente, foi feita uma breve introdução sobre a Física Moderna, onde a física moderna é o estudo da natureza e do comportamento da matéria e da energia em escalas atômicas e subatômicas. Ela se desenvolveu a partir da física clássica e inclui teorias como (Teoria Quântica

(Mecânica Quântica), Relatividade Restrita e Geral (Albert Einstein), Teoria Quântica de Campos, Física de Partículas (Física de Altas Energias) e entre outras) e conceitos como (Dualidade Onda-Partícula, Princípio da Incerteza (Heisenberg), Entrelaçamento Quântico, Relatividade do Tempo e do Espaço, Antimatéria) mostrando sua importância, assim como áreas de estudo, experimentos e tecnologias, impactos na sociedade e entre outros pontos que foram descartados. Um dos físicos falado na introdução foi Albert Einstein, onde os alunos já o conheciam pela sua descoberta da relatividade geral.

2º momento:

Foi feita uma aula expositiva e dialogada com apresentação de slides, apresentando uma introdução sobre um pouco da história da descoberta do efeito fotoelétrico (O efeito fotoelétrico foi descoberto por Heinrich Hertz durante seus experimentos relacionados à produção e captação de ondas eletromagnéticas. Em 1887, Hertz conduzia seus experimentos com chapas metálicas quando percebeu que a incidência da luz ultravioleta resultava em maior produção de faíscas, um olhar de Einstein sobre o efeito fotoelétrico, suas características, contextualização, os primeiros cientistas que observaram este fenômeno, quem apresentou este conceito e sua aplicação no cotidiano.

Com o objetivo de facilitar o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos científicos, a aula expositiva consiste em uma estratégia para promover a participação dos envolvidos a fim de expor seus conhecimentos prévios, partindo daí foi ministrada a aula sobre efeito fotoelétrico.

2ª Aula: Dualidade onda-partícula

1º momento:

Foi feita uma aula expositiva e dialogada com apresentação de slides, apresentando uma introdução sobre a dualidade onda-partícula, foi falado um pouco da história e suas principais descobertas, os postulados que fizeram que essa teoria fosse válida, suas características duais para as ondas: Propagação contínua; Interferência e difração; Comprimento de onda definido; Velocidade constante. Já para as partículas: Comportamento corpuscular; Energia e momento quantizados; Localização definida; Propriedades discretas. Os primeiros cientistas que observaram este fenômeno durante os séculos, quem apresentou este conceito e sua aplicação no cotidiano.

2º momento:

Aplicação do questionário avaliativo.

FINALIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA

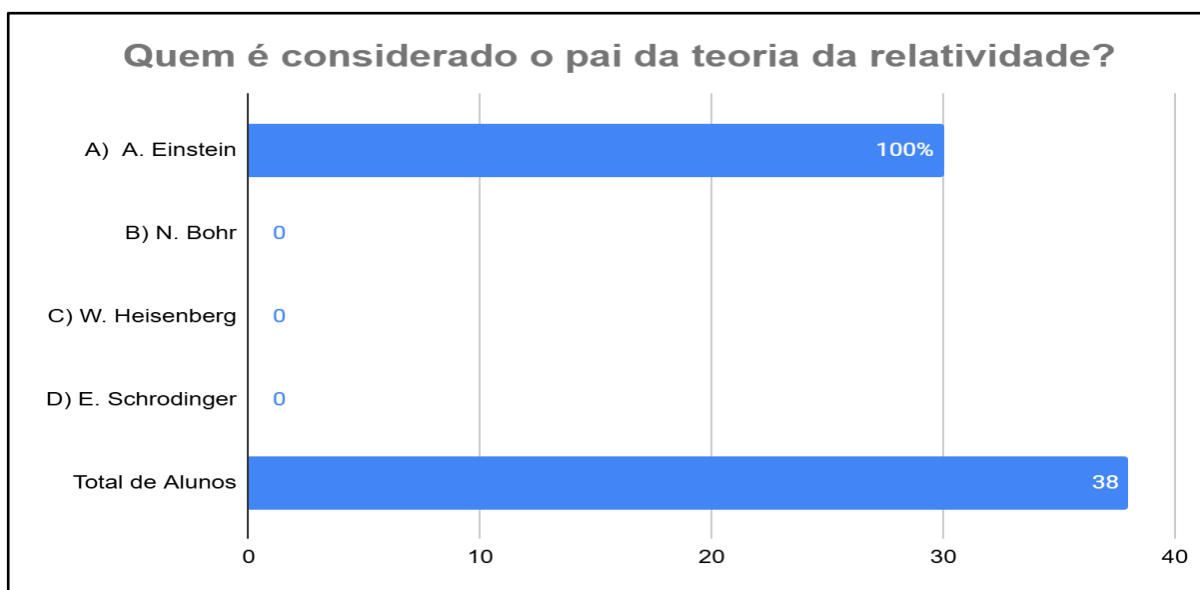
- Questionário Avaliativo.

Fonte: Dados da pesquisa, (2024).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

