



UFAM



INSTITUTO FEDERAL
AMAZONAS



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



CAPES



FAPEAM

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

POLO 04

Ariane Gonçalves Pinheiro

PRODUTO EDUCACIONAL

**Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio: uma Sequência Didática como
Estratégia**

Manaus-AM
2023

Ariane Gonçalves Pinheiro

Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio: uma Sequência Didática como Estratégia

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: Abordagem do Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio: uma Sequência Didática como Estratégia, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 04 – UFAM / IFAM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. José Roberto Viana Azevedo.

Manaus-AM
2023

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

P654e Pinheiro, Ariane Gonçalves.
Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio: uma sequência didática como estratégia /
Ariane Gonçalves Pinheiro. – Manaus, 2023.
27 p. : il. color.

Produto Educacional proveniente da Dissertação - Abordagem teórica e experimental para aplicação da luz como onda ou como partícula nas aulas de física 3 no ensino médio. (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2023.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Viana Azevedo.
ISBN 978-65-85652-19-3

1. Física – ensino. 2. Efeito fotoelétrico. 3. Sequência didática. 4. Aprendizagem significativa. I. Azevedo, José Roberto Viana. (Orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Universidade Federal do Amazonas. IV. Título.

CDD 530

AGRADECIMENTOS

Agradeço infinitamente a Deus pela oportunidade de aprender e compartilhar conhecimento, e por me proporcionar a grandiosidade da fé.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio concedido para a realização desse trabalho – código de financiamento 001.

À meu esposo e filha, pelo apoio e incentivo diário, e pelo amor que me ofertam todos os dias.

Aos professores e orientadores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), que estão lado a lado nessa luta em busca dessa conquista.

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	8
1.1 OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICOS.....	9
1.2 CONTEUDOS A SEREM ABORDADOS.....	9
1.3 METODOLOGIA.....	10
1.3.1 Público alvo	10
1.3.2 As aulas.....	10
1.4 ROTEIRO DE APLICAÇÃO	14
2 REFENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 O CONHECIMENTO PRÉVIO E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA..	16
3 SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE FÍSICA	17
4 ABORDANDO O EFEITO FOTOELÉTRICO	18
4.1 DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA.....	18
4.2 CONTEXTO HISTÓRICO DO EFEITO FOTOELÉTRICO	19
4.3 O EFEITO FOTOELÉTRICO E SUAS APLIAÇÕES	20
5 CONSIREÇÕES FINAIS	22
6 REFERÊNCIAS.....	23
APÊNDICE A- QUESTIONÁRIO FINAL	24
ANEXO A – RECORTE DE TEXTO – A DUALIDADE ONDA PARTÍCULA	26
ANEXO B – RECORTE DE TEXTO – EFEITO FOTOELÉTRICO.....	27

APRESENTAÇÃO

Caro (a) colega professor (a),

Este trabalho traz informações sobre o produto educacional “Efeito Fotoelétrico no Ensino Médio: uma Sequência Didática como Estratégia”, desenvolvido no curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 04 – UFAM/IFAM.

Sabemos das dificuldades que os professores têm, em inserir física moderna nas suas aulas, porém, esse produto educacional te guiará a fazer uma abordagem diferenciada, que proporcionará uma aprendizagem verdadeiramente significativa aos alunos.

Com o intuito de facilitar o ensino do conteúdo Efeito Fotoelétrico, para alunos de ensino médio, elaboramos uma Sequência Didática dividida em quatro momentos. Onde abordaremos o contexto histórico, conceitos e aplicações do referido tema, além de fazer uso de um aplicativo de computador, através da tecnologia disponível.

Vale lembrar que, esse produto tem um início meio e fim bem definidos, por isso, pode ser adaptável de acordo com a realidade dos seus alunos.

Ariane Gonçalves Pinheiro

Orientador: Dr. José Roberto Viana Azevedo

INTRODUÇÃO

Com o avanço das tecnologias e inovações, a sociedade vem se beneficiando de vários equipamentos tecnológicos que proporcionam melhores condições de vida. Homens e mulheres fazem parte desse contexto histórico na construção e desenvolvimento do mundo científico.

Apesar do avanço tecnológico nos dias atuais, inserir o ensino de Física Moderna no ensino médio, ainda não é uma tarefa fácil para muitos professores, e isso tem a ver com a falta de tempo para trabalhar diversos conteúdos, bem como um espaço adequado para desenvolver atividades experimentais, transformando o ensino de física em algo limitado em muitos cálculos.

Essa realidade do professor, não é geral, mas acontece em muitos casos, principalmente em escolas públicas, carentes de materiais de apoio pedagógico. Nesses casos, o professor, precisa buscar estratégias que possam transformar o ensino de física em algo mais compreensível para o aluno.

A maioria dos alunos veem a física no ensino médio como algo muito complexo, pois não conseguem ver a utilidade desse conhecimento em seu dia a dia. Isso causa um grande afastamento desses alunos das áreas de exatas, dificilmente escolhem a física como foco para uma vida acadêmica.

Diante dessa cena, vivenciada diariamente, tanto pelos alunos quanto pelos professores, propomos nesse Produto Educacional o desenvolvimento uma Sequência Didática como estratégia para ensinar um conteúdo de física moderna, o tema abordado é o Efeito Fotoelétrico.

O objetivo desse trabalho, é proporcionar aos alunos novos conhecimentos e, traves do desenvolvimento da sequência didática trabalhar o tema Efeito Fotoelétrico, proporcionando uma aprendizagem eficaz e satisfatória. Essa sequência se baseia na teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel para aquisição de conhecimento.

