



PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE TEXTOS PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA: RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA DO PROGRAMA RESIDÊNCIA PEDAGÓGICA

ARTIGO ORIGINAL

GONÇALVES, Antônio Amadeus Mendes¹, LIMA, Ítalo Marcos de², MACÊDO, Haroldo Reis Alves de³

GONÇALVES, Antônio Amadeus Mendes. LIMA, Ítalo Marcos de. MACÊDO, Haroldo Reis Alves de. **Produção e aplicação de textos para o ensino de física moderna: relato de uma experiência didática do programa residência pedagógica.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 07, Ed. 05, Vol. 06, pp. 97-117. Maio de 2022. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/fisica/fisica-moderna>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/fisica/fisica-moderna

RESUMO

A Física Moderna trouxe diversas inovações que modificaram a ciência e, consequentemente, a maneira de interpretar fenômenos do Universo, entretanto ela continua sendo pouco estudada no ensino médio devido à complexidade de seus cálculos. Nesse contexto, o presente artigo, visou responder: a elaboração de textos que tratem de forma teórica de Física Moderna a partir de conteúdos já conhecidos dos alunos, pode ser uma alternativa para se ensinar Física Moderna no Ensino Médio? Para responder a esse questionamento, foram elaborados textos de apoio com o objetivo de apresentar esse tema aos estudantes do ensino médio, partindo de conceitos já conhecidos de termodinâmica e ondulatória. Esses textos tiveram sua aplicação analisada através da observação das habilidades desenvolvidas, da compreensão e interesse pelo tema por parte dos alunos. Para o desenvolvimento das atividades e, tendo em vista o contexto da pandemia da COVID-19, foram utilizadas plataformas virtuais. A aplicação dessa proposta, portanto, se deu em uma turma do 2º ano do ensino médio e a eficácia do estudo foi verificada usando o método quantitativo e qualitativo, através de questionários para sondar os conhecimentos prévios dos alunos. Por fim, foi possível concluir que a utilização desses textos de apoio proporcionou aos estudantes um conhecimento mais profundo e estruturado dos conceitos de Física Moderna presente no cotidiano.



Palavras-chave: Física Moderna no Ensino Médio, Radiação do Corpo Negro, Dualidade Onda-Partícula.

1. INTRODUÇÃO

A Física Moderna (FM) trouxe diversas inovações que modificaram a ciência e consequentemente a maneira de interpretar fenômenos do Universo. Objetos de uso diário como o forno micro-ondas, o computador até mesmo o celular são exemplos dessas inovações que o aluno tem contato no cotidiano, mas que devido a falhas na escola regular do ensino médio (EM) eles não sabem explicar como funcionam.

A FM ainda é vista como algo muito abstrato tanto pelo professor, quanto pelo aluno (DA SILVA E PINHEIRO, 2020). Geralmente omitida do currículo, ou vista às pressas por ser ministrada no encerramento do ano letivo. Um dos grandes obstáculos ao ensino dessa parte da física no EM é a complexidade de seus cálculos que muitas vezes necessita de conceitos matemáticos só vistos na graduação na área de exatas.

Neste contexto, o presente artigo, tem como questão norteadora: a elaboração de textos que tratem de forma teórica de Física Moderna a partir de conteúdos já conhecidos dos alunos, pode ser uma alternativa para se ensinar Física Moderna no Ensino Médio? Para responder a esse questionamento, foram elaborados textos de apoio com o objetivo de apresentar esse tema aos estudantes do ensino médio, partindo de conceitos já conhecidos de termodinâmica e ondulatória.

Os textos envolvendo tópicos de FM foram apresentados em aulas expositivas-dialogadas realizadas de forma remotas devido à disseminação do coronavírus, popularmente conhecido como COVID-19, que ocasionou grandes mudanças no âmbito educacional. Como por exemplo a necessidade de uso de plataformas digitais para realização de aulas remotas. Neste trabalho usou-se o *Google Classroom* para atividades assíncronas e o *Google Meet* para atividades síncronas. Durante o processo surgiram algumas perguntas que levaram a elaboração de um questionário que foram aplicados com os alunos após as aulas a fim de validar o método e os textos.



Situado no contexto acima, apresenta-se aqui um relato de experiência das atividades desenvolvidas no programa de Residência Pedagógica (RP) no subprojeto de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – *Campus Picos* no qual o Residente e seus supervisores elaboraram e aplicaram textos voltados ao ensino de Física Moderna de forma teórica.