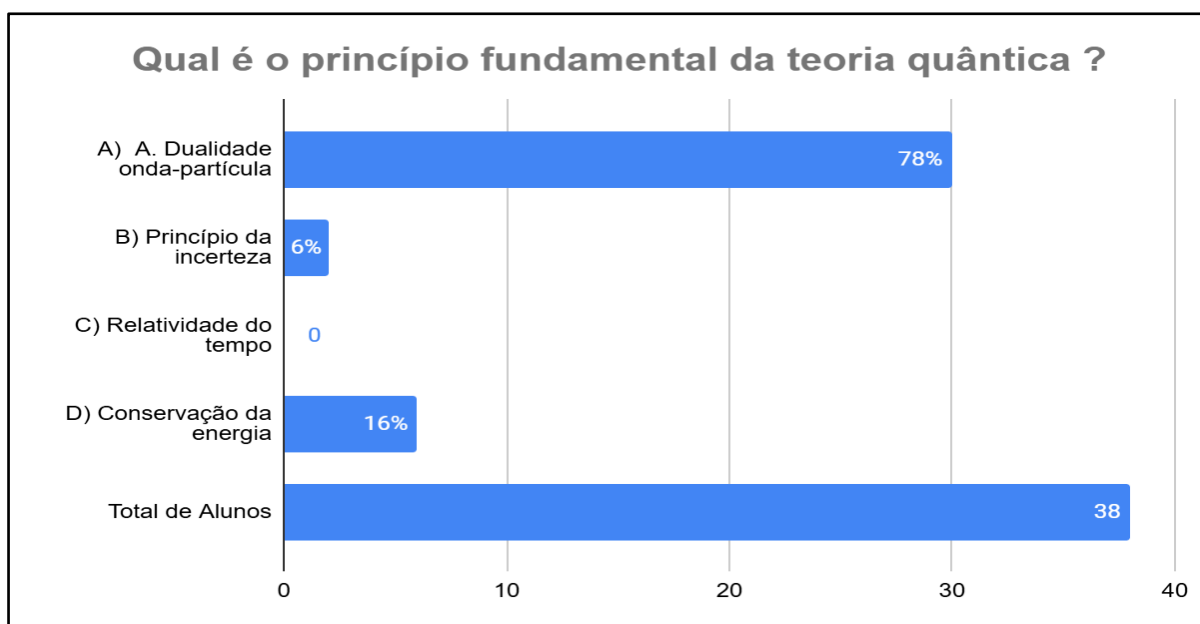
O foco da análise se deu através de um questionário avaliativo que se encontra no apêndice A, com 10 questões respondido por um total de 38 alunos no término da sequência didática, ou seja, após as aulas ministradas sobre os assuntos de Física Moderna: efeito fotoelétrico e dualidade onda partícula.

Gráfico 1 - Quem era considerado o pai da Teoria da Relatividade?



Fonte: Dados da pesquisa, (2024).

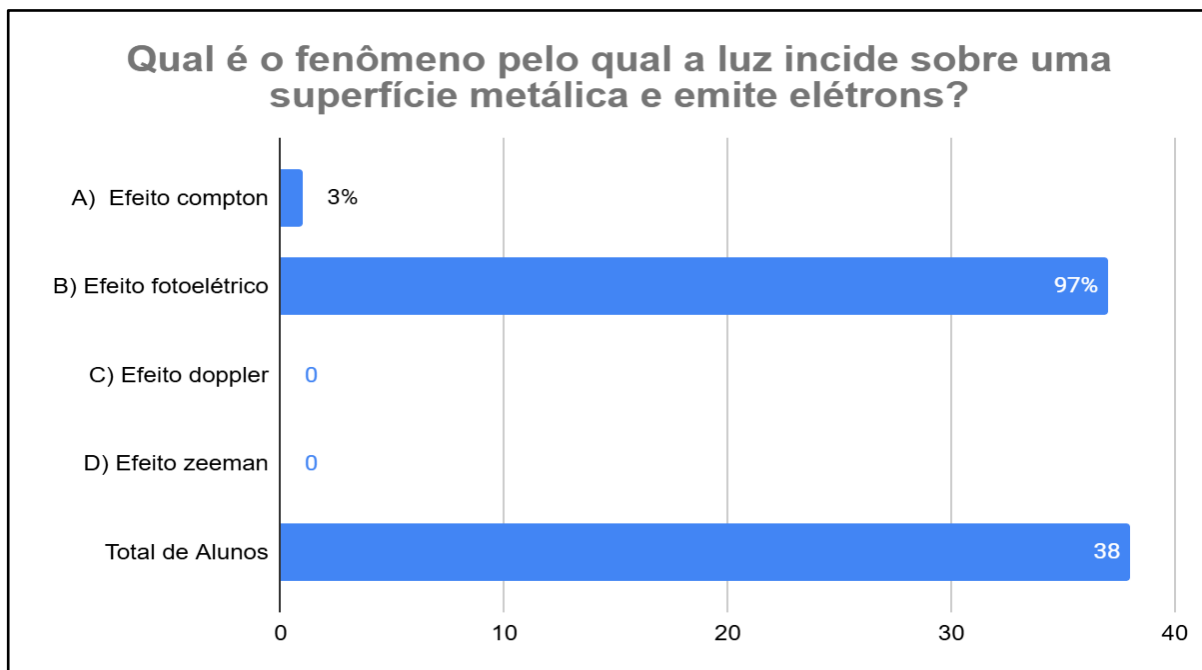
Os dados mostram que 100% dos alunos marcaram a alternativa correta. Todos os alunos responderam ao questionário, onde Albert Einstein é considerado o pai da teoria da relatividade.

Gráfico 2 - Qual é o princípio fundamental da teoria quântica?

Fonte: Dados da pesquisa, (2024).

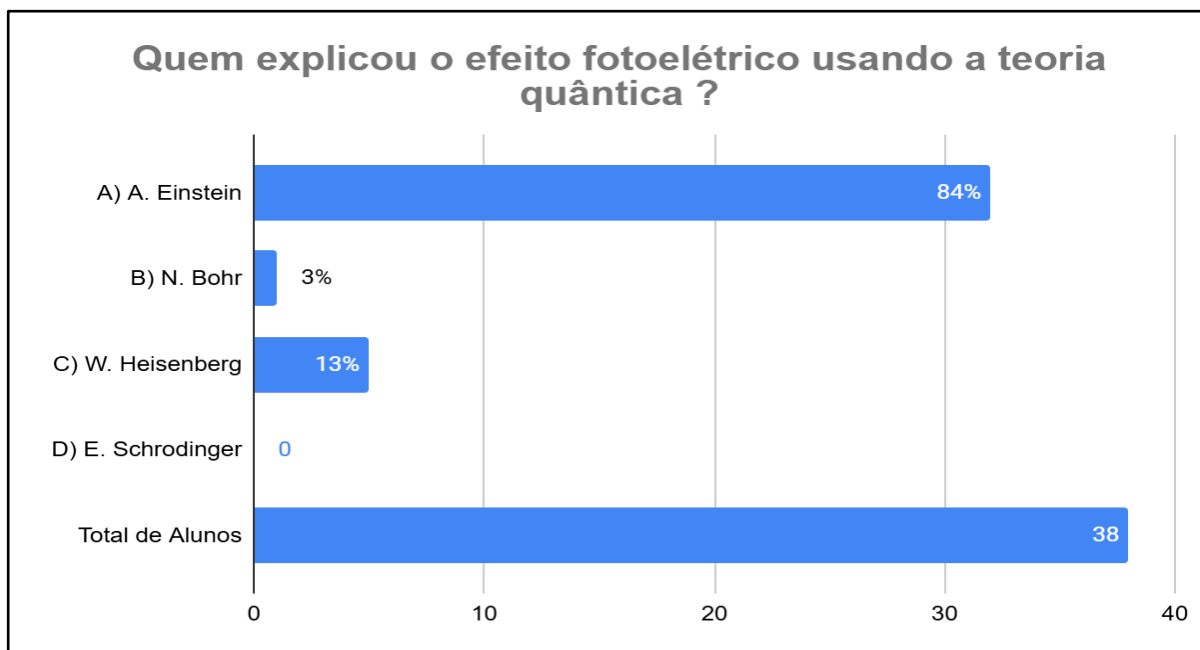
Nota-se que 78% dos alunos marcaram a alternativa certa que se tratava da dualidade onda-partícula, 16% falaram que era conservação da energia e 6% disseram que era o princípio da incerteza. Santos et al, (2022), fala que ao ensinar a dualidade onda-partícula da luz é necessário adentrar na Física Quântica, diante disso, a dualidade onda-partícula é o princípio fundamental da teoria quântica, dada a importância desse assunto, os alunos tiveram uma boa compreensão do assunto tratado na questão.