O Efeito Fotoelétrico, está presente em diversos equipamentos e dispositivos eletrônicos que fazem parte do cotidiano das pessoas. Além de ser um tema muito abordado em vestibulares. O descobrimento desse fenômeno transformou a física quântica, trazendo uma maior compreensão da natureza da luz.

Para tornar a aula mais interessante faremos o uso de um aplicativo de computador (PHET *simulations*), que simula o Efeito Fotoelétrico, permitindo aos alunos manipularem diversos itens que permitem ou não a ocorrência do fenômeno.

Este trabalho está organizado como segue: 1- Apresentação do produto educacional, neste capítulo apresentamos o produto, suas características e objetivos, metodologia e o roteiro da sequência didática. 2- Referencial teórico, neste capítulo apresentaremos a contribuição da teoria de Ausubel que pautam este trabalho. 3 – Sequência didática como estratégia para o ensino de física, neste capítulo falamos sobre a SD como uma ferramenta importante no processo de ensino aprendizagem. 4 - Abordando o efeito fotoelétrico, este capítulo aborda o tema escolhido a ser desenvolvido na SD, bem como seu contexto Histórico, conceito como dualidade da luz e as aplicações do efeito fotoelétrico no cotidiano. 5 - Considerações finais. 6 – Referências. Em seguida temos os materiais de apoio em apêndices e anexos.

1 APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Este produto educacional é uma produção que faz parte da dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, polo 04.

A proposta desse trabalho é levar ao professor uma estratégia de como abordar o tema “**Efeito Fotoelétrico**”, que é um conteúdo de física moderna para ensino médio, na forma de alcançar os objetivos de forma significativa.

Como estratégia faremos a utilização de uma Sequência Didática (SD), pautada na teoria de David Ausubel sobre a aprendizagem significativa. A SD, está dividida em quatro etapas, que serão desenvolvidas em cinco tempos de aula de cinquenta minutos cada, sendo que para essa pesquisa utilizaremos o primeiro e último tempo para testes diagnósticos.

Abordaremos na SD, o tema em questão, desde seu contexto histórico com a contribuição de dois grandes físicos muito conhecidos pelos alunos de ensino médio, o físico Heinrich Rudolf Hertz e Albert Einstein. Também será abordado pela sequência didática o conceito da dualidade da luz, pois esse conhecimento é importante para que os alunos compreendam o conceito de efeito fotoelétrico de forma clara. Será feito uma abordagem das aplicações do fenômeno, e sua importância no dia a dia.

E para tornar a abordagem do Efeito Fotoelétrico mais interessante, faremos o uso de aplicativo de computador (PHET *simulations*), um simulador virtual disponível na internet. Esse simulador virtual vai permitir aos alunos manipularem diversos itens que permitem ou não a ocorrência do fenômeno Efeito Fotoelétrico.

1.1 OBJETIVOS: GERAL E ESPECÍFICOS

- Geral:

Desenvolver uma sequência didática sobre Efeito Fotoelétrico para alunos do ensino médio integrado, apresentando as principais contribuições no processo de construção sobre o fenômeno abordado, assim como seus conceitos e aplicações.

- Específicos:

i). Questionar os alunos sobre suas concepções prévias a ser abordado, para constar possíveis concepções errôneas;

ii). Apresentar o contexto histórico do tema Efeito Fotoelétrico, bem como os conceitos sobre a natureza da luz;

iii) Mostrar através de vídeos de curta duração o processo de construção do tema Efeito Fotoelétrico e suas aplicações no cotidiano;

v) Visualizar através de um aplicativo de computador (PHET *simulations*) a simulação do fenômeno abordado;

vi) Reconhecer a Física Moderna e Contemporânea como importante instrumento na construção humana, cujo desenvolvimento está atrelado a contextos: cultural, social, político e econômico, definidos historicamente.

1.2 CONTEÚDOS A SEREM ABORDADOS

- Contexto histórico do Efeito fotoelétrico;
- Dualidade onda partícula;
- Definição de Efeito fotoelétrico
- Aplicações do Efeito Fotoelétrico no cotidiano;

1.3 METODOLOGIA

Para este trabalho utilizaremos a metodologia ativa, estimulando e permitindo o aluno ser dono da sua própria aprendizagem. Nas aulas propostas utilizaremos materiais de apoio como textos informativos, vídeos de curta duração, bem como um aplicativo computacional de um simulador virtual (PHET), para a simulação do Efeito Fotoelétrico. Os alunos poderão dialogar com o(a) professor(a) e colegas sobre o tema abordado.

1.3.1 Público Alvo

O público alvo para o estudo do Efeito Fotoelétrico, são alunos de terceiro ano do ensino médio. Essa SD será aplicada no 4º bimestre, pois nesse período os alunos já terão o conhecimento sobre carga elétrica, também já trarão consigo certos conhecimentos sobre frequência.

1.3.2 As Aulas

A sequência didática será desenvolvida em quatro etapas, ocorrendo em cinco tempos aulas de cinquenta minutos cada, sendo que é importante deixar pelo menos cinco minutos de cada tempo para a organização da sala ou materiais. As aulas que seguem:

Aula 1: Aplicação de um teste diagnóstico sobre Efeito Fotoelétrico, com duração de 45 minutos. O objetivo é analisar os subsunçores dos alunos acerca do tema Efeito Fotoelétrico. Os alunos serão avaliados conforme sua participação em sala de aula. Como recursos necessários e material de apoio vamos precisar de quadro branco, pincel, apagador, caneta e papel.