A utilização desses textos de apoio proporcionou aos estudantes um conhecimento mais profundo e estruturado de conceitos de FM presente no cotidiano e através dos questionários foi possível identificar que a maioria desses alunos julgaram interessante e importante o tema de FM.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

A inserção de física moderna no ensino médio é uma necessidade cada vez mais presente, visto sua relevância na atual produção tecnológica que a sociedade apresenta. A influência desses conteúdos é de total relevância para os alunos do ensino médio, isso pelo fato de que estão inseridos em uma sociedade altamente tecnológica, industrializada e informatizada, a física é responsável por desempenhar esse papel ao fornecer subsídio necessário para essa compreensão. Isso se faz necessário diante de toda evolução científica-tecnológica na qual estão imersos (SONZA, 2007).

Até o final do século XIX, o que se tinha de conhecimento da física eram os conceitos, teorias e leis da física clássica (FC). No início do século XX, a física passou por uma revolução científica, onde os conceitos de tempo, espaço, trajetória, causalidade, simultaneidade, medida e posição receberam uma nova compreensão (CORREIA, 2018). A FC que tinha como base Galileu Galilei, o qual tratava do movimento com aceleração nula e constante, Johannes Kepler, que descrevia os movimentos planetários, Isaac Newton com a mecânica clássica, onde descrevia os movimentos não relativísticos e por fim James Maxwell com sua contribuição para o eletromagnetismo e óptica. Toda essa estrutura passava por uma transição, tal



revolução que deu origem à física moderna, a qual engloba a teoria da relatividade e a física quântica. A partir de então, muitos fenômenos ficaram impossíveis de serem compreendidos pela FC, o que necessitaria de novos modelos e formulações matemáticas para serem descritos (MEGGIOLARO e BETZ, 2012).

A estrutura da física a partir desse momento passou a ser: Física Clássica até o final do século XIX e a Física Moderna compreendida entre o final do século XIX até meados da década do século XX. A partir do qual passou a ser conhecida como Física Contemporânea. Com base nisso, pode-se definir o estudo de acordo com sua etapa de abrangência (SANCHES, 2006).

2.2 DIFICULDADES ENFRENTADAS PARA ENSINAR FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

Devido às dificuldades encontradas por professores para a inserção de tópicos de FM em sala de aula. Os pesquisadores Machado e Nardi (2003), Silva e Almeida (2011) apontam a questão da falta de preparo dos professores como um dos obstáculos à inserção da Física Moderna no Ensino Médio, além da dificuldade de se propor metodologias que relacionem os conteúdos a situações cotidianas e ao mundo tecnológico, para uma efetiva abordagem dos tópicos em questão.

Brockington e Pietrocola (2005) analisam os requisitos necessários para a inserção de FM no EM. Segundo eles, se o professor entender o processo de como a produção científica da comunidade acadêmica migra para a sala de aula ele estará mais apto para propor alternativas que garantam uma inserção plausível desses conceitos. A partir da análise de transposição didática e sua relação com o ensino de FM os autores concluem que sua inserção no EM é necessária, com destaque de alguns conteúdos em benefício de outros, que a introdução desses conteúdos deve estar alinhada às atividades que tenham maior ênfase na argumentação filosófica, privilegiando o debate e as características mais qualitativas do conhecimento, o que seria capaz de contornar os obstáculos gerados pelas representações matemáticas presente nos temas a serem desenvolvidos.



As orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) afirmam que a Física do ensino médio deve resgatar o espírito questionador do educando, que ao ensiná-la deve-se instigar no educando a perguntar e não somente dar respostas idealizadas, a Física deve ser entendida como um processo de construção histórica cujas contribuições impulsionam cada vez mais ao desenvolvimento de novas tecnologias a serviço da sociedade. Acredita que isso só se torna possível dando ao educando uma visão da física desenvolvida nas diferentes épocas.

3. METODOLOGIA

Com o início da pandemia as aulas em todo o Brasil foram suspensas. Na Unidade Escolar Coelho Rodrigues, (escola campo que foi realizado a residência) não foi diferente e o retorno das aulas se deu de forma totalmente remota e seguiu assim por todo o ano de 2021. Desse modo, durante esse período excepcional, as atividades foram realizadas de forma assíncronas – aulas gravadas, leituras de textos, vídeos etc. – e síncronas – encontros online ao vivo. A organização das aulas se deu por meio do *Google Classroom* onde foram disponibilizados os materiais aos estudantes, servindo como meio oficial de comunicação entre docentes e discentes durante o período remoto.