Gráfico 3 - Qual é o fenômeno pelo qual a luz incide sobre uma superfície metálica que emite elétrons?



Fonte: Dados da pesquisa, (2024).

Dos alunos presentes 97% marcaram dizendo que era o efeito fotoelétrico, alternativa correta e 3% deles disseram que era o efeito compton. Esse fenômeno é verificado quando uma placa de metal é atingida por luz de determinada frequência e elétrons são retirados de sua superfície, Santos et al, (2022). Os números mostram que os alunos reconhecem o fenômeno.

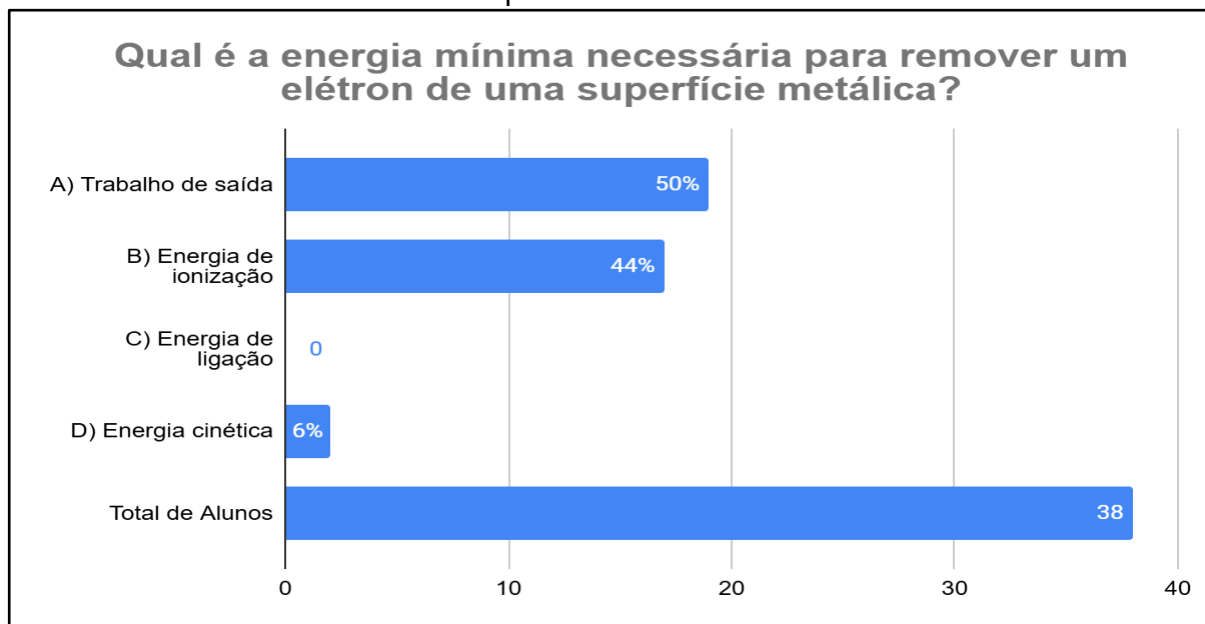
Gráfico 4 - Quem explicou o efeito fotoelétrico usando a teoria quântica?

Fonte: Dados da pesquisa, (2024).

Dos alunos presentes 84% responderam que Albert Einstein foi quem explicou o efeito fotoelétrico em 1905, usando a teoria quântica, 13% dos alunos responderam que foi Werner Heisenberg e 3% falaram que foi Niels Bohr. Na fala de Moura et al (2024), Albert Einstein propôs que na natureza a energia é transportada em pequenos pacotes (partículas de fótons) e por isso a energia seria quantizada e desta forma o efeito fotoelétrico foi explicado usando a teoria quântica.