Elaboramos sete questões, para que os alunos possam expor suas concepções sobre o tema abordado, as questões seguem:

1). Tente explique com suas próprias palavras como funciona o sistema da porta automática da sua escola, na qual permite ela abrir e fechar sem você precisar toca-la.

2) De acordo com seu conhecimento, explique como o sistema de iluminação dos postes nas ruas públicas podem se apagar e se acender sozinhos.

3). Quais os tipos de ondas eletromagnéticas que você conhece?

4) O que você entende sobre frequência de onda?

5). Você conhece os tipos de comportamentos da luz?

6) O que são fótons?

7) já ouviu falar sobre o Efeito Fotoelétrico? Se sua resposta for “sim” resuma o que é. Se sua resposta for “não” comente o que você acha que é.

Os alunos deverão ser instruídos a não compartilhar ideia com o colega e nem se preocupar com respostas certas ou erradas. É importante ressaltar que essas questões podem ser elaboradas de acordo com a realidade dos alunos, pois pode haver uma necessidade de por outras perguntas ou retirar algumas.

Aula 2- Contexto histórico do tema Efeito Fotoelétrico e conceito de dualidade onda partícula, duração de 25 + 20 minutos. O objetivo é reconhecer que a física faz parte da construção histórica da humanidade através do contexto histórico de “efeito fotoelétrico” e através do conceito de dualidade onda partícula compreender a natureza da luz. Para essa aula utilizaremos:

1- Vídeo “efeito fotoelétrico” disponível na internet, de curta duração (4 min e 33 s.) que retratam as observações Hertz e a conclusão de Einstein sobre o fenômeno Efeito Fotoelétrico, seguido de aula expositiva e dialogada com uso de slide.

2- Leitura de um recorte do texto “A dualidade onda partícula” retirado da internet, seguido de um vídeo disponível na internet, de curta duração (4 min e 39 s), que trata do comportamento da luz como onda e como partícula, e que para nosso estudo ela será tratada como corpúsculo, seguido de aula dialoga com as observações dos alunos.

Os alunos serão avaliados conforme sua participação em sala de aula. E os recursos necessários e material de apoio, vamos precisar de notebook,

projektor multimídia, caixa de som, quadro branco, pincel, caneta e papel, texto de apoio (Anexo A).

Os links dos vídeos estão disponíveis no item 1.4 Roteiro de aplicação.

Aula 3 – Definição de Efeito Fotoelétrico e suas aplicações, com duração de 25 + 20 minutos. O objetivo dessa aula é apresentar a definição de Efeito Fotoelétrico, e suas aplicações no dia a dia. Como atividades temos:

1 - Leitura de trecho do texto “Efeito Fotoelétrico” seguido de aula expositiva dialogada, com uso de slide, mostrando as principais características do fenômeno e sua equação, resolvendo uma questão de vestibular para calcular a energia do fóton.

2 – Vídeo disponível na internet, de curta duração (11 min) seguido de aula expositiva e dialogada com uso de slide sobre a aplicação do “efeito fotoelétrico”, e participação dos alunos com suas observações e curiosidades. Os alunos serão avaliados conforme sua participação em sala de aula. Recursos necessários e material de apoio: notebook, projetor multimídia, caixa de som, quadro branco, pincel, caneta e papel, texto de apoio (Anexo B).

Aula 4 – Simulação do Efeito Fotoelétrico com uso de aplicativo de computador (PHET *simulations*). Duração: 45 minutos. Objetivo: proporcionar maior interação com o fenômeno Efeito Fotoelétrico com a ajuda da tecnologia disponível.

Como atividade, cada aluno deve estar em um computador que já estará com o aplicativo (PHET *simulations*) aberto. O tutorial do simulador do Efeito Fotoelétrico do aplicativo computacional deve ser entregue aos alunos, onde esse roteiro deverá ser lido antes de iniciar a manipulação do aplicativo, em seguida com a ajuda do roteiro os alunos poderão conhecer o aplicativo, observar as partículas de luz e sua interação com os vários tipos de metais disponíveis. Em seguida podem responder a um exercício de análise, com perguntas guiadas para cada modificação nas características que fazem o Efeito Fotoelétrico acontecer de acordo com as condições propostas. As questões seguem:

1-Escolha um dos 6 elementos para compor a placa coletora, mantenha um determinado valor de intensidade da luz, e descreva o que ocorre quando alteramos o comprimento de onda da luz?

2- Mantenha fixo uma determinada frequência de luz da sua escolha, onde os elétrons estarão passando da placa emissora para a placa coletora. O que você pode observar se alterar a intensidade da luz para diferentes valores?

3- O que ocorre quando fixamos uma determinada frequência de luz e mudamos os valores de tensão? Os elétrons devem estar sendo ejetados.

4- Tente identificar valor limite de tensão onde os elétrons conseguem atravessar de uma placa para outra (potencial de corte). Mantenha fixo um comprimento de onda.

5- É possível identificar o comportamento corpuscular da luz no experimento? Justifique.

Os alunos serão avaliados como o exercício de análise do aplicativo computacional para o Efeito Fotoelétrico é avaliativo, contendo 5 questões. Recursos necessários e material de apoio: laboratório de informática, computadores, quadro branco, pincel, caneta e papel. O tutorial do simulador (Anexo C).

O link do simulador (PHET *simulations*) e do tutorial está disponível no item 1.4 Roteiro de aplicação.