Nesta pesquisa foi produzido textos de apoio para os alunos sobre FM, esses textos foram postados no *Classroom* para que os fizessem uma leitura prévia sobre o tema a ser trabalhado na aula seguinte que foi realizada de forma síncrona utilizando o *Google Meet*, momento no qual foi possível interagir, discutir e se aprofundar sobre o tema trabalhado nos textos.

Para desenvolver esse trabalho escolheu-se por uma abordagem quantitativa e qualitativa. O método quantitativo utiliza questionários compostos por questões fechadas previamente estabelecidas para uma melhor análise dos dados, e codifica as questões fazendo-se uma análise estatística dos dados. Já o método qualitativo opta por questões de múltipla escolha, a fim de fornecer uma visão mais geral do grupo pesquisado, sendo úteis para quem busca entender o contexto em que alguns dos fenômenos estudados ocorrem.



Para validade o uso dos textos produzidos foi aplicando um questionário quanti-qualitativo na escola citada do município de Picos- PI, investigando os alunos da turma que participaram da aula, todos entre 16 e 17 anos que estavam cursando o segundo ano de ensino médio. No questionário buscou-se averiguar o que os alunos sabiam sobre FM, e ainda detectar se existia interesse por parte dos alunos em estudar tópicos de FM.

A amostra da pesquisa (turma do segundo ano) foi escolhida de forma intencional pela noção inicial e dos conteúdos de termodinâmica e ondulatória, sendo esses um embasamento inicial para o estudo dos tópicos de FM que foram trabalhados nessa proposta. No entanto, é importante salientar que essa amostragem não tem a pretensão de ser representativa do universo dos alunos da referida série das escolas brasileiras, mas pode-se dizer que refletem a realidade da turma que foi feito o estudo, por entender os tópicos trabalhados e mostrar bons resultados.

A proposta para a introdução do ensino de FM no EM através da Radiação de Corpo Negro e Dualidade Onda-Partícula, consiste numa apresentação que rompe com a forma tradicional de aulas, na medida em que os conceitos dos fenômenos a serem estudados serão tratados de forma coletiva e interativa, utilizando a proposta de textos de apoio, apresentação de vídeos e atividades experimentais que permitirão a construção de analogias entre os fenômenos estudados.

4. TEXTOS SOBRE FM PRODUZIDOS COMO APOIO PARA AS AULAS

Apresenta-se a seguir os textos que foram produzidos e utilizados nas aulas. Como relatado anteriormente, esses textos foram enviados para que os alunos fizessem a leitura antes da aula e na aula fossem discutidos e aprofundados os conceitos apresentados. Os textos são sobre a radiação do corpo negro e dualidade onda partícula, veja a seguir:

4.1 RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO

Um corpo em qualquer temperatura emite radiação eletromagnética (EISBERG E RESNICK, 1979). Essa radiação pode ser visível devido à luz que reflete, mas para o caso de altas temperaturas. Todo corpo emite esse tipo de radiação para o meio e absorve do meio constantemente. Como exemplo prático dessa emissão de radiação, tem-se o ferro elétrico ligado que aquece e emite uma radiação perceptível na forma de calor ao aproximar parte do corpo humano à chapa metálica aquecida (figura 1). Porém essa radiação não é visível, pois para baixas temperaturas a taxa de emissão máxima encontra-se na região do infravermelho 10¹²Hz e 10¹⁴Hz (EISBERG e RESNICK, 1979).

Figura 1. Ferro elétrico - Colocando-se a uma parte do corpo próximo ao ferro aquecido, é possível sentir a temperatura, mesmo a radiação não estando no espectro visível.



Fonte: <https://radiacao.webnode.com.br/teoria-de-planck/radia%C3%A7%C3%A3o%20do%20corpo%20negro/>

Outro exemplo que se aproxima da radiação de corpo negro é uma brasa incandescente (figura 2). Percebe-se a existência de radiação térmica à medida que se aproxima dela, pois, mesmo que o ar atmosférico esteja frio, percebe-se um aquecimento da nossa pele. Neste caso também é perceptível a mudança de coloração da brasa devido ao aquecimento.