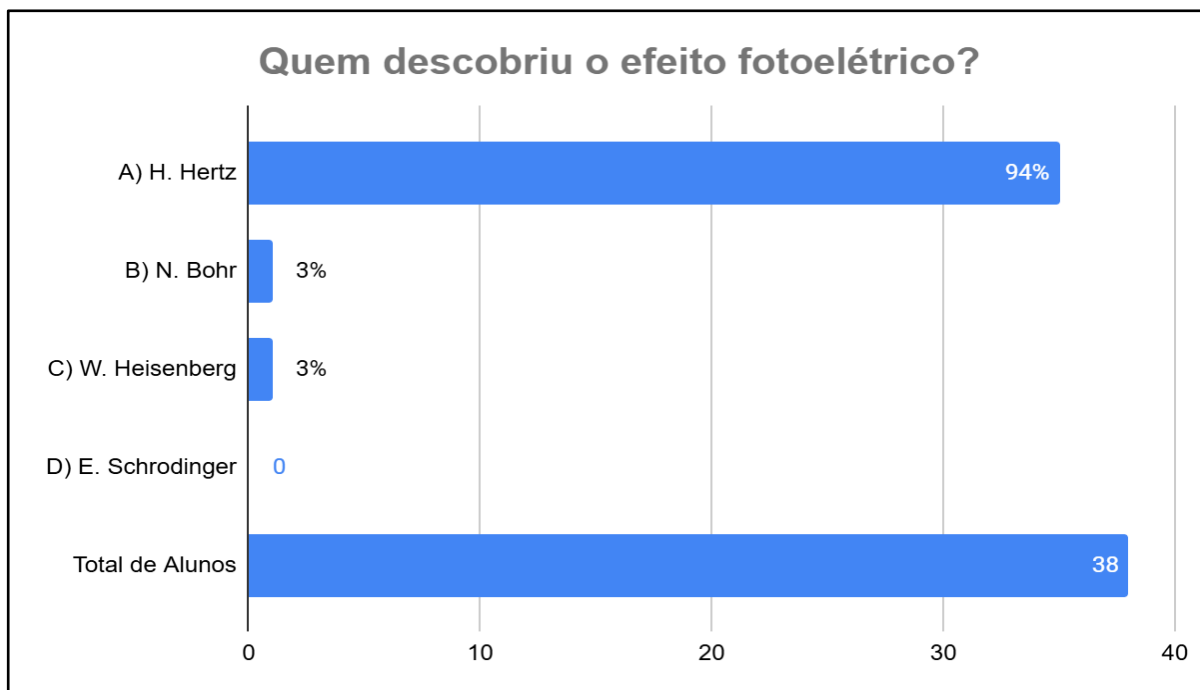
Para a quinta questão era uma característica do efeito fotoelétrico "Qual é a energia mínima necessária para remover um elétron de uma superfície metálica?"

Gráfico 5 - Qual é a energia mínima necessária para remover um elétron de uma superfície metálica?



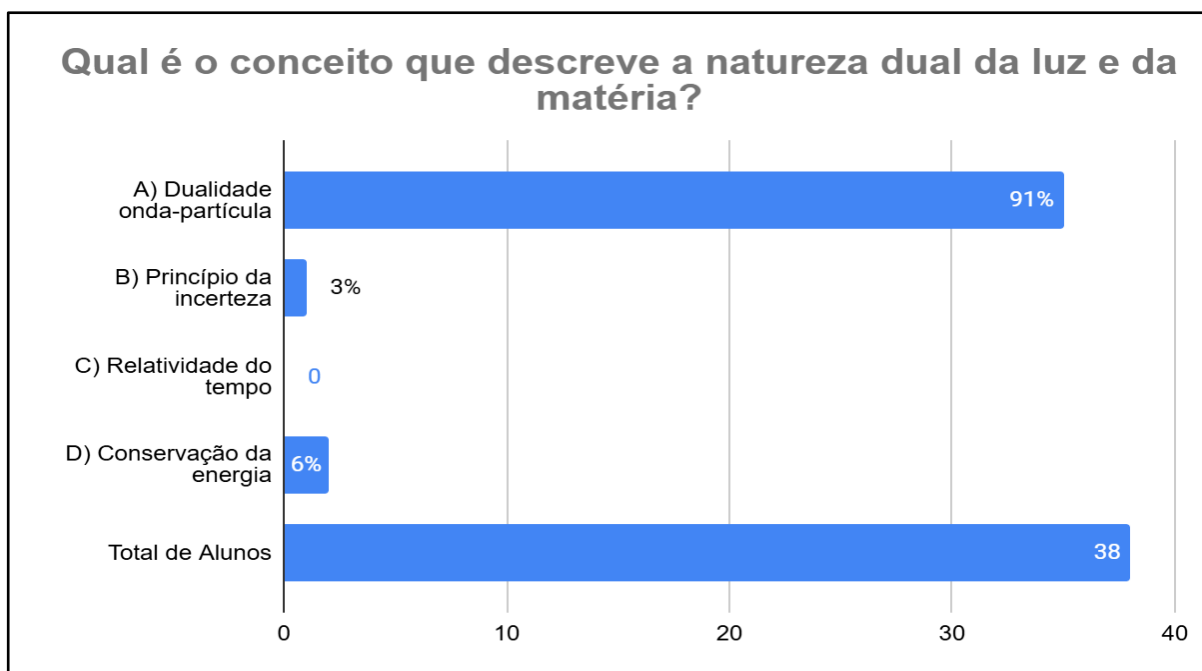
Fonte: Dados da pesquisa, (2024).

Dos alunos presentes 50% marcaram a alternativa correta que era o trabalho de saída, 44% dos alunos disseram que era a energia de ionização e 6% responderam energia cinética. Observa-se que houve uma maior dificuldade para os alunos em relação a pergunta, onde a energia de ionização é um assunto trabalhado na Química. Na fala de Neto et. al., (2019), embora ambos tenham abordagens diferentes dentro do escopo da Física, é certo que uma parte das respostas obtidas se deve originariamente a essas duas disciplinas, o que diminui ainda mais a quantidade de alunos que estudaram tópicos de FMC dentro da disciplina de Física.

Gráfico 6 - Quem descobriu o Efeito Fotoelétrico?

Fonte: Dados da pesquisa, (2024).