Aula 5 – Teste avaliativo final da sequência didática. Duração: 45 minutos. Objetivo: considerar a capacidade dos alunos em aprender o conteúdo Efeito Fotoelétrico, bem como a abstração de informações relevantes para seu contexto social, político, econômico e cultural. Avaliação final – com cinco questões de vestibulares, de múltipla escolha, os alunos não poderão se comunicar entre si, pois se tratando de uma atividade individual e sem consulta. Recursos necessários e material de apoio: quadro branco, pincel, caneta e papel (avaliação). Avaliação – Efeito Fotoelétrico (Apêndice A).

1.4 ROTEIRO DE APLICAÇÃO

Quadro 01: Roteiro de atividades da Sequência Didática

Roteiro – Sequência Didática			
Tema abordado: Efeito Fotoelétrico			
Público alvo: Alunos do 3º ano do ensino médio integrado			
Objetivo Geral: Compreender o “Efeito Fotoelétrico”, bem como os conceitos que contribuirão no processo de construção do fenômeno e suas aplicações.			
Aulas	Objetivos específicos	Conteúdos	Dinâmica das atividades
01	Analisar os subçunsosores dos alunos acerca do tema Efeito Fotoelétrico.	-	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de questionário, para obter informações das concepções prévias dos alunos sobre o tema Efeito Fotoelétrico. • Atividade individual.
02	Reconhecer que a física faz parte da construção histórica da humanidade através do contexto histórico de “efeito fotoelétrico” e através do conceito de dualidade onda partícula compreender a natureza da luz.	Efeito Fotoelétrico: Contexto histórico Dualidade da luz	<ul style="list-style-type: none"> • Os alunos deverão assistir o vídeo “efeito fotoelétrico” disponível em https://www.youtube.com/watch?v=IA0wLIDNBU que retratam as observações Hertz e a conclusão de Einstein sobre o fenômeno Efeito Fotoelétrico • Seguido de aula expositiva e dialogada com slide. • Leitura de trecho do texto “dualidade onda partícula”, seguido de um vídeo disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Mq9_JOzF8iw que trata do comportamento da luz como onda e como partícula. • Seguido de aula dialogada com as observações dos alunos.
03	Apresentar a definição de Efeito Fotoelétrico, e suas aplicações no dia a dia.	Conceito de Efeito Fotoelétrico	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura de trecho do texto “efeito fotoelétrico” seguido de aula expositiva dialogada, com uso de slide, mostrando as principais características do fenômeno e sua equação; • Resolver uma questão de vestibular para calcular a energia do fóton. • Assistir um vídeo disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=jtN1ij5U7sQ • Aula expositiva e dialogada com uso de slide sobre a aplicação do “efeito fotoelétrico”, e participação dos alunos com suas observações e curiosidades.
04	Proporcionar maior interação com o fenômeno “efeito fotoelétrico” com a ajuda da tecnologia de	Efeito Fotoelétrico: simulação do com uso de aplicativo de computador	<ul style="list-style-type: none"> • Cada aluno utilizará em um computador que já deverá estar com o aplicativo (PHET <i>simulations</i>) disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/ aberto. • Terão o apoio de um roteiro da simulação do Efeito Fotoelétrico do aplicativo computacional disponível em:

	informação disponível.		https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/4433/Ricardo%20Monteiro%20da%20Silva%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y , e deverão ler esse roteiro antes de iniciar a manipulação do aplicativo; <ul style="list-style-type: none"> • Com a ajuda do roteiro os alunos poderão conhecer o aplicativo, observar as partículas de luz e sua interação com os vários tipos de metais disponíveis. • Em seguida poderão responder a um exercício de análise, com perguntas guiadas para cada modificação nas características que fazem o Foto Elétrico acontecer ou não.
05	Considerar a capacidade dos alunos em aprender o conteúdo Efeito Fotoelétrico, bem como a abstração de informações relevantes para seu contexto social, político, econômico e cultural.	Efeito fotoelétrico	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação final – com cinco questões de vestibulares, de múltipla escolha, os alunos não poderão se comunicar entre si, pois se tratando de uma atividade individual e sem consulta.
<p>Avaliação: Os alunos serão avaliados conforme sua participação em sala de aula, bem como pelas respostas do exercício de análise em laboratório e teste final.</p>			

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino de Física Moderna, apesar de ser uma parte de física, pouco abordada com os alunos do ensino médio, quando incluída ao seu currículo, pode proporcionar a esses alunos diversas novas possibilidades de compreender o mundo em que vivem. Ainda assim, é importante lembrar que eles, no seu dia a dia, adquirem saberes que servem como base para a compreensão de novos conhecimentos, e esse saberes adquiridos pelos alunos, foi chamado de subsunçor, ideia ancora ou conhecimento prévio, por David Ausubel (1918-2008), o que permitiriam aos alunos assimilar o significado de novos conhecimentos.

2.1 O CONHECIMENTO PRÉVIO E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

O aluno do ensino médio, carrega consigo várias experiências e conhecimentos adquiridos no seu cotidiano, segundo Ausubel (2003) esse conhecimento pode estar mais ou menos elaborado em termos de significado. Mas serve de ideia-ancora para novos conhecimentos, onde ele mesmo se modifica adquirindo novos significados, sendo um processo interativo, validando significados já existentes. De acordo com [Moreira 2011], para Ausubel:

Um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor; ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo.

A aprendizagem significativa, é o conhecimento que se matem na memória do aprendiz, mesmo que passe muito tempo sem ter acesso ao subsunçor, o aprendiz consegue resgatar e retomar as ideias e reorganiza-las. Ainda de acordo com [Moreira 2011] “vários são os fatores que influenciam a aprendizagem, mas se pudéssemos isolar um, este seria, mais do que qualquer outro, aquilo que o aprendiz já sabe”.