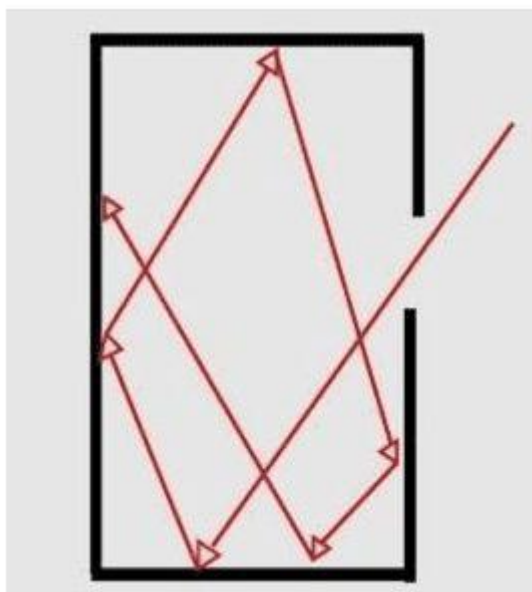
Figura 2. Brasa incandescente. Colocando-se a uma parte do corpo próximo à brasa, é possível sentir a temperatura, e olhando é possível ver espectro vermelho característico do aquecimento em altas temperaturas.



Fonte: <https://www.sonhoesignificado.com/2015/04/sonhar-com-brasas-significado.html>

Corpo negro é um então um objeto ou substância que absorve toda a radiação incidente sobre ele (figura 3), ou seja, ele não é capaz de refletir a radiação incidente, independente do comprimento de onda e da direção de incidência (EISBERG E RESNICK, 1979).

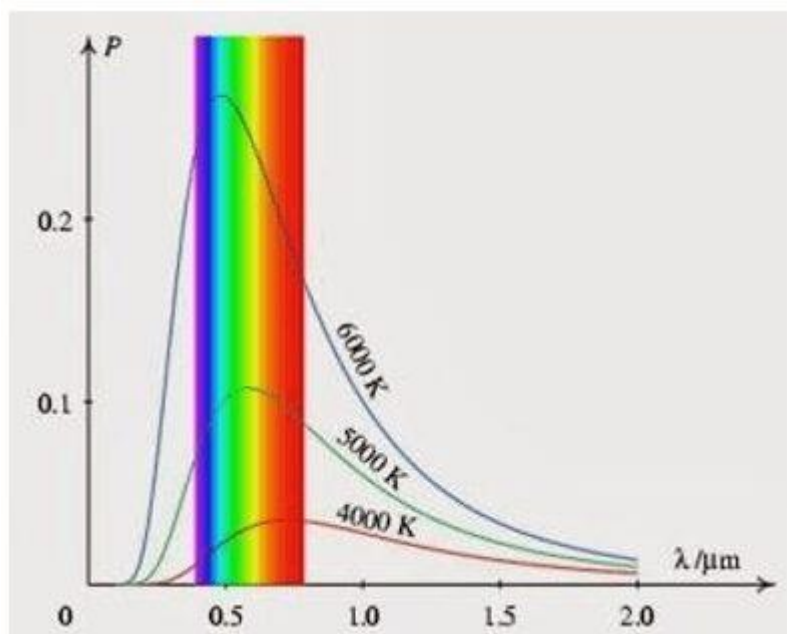
Figura 3. Modelo de um corpo negro



Fonte: Próprio autor

A caixa da figura 3 possui um pequeno orifício, no qual é atravessado por radiação eletromagnética. Considera-se um objeto assim como aproximadamente um corpo negro pelo fato de que parte da radiação incidente é absorvida pelas paredes interna da caixa, e, ao se observar o orifício externamente, percebe-se o seu caráter escurecido, independentemente da cor interna da caixa, do comprimento de onda, da direção de incidência ou estado de polarização. Neste caso não como a radiação não escapa e diz que o corpo se encontra em equilíbrio termodinâmico, sendo a emissão igual a absorção (GUIMARÃES, 2018). A intensidade da radiação emitida por um corpo negro em função do comprimento de onda, a diferentes temperaturas é apresentado na figura 4.

Figura 4. Gráfico com três temperaturas diferentes.



Fonte: <http://www4.pucsp.br/webduino/experimentos/corpo-negro-com-arduino/teoria.html>

Observado na figura 4, para cada comprimento de onda, a intensidade da radiação varia de acordo com o valor da temperatura. Com base neste resultado, conclui-se que:

- Todos os corpos estão emitindo calor; quanto maior a temperatura de um corpo, maior é a energia que ele pode emitir.
- Lei de Stefan-Boltzmann (Eq. 1), aplicada ao corpo negro fornece intensidade da radiação emitida:

$$I = \sigma \cdot T^4 \quad (\text{Eq. 1 - equação de Stefan-Boltzmann}).$$

Onde $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$ é a constante de Stefan-Boltzmann.