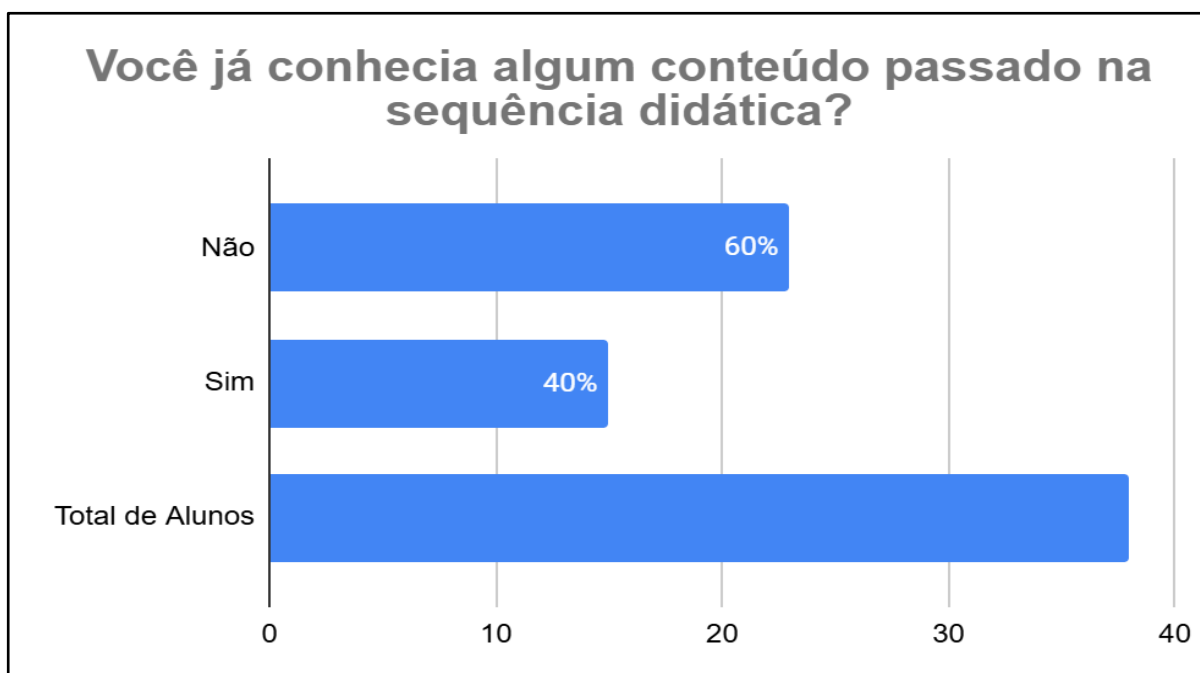
Dado os resultados 94% dos alunos marcaram a alternativa correta Heinrich Hertz, 3% disseram que era Niels Bohr e 3% responderam que era Werner Heisenberg. Heinrich Rudolf Hertz foi o primeiro a observar o efeito fotoelétrico em 1886, quando Hertz conduzia seus experimentos com chapas metálicas quando percebeu que a incidência da luz ultravioleta resultava em maior produção de faíscas Santos et al, (2022).

Gráfico 7 - Qual o conceito que descreve a natureza dual da luz e da matéria?

Fonte: Dados da pesquisa, (2024).

Dos alunos presentes 91% responderam a alternativa correta dualidade onda-partícula, 3% disseram que era Princípio da incerteza, 6% responderam Conservação da energia. Para os autores Moura et. al., (2024), a dualidade onda-partícula vista que é um tema essencial para proporcionar aos discentes uma compreensão da natureza e da matéria, além de ser alicerce da Física Moderna, mostrando que fenômenos aparentemente contraditórios, como o caráter corpuscular e ondulatório da luz, podem coexistir devido essa dualidade expandindo a compreensão da natureza da luz e suas infinitas possibilidades de aplicações tecnológicas. Assim, a luz em determinado momento se comporta como uma onda e em outros momentos como uma partícula. Dizemos que ela apresenta então uma dualidade onda-partícula. Esse conceito é fundamental na física quântica que descreve a natureza dual dos objetos.

Gráfico 8 - Já conheciam algum conteúdo passado na sequência didática?

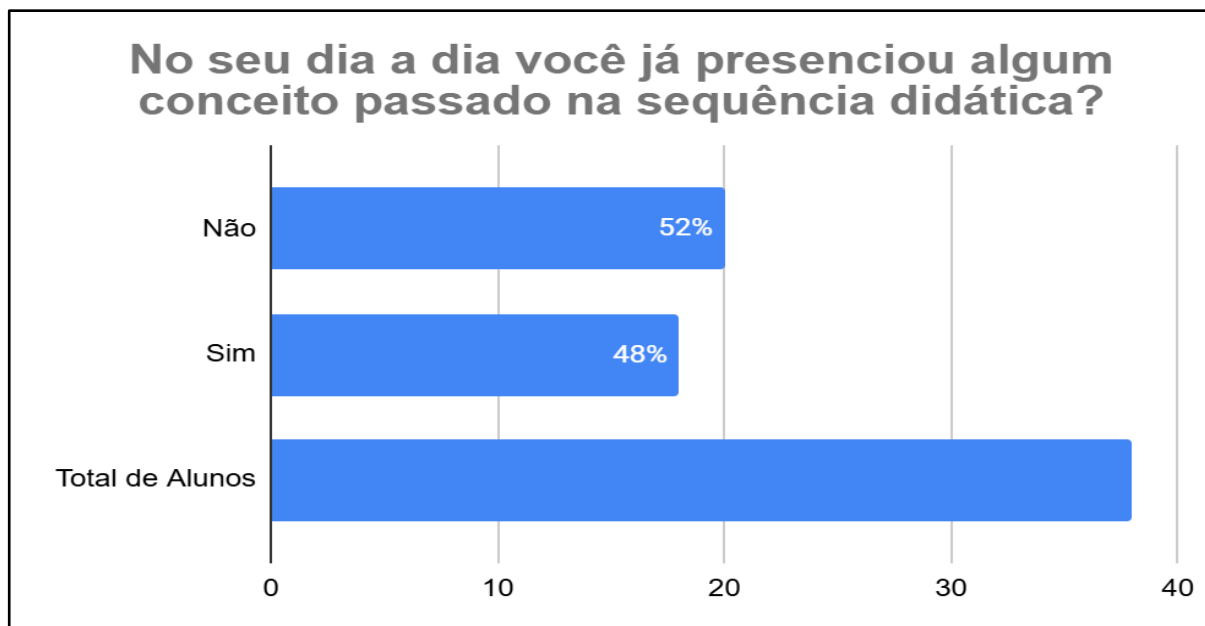


Fonte: Dados da pesquisa, (2024).

Dos alunos presentes, 60% responderam que não conheciam e 40% disseram que já conheciam.

Diante disso, é importante que quando um professor ministre sua aula sobre qualquer assunto é importante que ele relacione o conteúdo passado em sala de aula com algum exemplo que está no dia a dia do aluno, assim fica mais fácil quando um assunto é passado, ou seja, que o aluno já tenha algum conhecimento prévio. Assim a contextualização tem muito a ver com a motivação do aluno, por dar sentido aquilo que ele aprende, fazendo com que relacione o que está sendo ensinado com sua experiência cotidiana.