É importante levar em consideração que, para que a aprendizagem ocorra de forma verdadeiramente significativa, o aluno deve estar disposto a aprender.

A interação do subsunçor e o conhecimento científico que a Física traz para o ensino médio, resulta numa ampliação e modificação de conhecimentos, numa aprendizagem significativa.

3 SEQUENCIA DIDÁTICA COMO ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE FÍSICA

O processo de ensino aprendizagem requer uma busca incessante de conhecimento, tanto para o aluno quanto para o professor. O professor de física precisa se dispor a novas transformações em seu processo de ensinar, e para ensinar ele também precisa estar em constante aprendizado, e reflexão sobre como e onde melhorar seu trabalho.

O ensino de física pode se tornar menos complexo para o aluno, e uma boa estratégia é a construção de uma sequência didática. A sequência didática entra na vida do professor de física, como uma ferramenta capaz de modificar o jeito de ensinar e aprender, pois a SD é uma forma organizada de alcançar objetivos propostos em sala de aula. Segundo [Zabala 1998]:

A sequência didática é a forma de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade de ensino Os grandes propósitos estabelecidos nos objetivos educacionais são imprescindíveis e também úteis para realizar a análise global do processo educacional ao longo de toda uma série e, sem dúvida, durante todo um ciclo ou uma etapa.

É importante ressaltar que, cada professor deve levar em consideração a realidade da sala de aula, seu espaço para desenvolver as atividades e experimentações de Física, podendo adaptar sua sequência didática. Uma sequência didática, quando bem estruturada e planejada alcança os objetivos propostos na construção do conhecimento. Em especial nas aulas de Física, a sequência didática é uma estratégia com grande potencial.

4 ABORDANDO O EFEITO FOTOELÉTRICO

Para uma maior compreensão do Efeito Fotoelétrico, é preciso lembrar que o conceito de dualidade onda partícula deve estar claro na mente do aluno, pois para o estudo do efeito fotoelétrico a luz se comporta como partícula e não como onda.

4.1 DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA

Por muito tempo a teoria acerca da natureza da luz foi indagada e não respondida, onde Christiaan Huygens propôs que a luz consistia em ondas, e Isaac Newton propôs a teoria que, a luz consistia em partículas, essas duas teorias concorrentes descreviam o comportamento da luz e de acordo com [Yamamoto 2018] “àquela 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 natureza distintas, quase antagônica”.

Ondas e partículas, ambas têm características diferenciadas entre si. Em 1801, Thomas Young, em seu experimento da “fenda dupla”, parecia comprovar que a luz era uma onda. Essa ideia foi reforçada por Maxwell em 1862, onde previa que a luz transportava de energia.

Contudo, Albert Einstein, em um artigo publicado em 1905, desafiou a teoria ondulatória, segundo [Hewitt 2002], para Einstein “a luz interage com a matéria não como ondas contínuas, como Maxwell havia visualizado, mas como minúsculos pacotes de energia, que nós agora chamamos de fótons”.

Essa descoberta mostrou que a natureza da luz tem suas particularidades, podendo se comportar como ondas luminosas ou partículas, dependendo de cada experimento a ser estudado, esses comportamentos nunca estarão juntos.

4.2 CONTEXTO HISTÓRICO DO EFEITO FOTOELÉTRICO

Na tentativa de demonstrar as ondas eletromagnéticas previstas por Maxwell, o físico Heinrich Rudolf Hertz, pôde observar, depois de vários experimentos que ao incidir luz sobre certas superfícies metálicas ocorria e emissão de elétrons da mesma, onde de acordo com [Peruzzo 2014] “A produção de centelhas entre dois eletrodos era facilitada quando sobre eles incidia luz”, mas tarde esse fenômeno ficou conhecido como Efeito Fotoelétrico.

Phillips Lenard, ex assistente de Hertz, ao realizar suas análises, segundo [Melo 2019] e [Peruzzo 2014], utilizando equipamentos experimentais, percebeu que partículas negativas eram emitidas, somente em algumas frequências de luz, e número de elétrons arrancados do metal dependiam da intensidade da luz nessas frequências. Lenard concluiu ainda que, não havia uma relação de dependência entre a intensidade da luz e a energia dos elétrons emitidos.

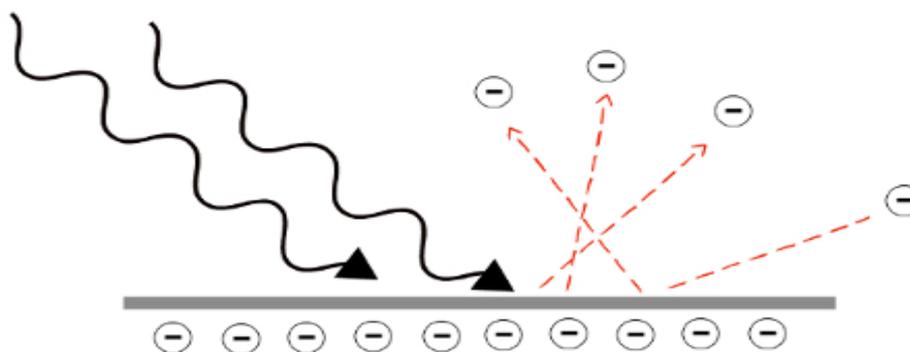
Em 1905, Albert Einstein, publicou quatro artigos que causaram uma transformação de conhecimentos no pensamento científico do século XX, um deles intitulado “Um ponto de vista heurístico sobre a produção e transformação da luz”, propondo a teoria de Efeito Fotoelétrico. Dos estudos voltados ao comportamento da luz, Einstein conseguiu explicar o Efeito Fotoelétrico de forma mais sucinta, recebendo então em 1921 o Prêmio Nobel de Física referente a esse trabalho.

Foi retornando a hipótese de Planck, e adaptando-a à luz, que Einstein pode ir além. Inicialmente Planck, limitando-se ao conceito de quantização de energia dos elétrons nas paredes da cavidade do corpo negro, acreditava que quando irradiada a energia eletromagnética, essa se espalharia ao espaço. Com tudo, Einstein considerou que a energia radiante é quantizada em pequenos pacotes, chamados de fótons [Gomes 2011].

4.3 O EFEITO FOTOELÉTRICO E SUAS APLICAÇÕES

O Efeito Fotoelétrico é um fenômeno que ocorre quando materiais geralmente metálicos são expostos à radiação eletromagnética de alta frequência a ponto de emitirem elétrons. A figura 1 mostra uma radiação eletromagnética incidindo com uma certa frequência f na superfície metálica emissora eletrizada negativamente.

Figura 1: observação do Efeito Fotoelétrico



Fonte: brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-efeito-fotoeletrico.htm (2022)

Para esse fenômeno quântico, a luz se comporta como partícula, e transfere energia para os elétrons a ponto de serem ejetados do metal. De acordo com [Carron 2006], “a energia chega aos elétrons do metal em pacotes, cada pacote é um *quantum* de energia, ou seja, carrega uma quantidade bem definida de energia”. O fóton é um corpúsculo ou partícula de luz carregado de energia. A energia E do fóton está relacionado com a sua frequência f , pela equação

$$E = hf$$

Onde temos, h a constante de Planck, cujo valor é $6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s.

A energia que o elétron recebe do fóton, precisa ter um valor mínimo para que possa ser ejetado da superfície do material, essa energia mínima é chamada de função trabalho Φ , e seu valor depende do tipo de cada metal. Sendo a

energia E do fóton igual ou maior que a função trabalho Φ , a energia cinética máxima do elétron ejetado será dada pela equação do Efeito Fotoelétrico

$$E_{cmax} = hf - \Phi$$

A descoberta do efeito fotoelétrico permitiu uma maior compreensão da natureza da luz. E com o avanço da tecnologia, a sociedade vem se beneficiando cada vez mais com essas inovações, tornando-se importante à vida das pessoas, contribuindo na indústria e no cotidiano.

Das várias aplicações do Efeito Fotoelétrico podemos citar: Os sensores que tem como base a incidência da luz. Esses sensores são fundamentais para o funcionamento de diversos dispositivos eletrônicos como:

- A porta automática
- A iluminação externa
- Sensor de aproximação
- Visão noturna
- Cinema falado
- Sistemas de alarme
- Câmera fotográfica que contém elementos fotossensíveis.

As diversas aplicações do Efeito Fotoelétrico presentes no dia a dia, gera um ganho de conhecimento que envolve ciência e tecnologia, além de proporcionar melhores condições de vida para a sociedade, também permite a compreensão de um fator importantíssimo que é a luz.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Novas metodologias contribuem para que o ensino de física seja diferenciado, os alunos precisam ser estimulados à compreensão da natureza que os cercam. Os professores devem estar dispostos a novas mudanças e adaptando esses conteúdos de acordo com a realidade do público alvo.

A aplicação de uma sequência Didática como estratégia para o ensino de física moderna, é uma ferramenta capaz de transformar a aprendizagem. O tema Efeito Fotoelétrico, que está presente no cotidiano tanto do professor como do aluno, é um conhecimento que engrandece a capacidade do ser humano em contribuir para a construção da sociedade.

Cada etapa a ser trabalhada na SD, deve facilitar a compreensão dos discentes. Utilizar a tecnologia disponível favorece um melhor atividade e interação dos alunos. Com tudo, é importante que esses alunos estejam dispostos a adquirir novos conhecimentos.

6 REFERÊNCIAS

CARRON, W. GUIMARÃES, O. As faces da física. Vol. Único / Wilson Carron, Osvaldo Guimarães. 3 ed. São Paulo. 2006.

GOMES, V. C. Uso de simulações computacionais do efeito fotoelétrico no ensino médio/ Valdelenes Caralho Gomes. 2011.

HEWITT, P. G. Física conceitual/Paul G Hewitt; tradução Trieste Freire Ricci; Maria Helena Gravina. -9, ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

MELO, M. W. A. ARAÚJO, R. S. SOUSA, D. F. M. SILVA, R. A. M. Determinação da constante de Planck por meio do Efeito Fotoelétrico. Congresso nacional de pesquisa e ensino em ciências CONAPESC. 2019.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares / Marco Antonio Moreira. São Paulo. 2011.

PERUZZO, J. Física Quântica: Conceitos e Aplicações / Jucimar Peruzzo. Irani (SC): 2014.

YAMAMOTO, K. FUKE, L. F. Física para o ensino médio. vol. 3. Eletricidade/física moderna / Kazuhito Yamamoto, Luís Felipe Fuke. 4.ed. São Paulo. 2016

ZABALA, A. V. La Práctica educativa. Como ensinar. 4ª ed: Espanha, 1998.