Gráfico 9 – No seu dia a dia você já presenciou algum conceito passado na sequência didática?



Fonte: Dados da pesquisa, (2024).

Dos alunos presentes 52% responderam que não presenciou, 48% disseram que sim. Os dados colaboram com com Neto; Oliveira; Siqueira, (2019) onde ele ressalta a importância de relacionar a Física com o cotidiano dos alunos para que atribuam significado a cada um dos conceitos aprendidos em sala de aula. Ainda Lara e Souza (2007) ratificam que relacionar o conhecimento ensinado ao cotidiano do aluno facilita o processo de ensino-aprendizagem, tornando esse conhecimento potencialmente significativo. Ainda na fala de Pereira e Aguiar (2006) citam que o cotidiano desempenha papel fundamental, pois o ensino de Física deve estimular ideias nos estudantes, permitindo-os pensar e interpretar o mundo que os cerca. No tocante ao ensino de FMC, os autores afirmam ainda que o cotidiano vivenciado pelos estudantes é fundamental na definição dos conteúdos relevantes de FMC.

Quadro 2 - No seu ponto de vista, que importância tem a Física Moderna para a sociedade?

Aluno 1	<i>“Em meu ponto de vista, a física moderna é fundamental para a sociedade em tecnologia e inovação, energia e meio ambiente, saúde e medicina.”</i>
Aluno 2	<i>“A física moderna é importante para o desenvolvimento de novas tecnologias, avanço na medicina, entendimento do universo e entre outros.”</i>
Aluno 3	<i>“Tem um papel importante e enorme para a sociedade, porque suas descobertas não só ampliam nossa compreensão do universo, mas também geram aplicações práticas que afetam diretamente o nosso dia a dia e resolvem desafios globais.”</i>
Aluno 4	<i>“É importante, pois permite à sociedade desenvolver novos conhecimentos.”</i>
Aluno 5	<i>“Possibilita o avanço de novas tecnologias.”</i>

Fonte: Dados da pesquisa, (2024).

Analisando o que foi posto pelos alunos pode-se perceber que a física moderna tem um significado essencial para a sociedade como um todo, onde a física não apenas contribuiu para os avanços científicos como também conseguiu com que a sociedade em que vivemos se desenvolvesse positivamente de tal maneira que todos nos beneficiamos. E não apenas isso, mas também aumentou nossa compreensão de tudo ao nosso redor e agora somos mais capazes de entender e tirar proveito dos fenômenos naturais. Se pensarmos por um momento, tudo ao nosso redor é feito de matéria e energia, e as interações entre eles permitem que tudo o que podemos e o que não podemos ver esteja em perfeito estado de funcionamento.

A Física Moderna é realmente fascinante, pois hoje convive com artefatos tecnológicos que até bem pouco tempo não existiam, por isso, a abordagem de temas contemporâneos usando toda uma contextualização, destacando a importância da física nos dias atuais. Terrazzan (1992) colabora afirmando que, para uma grande maioria de estudantes, a Física discutida no EM será o único contato do estudante, na sua vida escolar formal, com os princípios físicos, então, qualquer que seja a interpretação dada, todos os aspectos da construção dos conhecimentos e teorias físicas necessitam ser contemplados no EM.

Assim, como Alvetti (1999), colabora salientando que as discussões a

respeito da inserção da Física Moderna no Ensino Médio vêm se acentuando com a justificativa de que a maioria dos alunos não ingressam no ensino superior após conclusão dessa etapa escolar, demonstrando que este estágio de aprendizado pode ser o único encontro sistematizado entre eles e o conhecimento advindo da FM.

6 CONCLUSÃO

A introdução de conteúdos de física moderna no ensino médio ainda é uma preocupação na Educação Básica, pois compreender os avanços tecnológicos e outros fatores requer a apropriação dos assuntos de física moderna, assim como inserir e discutir conteúdo dessa importância é fundamental para a formação crítica e reflexiva do estudante. Contudo, poucos são os assuntos trabalhados no ensino médio, ainda assim, abordar estes conteúdos de forma contextualizada.

Para se atingir uma preocupação dessa realidade, os objetivos foram propor assuntos de física moderna para os alunos do ensino médio através de uma sequência didática, abordar conteúdos de física moderna e sua importância, explicar o efeito fotoelétrico e identificar exemplos do dia a dia e por fim, entender o comportamento dual da luz. Assim como foi esmiuçado na análise dos resultados, um ponto que ficou a desejar foi sobre a questão 5 que falava sobre uma das características do efeito fotoelétrico, onde ficou duvidoso para a compreensão dos alunos, com isso, houve uma maior dificuldade para os alunos em relação a pergunta, onde uma das alternativas falava sobre a energia de ionização que é um assunto trabalhado na Química. Assim, para um trabalho futuro é importante deixar claro as principais ideias, para que não ocorra as dúvidas pertinentes aos assuntos.

Diante dos dados obtidos neste trabalho, podemos afirmar que de maneira geral a pesquisa contribuiu para o processo de ensino aprendizagem dos alunos presentes, assim, acreditamos que a aplicação desta sequência didática contribuiu para a formação do aluno, tendo em vista que a física e os assuntos abordados neste trabalho é aplicado nos instrumentos tecnológicos que mais utilizamos no dia a dia, um dos fatores que atrai a atenção de todos, principalmente nos jovens, que passam a ver a utilidade da ciência e querem compreendê-la ainda mais. Assim podemos concluir que a sequência didática é uma metodologia que valoriza a aprendizagem dos estudantes.

Esperamos que o apresentado neste trabalho possa servir de incentivo para que outros pesquisadores e, em especial professores da Educação Básica, na mediação do processo de construção do conhecimento em física moderna, dando-lhes condições para envolver os alunos no mundo da Ciência, divergindo os conhecimentos que a mesma pode proporcionar à humanidade e a tecnologia resultante desse processo. Assim como as pesquisas que avançam nesse eixo

temático propondo aos alunos conhecimentos que possam relacionar o que se aprende em sala de aula com o mundo em que se vive. Outra proposta para pesquisas futuras poderia ser a aplicação de uma sequência didática com mais tempo de duração, pois assim, os alunos terão a chance de compreender melhor os assuntos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Y. de M.; MILTÃO, M. S. R. **Programa para formação continuada de professores na modalidade presencial: O curso de Licenciatura em Física e a Física Moderna e Contemporânea**. Caderno de Física da UEFS, Salvador, v. 12, n. 2, p. 11-20, jul./dez. 2014.
- ALVETTI, M. A. S. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a revista Ciência Hoje**. 1999. 170 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999
- ARAÚJO, Gabriela da Silva. **Ensino da dualidade onda-partícula por meio de vídeos de experimentos**, 2018. 96 f.: tabs.: mapas; quadros. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.
- BARTHEM, R. A Luz: **Temas atuais de Física**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2005.
- BIAZUS, M. O. **Abordagem de tópicos de mecânica quântica no ensino médio partindo da aproximação com o cotidiano**. Passo Fundo- RS, 2016.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. **Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares**: ano 03, unidade 06/ Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. - Brasília: MEC, SEB, 2012. 47 p.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais - ensino médio**: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC. 1999.
- Braunn, R, A. Larsen, G. **Efeito fotoelétrico**. Enaproc, v. 1 n. 1 (2019): Anais Enaproc.
- Carvalho, A. T. G. de ., Pimentel, R. F., Carvalho, R. S., & Laburu, C.. (2023). **A linguagem, a epistemologia e o ensino conceitual da dualidade onda-partícula**. Revista Brasileira de Ensino De Física, 45, e20220339. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2022-0339>
- CARUSO, F.; OGURI, V. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- CAVALCANTE, R. S. **Uma sequência didática como desenvolvimento do ensino de energia na educação básica**. 2022. 56 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- CAVALCANTE, M. A.; JARDIM, V.; BARROS, J. A. A. **Inserção de Física Moderna no Ensino Médio: Difração de um feixe laser**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 16, n. 2: p. 154-169, ago. 1999.

CHAVES, Glauson Francisco. **Uma proposta de inserção de conteúdos de Mecânica Quântica no Ensino Médio, por meio de um Curso de Capacitação para Professores em atividade.** 2011.

CHESMAN, C.; ANDRÉ, C.; MACÊDO, A. **Física moderna: experimental e aplicada.** 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004

Farias, G. B. de .. (2022). **Contributos da aprendizagem significativa de David Ausubel para o desenvolvimento da Competência em Informação.** *Perspectivas Em Ciência Da Informação*, 27(2), 58–76. <https://doi.org/10.1590/1981-5344/39999>

Feitosa, S. S.; Araújo, K. M. G.; Silva, M. S. & Nobre, F. A. S. (2020). **Uma sequência didática utilizando a literatura de cordel e a arte das histórias em quadrinhos para inserção de tópicos de Física Quântica no Ensino Médio.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(2), 663-694.

FRANCO, D. L. **A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de Física moderna no Ensino Médio.** *Revista Triângulo*, Uberaba - MG, v. 11, n. 1, p. 151–162, 2018. DOI: 10.18554/rt.v0i0.2664.

Galvão, L. Q., da Rosa, S. E., & Cruz, C.. (2024). **Possibilidades e Desafios da Inserção da Computação Quântica no Ensino Médio.** *Revista Brasileira De Ensino De Física*, 46, e20240213. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0213>

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**, Vol. 4, 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HELERBROCK, Rafael. **"O que é efeito fotoelétrico?"**; Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/o-efeito-fotoeletrico.htm>.

HELERBROCK, Rafael. **"O que é efeito fotoelétrico?"**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-efeito-fotoeletrico.htm>.

HOERNIG et al. **Física Quântica na Escola Básica:** investigações para a promoção de uma Aprendizagem Conceitual, Histórica e Epistemológica. 2021 DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0044>

JARDIM, W. T.; GUERRA, A.; CHRISPINO, A. **Revisão de bibliografia:** Física Moderna e sua relevância no Ensino Médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2011, Manaus. Atas... 2011

KAZUHITO, YAMAMOTO.; FUKU, LUIZ FELIPE. **Física para o Ensino Médio**, Vol. 3, 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

KOBASHIGAWA, A.H.; ATHAYDE, B.A.C.; MATOS, K.F de OLIVEIRA; CAMELO, M.H.; FALCONI, S. **Estação ciência: formação de educadores para o ensino de ciência nas séries iniciais do ensino fundamental.** In: **IV Seminário Nacional ABC na Educação Científica.** São Paulo, 2008. P. 212-217. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/smm_estacaocienciaformacaodeeducadoresparaoesinodecienciasnasseriesiniciaisdoensinofundamental.trabalho.pdf>.

LARA, A. E.; SOUSA, C. M. S. G. **A construção de apresentações em slides como material potencialmente significativo, visando a facilitação da aprendizagem significativa em conteúdos de Física: o tópico de Colisões.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. Atas... 2007.

Lavor, O. P., & Gomes Oliveira, E. A. (2022). **Sequência didática no ensino de lançamento oblíquo com auxílio de simulador da plataforma PhET.** *Revista Educar Mais*, 6, 515–522. <https://doi.org/10.15536/reducarmais.6.2022.2806>

LEONEL, A. A.; SOUZA, C. A. **Nanociência e Nanotecnologia Para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica.** VII ENPEC. Florianópolis, novembro de 2009.

LIMA, L. G; RICARDO, E. C. **A literatura como ferramenta didática no ensino de mecânica quântica para o ensino médio.** São Paulo, 2015.

MARCONI, Maria de Andrade. LAKATOS, Eva Maia. **Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragem e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

MARTINS, S. R. **Introdução de tópicos de mecânica quântica no ensino médio.** 2019

MARTINS, R. A.; ROSA, P. S. **História da teoria quântica: a dualidade onda-partícula, de Einstein e De Broglie.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

MOREIRA, M.A. **Teorias de aprendizagem.** 3. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem.** São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1999.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal teoria da aprendizagem significativa?** Revista cultural La Laguna Espanha, 2012

Moura, T. M., Moura, C. de C. F. L., Silva, M. G., & Celedonio, N. R. (2024). **Dualidade onda-partícula: uma proposta de ensino de física não tradicional para o ensino médio.** *Caderno Pedagógico*, 21(6), e5257 . <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n6-277>

Moura, F.A., & Vianna, P.O. (2019). **O Ensino de Física Moderna baseado no filme Interestelar:** Abordagem didática para a aprendizagem significativa. *Research, Society and Development*.