APÊNDICE A - Questionário final

1) (UFRN–2008) - Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que servem para abrir e fechar portas automáticas. Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como

- A) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- B) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.
- C) partícula, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.
- D) onda, e o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

2) (ENEM) - O efeito fotoelétrico contrariou as previsões teóricas da física clássica porque mostrou que a energia cinética máxima dos elétrons, emitidos por uma placa metálica iluminada, depende:

- A) exclusivamente da amplitude da radiação incidente.
- B) do comprimento de onda da radiação incidente.
- C) da amplitude da onda da radiação incidente.
- D) da frequência e não da amplitude da radiação incidente.
- E) nenhuma das anteriores

3) (URCA). Buscando estudar a geração e detecção de ondas eletromagnéticas, o físico alemão Heinrich Hertz (1857 – 1894) notou que o brilho provocado por faíscas do transmissor que emitiam estas ondas melhorava o desempenho do detector.

Em seguida concluiu que este brilho se dava pelas radiações ultravioletas emitidas por essas faíscas ao que se designou por efeito fotoelétrico, sobre este fenômeno somente uma alternativa está incorreta:

- A). Para certa frequência, o número de elétrons emitido por uma placa metálica iluminada é proporcional à intensidade de luz incidente na placa;
- B) A energia cinética dos elétrons emitidos pela placa é proporcional à frequência da radiação incidente e não depende da intensidade dessa radiação;
- C) O efeito fotoelétrico foi explicado pelo físico Albert Einstein dentro da teoria ondulatória da luz, não estando associado a teoria dos quanta de luz.
- D). Um fóton ao penetrar dentro de uma superfície metálica, atinge um elétron e transfere a esse elétron toda a sua energia e se esta energia for suficiente, o elétron abandona o metal, caso não permanece preso a sua estrutura.
- E). Para física atual um feixe de luz pode se comportar como um feixe de partículas, ou seja, um feixe de fótons.

4) IESDE 2015 - Albert Einstein publicou em 1905 uma série de trabalhos científicos revolucionários, entre os quais tratou do efeito fotoelétrico, que tem importantes aplicações no cotidiano, como em células fotovoltaicas, sensores, etc.

A respeito do efeito fotoelétrico, analise as afirmativas a seguir:

I. Quando uma radiação eletromagnética atinge a superfície de uma placa metálica, verifica-se a emissão de elétrons. Esse fenômeno é conhecido como efeito fotoelétrico.

II. Para explicar o efeito fotoelétrico, Einstein propôs que a radiação incidente deveria ter características ondulatórias.

III. A energia transportada pelos fótons da radiação incidente é diretamente proporcional à amplitude da onda.

Está (ão) correta (s) apenas:

a) I e III. b) II e III. c) I e II. d) I. e) III.

5) (UFPE–2007) - O efeito fotoelétrico, explicado por Albert Einstein em 1905, constitui um dos marcos iniciais no desenvolvimento da Física Quântica. Assinale, dentre as alternativas a seguir, a ÚNICA característica observada no efeito fotoelétrico que está de acordo com a previsão da Física Clássica, quando fotoelétrons são emitidos a partir do cátodo.

A) A existência de uma frequência de corte da radiação incidente.

B) O crescimento da corrente fotoelétrica com a frequência da radiação incidente.

C) A ausência de intervalo de tempo apreciável entre a incidência de radiação no cátodo e o estabelecimento da corrente fotoelétrica.

D) O crescimento da corrente fotoelétrica com a intensidade da radiação incidente.

E) A dependência da energia cinética dos fotoelétrons com a frequência da radiação incidente.

ANEXO A – RECORTE DE TEXTO- A DUALIDADE ONDA PARTÍCULA



Na física clássica é comum pensar que a maioria dos objetos se encaixa em uma de duas categorias: **partículas** ou **ondas**.

A diferença fundamental entre as duas é que uma onda não carrega matéria com ela. As ondas apenas se movem através da matéria, propagando energia e informação.

A luz é uma onda ou uma partícula?

No final do século XVII e início do século XVIII existia um debate muito forte acerca da natureza da luz. Algumas pessoas defendiam que ela era uma partícula enquanto outras pessoas defendiam que ela era uma onda.

Essa disputa foi resolvida pelo físico britânico Thomas Young, em 1801. Ele criou um experimento que seria capaz de diferenciar partículas e luz, o [famoso experimento da fenda dupla](#). Esse experimento encerrou um debate que durava quase um século ao conseguir confirmar que a luz era uma **onda**.

Mas nem toda (na verdade, quase nenhuma) descoberta ou conceito científico dura para sempre. Menos de um século depois do famoso experimento da fenda dupla realizado por Young, outros dois problemas estavam indo de encontro ao que achávamos que sabíamos sobre o Universo: o [Efeito Fotoelétrico](#) e a [Catástrofe Ultravioleta](#).

A luz não é mais uma onda

Nesses dois experimentos independentes a mesma solução foi proposta: **a luz deveria se comportar como partícula**. Isso ia de encontro com séculos de debate acerca da natureza da luz, que deveria estar finalizado desde o experimento da fenda dupla de Young. Esse foi o primeiro indício forte de uma dualidade partícula-onda na física.

Agora até as partículas são ondas

Passado algum tempo – em 1924, para ser exato – um físico Francês chamado Louis de Broglie sugeriu algo ainda mais ousado: não só a luz tem comportamento *dual* (de onda e de partícula), como também **partículas apresentam comportamento dual**.

Isso foi um grande choque, porque não só os fótons, como também *todas as partículas* como eu, você, átomos, elétrons e pedras possuíam comportamento *dual*.

Essa proposta ousada foi mais tarde testada nas escalas de tamanho da física quântica usando elétrons. Curiosamente, o experimento que comprovou que os elétrons tem característica *dual* era bastante parecido com o experimento de Young, que provou que a luz é uma onda.