NETO, J. G. P.; DE OLIVEIRA, A. N.; SIQUEIRA, M. C. A. (2019) **Ensino de Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: o que pensam os envolvidos?** *Scientia Tec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS, Rio Grande do Sul*, v.6, n.1, 1, p: 65-89

Niaz, M., Klassen, S., McMillan, B., & Metz, D. (2010). Reconstruction of the history of the photoelectric effect and its implications for general physics textbooks.

OLIVEIRA, F.F.; VIANA, D.M.; GERBASSE, R. S. **Física Moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores.** Revista Brasileira de Ensino de Física. V. 29, n. 3, p. 447 – 454, 2007.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio"**. Investigação em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, mar. 2000.

PARISOTO, M. F.; MOREIRA, M. A.; MORO, J. T. **Subsunções para a Física aplicada à Medicina, no contexto do Ensino de Física.** Ensino, Saúde e Ambiente, Niterói, v. 5, n. 1, p. 43-62, abr. 2012.

PEREIRA, D. R. de O; AGUIAR, O. **Ensino de Física no nível médio: tópicos de Física Moderna e Experimentação.** Revista Ponto de Vista, Florianópolis, v. 3, p. 65-81, 2006.

PEREIRA, Patrícia do Nascimento; GUERINI, Silvette Coradi; SÁ-SILVA, Jackson Ronie. **Os conteúdos de Física Moderna em livros didáticos de Física do Ensino Médio.** Debates em Educação, [S. l.], v. 11, n. 24, p. 106–124, 2019. DOI: 10.28998/2175-6600.2019v11n24p106-124.

Pereira, A. M. L. (2019). **A Física Quântica no Ensino Médio: O Interferômetro de Mach-Zehnder no Ensino da Dualidade Onda-Partícula.** Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física. Ilhéus-BA: Universidade Estadual de Santa Cruz

RENNER, G. L. P.; KRUEGER, C. **Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Um estudo acerca dos fatores que interferem na aplicação dos conceitos relacionados em sala de aula.** In: Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, 5., 2016, Ponta Grossa. Atas... 2016.

Radiación eletromagnética aplicada à conservação de alimentos. (2023). *Revista De Enseñanza De La Física*, 35(2), 165-178. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n2.43726>

R. Scholz, S. Wessnigk e K. Weber, Eur. J. Phys. 41, 055304 (2020).

Rosa, P. S. Louis de Broglie e as ondas de matéria. 2024. 190f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física "Gleb Wataghin", Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SANTOS, O. R. dos.; SCHEIFER, E. K.; SILVA, D. F. da.; BRAGA, W. S.; FONTES, A. da S. The study of the dual nature of light School. Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 6, p. E56911629760, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.29760. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/29760>.

Souza, R. da S., Reis, G. A. de J., & Hora, G. M. B. da .. (2024). **O estado da arte das pesquisas relacionadas à divulgação científica sobre a Física Quântica entre os anos 2010 e 2022.** Revista Brasileira De Ensino De Física, 46, e20240052. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0052>

Souza, P. F. L., Bastos, H. F. B. N., Costa, E. B. da ., & Nogueira, R. de A.. (2010). **Pensamento transdisciplinar:** uma abordagem para compreensão do princípio da dualidade da luz. *Revista Brasileira De Ensino De Física*, 32(2), 2402. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172010000200011>

TERRAZZAN, E. A. **A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2^o grau.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 9, n. 3: p. 209-214, dez. 1992.

TIPLERR, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna.** 3. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

UGALDE, M. C. P.; ROWEDER, C. **Sequência didática:** uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, Manaus, Brasil, v. 6, n. ed.especial, p. e99220, 2020. DOI: 10.31417/educitec.v6ied.especial.992.

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2016). **Física IV:** Sears e Zemansky: ótica e física moderna. Colaborador: A. Lewis Ford. Tradução: Daniel Vieira. Revisão técnica: Adir Moysés Luiz. (14a ed.), Pearson Education do Brasil.

ZANETIC, J; PINTO, A. C. **É possível levar a física quântica para o ensino médio?** Cad. Cat. Ens. Fís. 16 (1), 7 (1999).

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO A PESQUISA**QUESTIONÁRIO AVALIATIVO**

1. Quem é considerado o pai da teoria da relatividade?

- a) Albert Einstein
- b) Niels Bohr
- c) Werner Heisenberg
- d) Erwin Schrödinger

2. Qual é o princípio fundamental da teoria quântica?

- a) Dualidade onda-partícula
- b) Princípio da incerteza
- c) Relatividade do tempo
- d) Conservação da energia

3. Qual é o fenômeno pelo qual a luz incide sobre uma superfície metálica e emite elétrons?

- a) Efeito Compton
- b) Efeito fotoelétrico
- c) Efeito Doppler
- d) Efeito Zeeman

4. Quem explicou o efeito fotoelétrico usando a teoria quântica?

- a) Albert Einstein
- b) Niels Bohr
- c) Werner Heisenberg
- d) Erwin Schrödinger

5. Qual é a energia mínima necessária para remover um elétron de uma superfície metálica?

- a) Trabalho de saída
- b) Energia de ionização
- c) Energia de ligação
- d) Energia cinética

6. Quem descobriu o efeito fotoelétrico?

- a) Heinrich Hertz
- b) Niels Bohr
- c) Werner Heisenberg

d) Erwin Schrödinger

7. Qual é o conceito que descreve a natureza dual da luz e da matéria?

- a) Dualidade onda-partícula
- b) Princípio da incerteza
- c) Relatividade do tempo
- d) Conservação da energia

8. Você já conhecia algum conteúdo passado na sequência didática?

9. No seu dia a dia você já presenciou algum conceito passado na sequência?

10. No seu ponto de vista, que importância tem a Física Moderna para a sociedade.

Fonte: Própria autora, (2024).