Hoje nós sabemos que a matéria tem característica *dual* por causa da **dualidade onda-partícula**. Mas esse desenvolvimento teórico e experimental [foi](#) se acumulando ao longo de séculos de debate acerca da natureza da nossa própria realidade.

Se você quiser entender mais sobre a dualidade onda-partícula e por que precisamos tanto dela, o *Ciência Todo Dia* fez um vídeo bastante interessante sobre o assunto:

Fonte: <https://universoracionalista.org/a-dualidade-onda-particula/> (acesso: 2021)

ANEXO B – RECORTE DE TEXTO - EFEITO FOTOELÉTRICO

Efeito Fotoelétrico (I)

Borges e Nicolau

Ao entardecer as lâmpadas de iluminação das ruas acendem-se automaticamente. Ao clarear do dia, apagam-se. Uma porta se abre quando uma pessoa dela se aproxima. Uma campainha é ativada quando um cliente passa pela porta de uma loja, avisando da sua chegada. Holofotes acendem-se na passagem de uma pessoa em suas imediações. Todas essas aplicações tecnológicas descritas são explicadas pelo efeito fotoelétrico. Mas no que consiste este efeito? Quem o descobriu? Quem o explicou?

Radiação eletromagnética, como a luz, por exemplo, incidindo na superfície de um metal pode extrair elétrons dessa superfície. Este fenômeno é denominado **efeito fotoelétrico** e foi descoberto em 1887 pelo cientista alemão Heinrich Hertz (1857-1894).

No ano de 1900, o físico alemão Max Planck (1858-1947) apresentou à Sociedade alemã de Física um artigo que introduzia a idéia de quantização de energia, segundo a qual um corpo aquecido não emite energia de modo contínuo. A explicação do efeito fotoelétrico foi feita, em 1905, pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955) utilizando o conceito de quantização.

Einstein considerou a luz ou qualquer outra radiação eletromagnética não uma onda mas composta de "partículas" de energia denominada fótons. A energia de um fóton é denominada quantum. Um quantum de energia E de uma radiação eletromagnética de frequência f é dada pela equação de Planck:

$$E = h.f$$

A constante h é denominada **constante de Planck**, sendo no Sistema Internacional igual a $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s.

Sendo $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J, a constante de Planck pode ser expressa por $4,14 \cdot 10^{-15}$ eV.s.

Um fóton de radiação eletromagnética ao atingir o metal é completamente absorvido por um único elétron que com esta energia adicional pode escapar do metal, gerando uma corrente elétrica. Os elétrons emitidos são denominados **fotoelétrons**. O efeito fotoelétrico resulta da colisão entre duas "partículas", o fóton e o elétron.

A quantidade mínima de energia Φ que um elétron necessita receber para ser extraído do metal é denominada **função trabalho**, que é uma característica do metal.

Metal	Φ
Sódio	2,28 eV
Alumínio	4,08 eV
Zinco	4,31 eV
Ferro	4,50 eV
Prata	4,73 eV

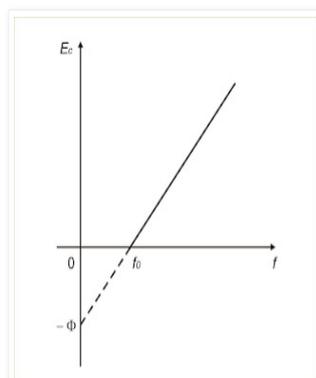
Um elétron recebe a energia $E = h \cdot f$ do fóton incidente. Para ser extraído esta energia deve superar a função trabalho Φ , isto é $h.f \geq \Phi$. A diferença $h.f - \Phi$ é a energia cinética E_c que o elétron adquire. Esta energia cinética é máxima pois Φ é a energia mínima. Assim, temos a chamada equação fotoelétrica de Einstein:

$$E_c = hf - \Phi$$

De $h.f \geq \Phi$, resulta: $f \geq \Phi/h$. O valor mínimo de f a partir do qual os elétrons são extraídos é dado por $f_0 = \Phi/h$ e corresponde a $E_c = 0$.

A frequência f_0 é chamada **frequência de corte**.

O gráfico de E_c em função de f é mostrado abaixo. Note que o coeficiente angular da reta é a constante de Planck.



Propriedades importantes:

- Aumentando-se a intensidade da radiação incidente, isto é, aumentando-se o número de fótons incidentes, aumenta o número de elétrons emitidos sem alterar a energia cinética máxima deles.
- Para um dado metal, aumentando-se a frequência da radiação incidente, a partir de f_0 , aumenta a energia cinética máxima dos fotoelétrons emitidos.
- Abaixo de f_0 não há emissão de elétrons, independentemente da intensidade da radiação incidente.

Células fotoelétricas

Uma célula fotoelétrica é constituída de um catodo (c) e de um anodo (a) metálicos no interior de uma ampola de vidro na qual foi feito vácuo. Reveste-se a superfície côncava do catodo por uma fina camada de metal alcalino. Quando a luz atravessa a janela e incide na superfície do catodo, libera elétrons que são atraídos pelo anodo. O circuito se fecha e o amperímetro indica a passagem de corrente. Assim, um raio de luz incidindo na janela age como uma chave elétrica que fecha o circuito. Ao se bloquear a incidência da luz, cessa a passagem de corrente elétrica, como se uma chave abrisse o circuito. Atualmente são usados sistemas mais simples e mais eficazes, com o mesmo princípio de funcionamento, chamados **fotossensores**.

Fonte: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2019/11/cursos-do-blog-eletricidade_13.html (acesso: 2021)