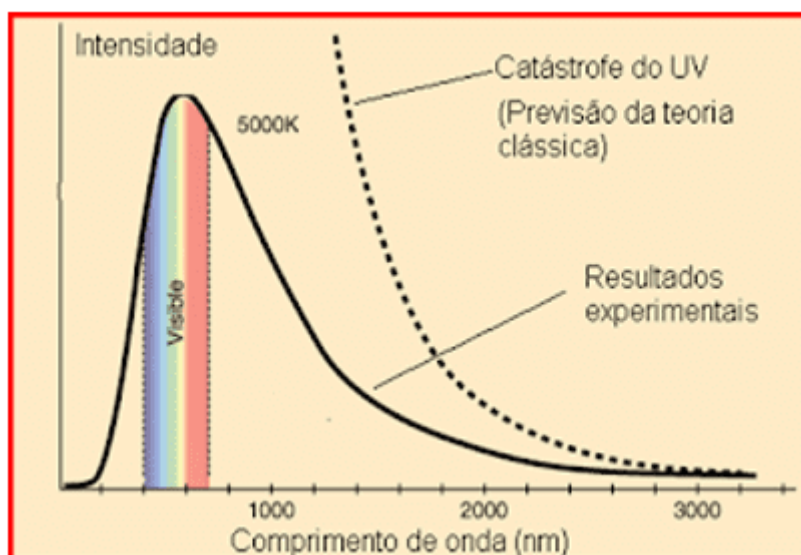
- Aumentando a temperatura, o pico da distribuição se desloca para comprimentos de onda menores. Com base na Lei de Deslocamento de Wien:

$$\lambda_{m\acute{a}x} \cdot T = 2,89 \cdot 10^{-3} M \cdot K$$

- $\lambda_{m\acute{a}x}$ representa o comprimento máximo de radiação do corpo negro.
- T é a temperatura absoluta Kelvin.
- Com base na equação de Stefan-Boltzmann, pode-se estimar a temperatura de um corpo sabendo apenas o comprimento de onda de máxima intensidade correspondente (GUIMARÃES, 2018).

Valendo-se dos princípios da FC, a Lei de Rayleigh-Jeans mostra que está de acordo com a experiência apenas para grandes comprimentos de ondas, de modo que os resultados obtidos para comprimento de onda menores havia uma evidente divergência. Este resultado passou a ser conhecido como “catástrofe ultravioleta” (figura 5), e demonstra a séria limitação encontrada pela FC em descrever o problema da radiação do corpo negro.

Figura 5. Catástrofe Ultravioleta



Fonte: <http://fisicacontextoaplicacoes.blogspot.com/2016/07/a-fisica-do-seculo-xx.html>



Os físicos já estavam mais do que convencidos da estreita relação entre a energia radiante emitida por um corpo negro aquecido e sua temperatura. Nessa perspectiva, Max Planck adotou um conceito de que a energia do elétron deveria ser quantizada, ou seja, cada elétron possui uma determinada quantidade de energia, onde essa dependeria apenas da frequência de oscilação das moléculas (Eq. 2). O quantum (E) de energia radiante de frequência (f) é dado por:

$$E = hf \quad (\text{Eq. 2})$$

O h é denominado constante de Planck e seu valor é: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Foi nesse período que o conceito de quantum foi introduzido, os osciladores não irradiam energia de forma contínua, mas por pulsos ou pacotes denominados quanta. Neste limite a teoria de Planck coincide com a clássica, essa reproduz corretamente a radiação espectral do corpo negro. A hipótese de Planck, ainda longe da Física Quântica é, todavia, o primeiro passo no caminho que levou ao aparecimento desta “nova” física.

4.2 DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA

Contexto Histórico

Um dos problemas da Física ao final do século XVII e início do século XVIII era o caráter dual da luz, uma vez que havia um debate sobre a natureza da luz, tendo ela como onda em alguns fenômenos e como partícula em outros.

Dualidade Onda Partícula

Esse fenômeno foi consolidado pelo físico francês Louis-Victor De Broglie. As principais características que difere onda e partícula, são:



Onda	Partícula:
<ul style="list-style-type: none">• São perturbações no espaço;• Não tem posição definida;• Não tem massa;• Transporta energia.	<ul style="list-style-type: none">• Ocupa uma posição no espaço;• Possui massa;• Tem forma definida;• Sua posição pode ser determinada.

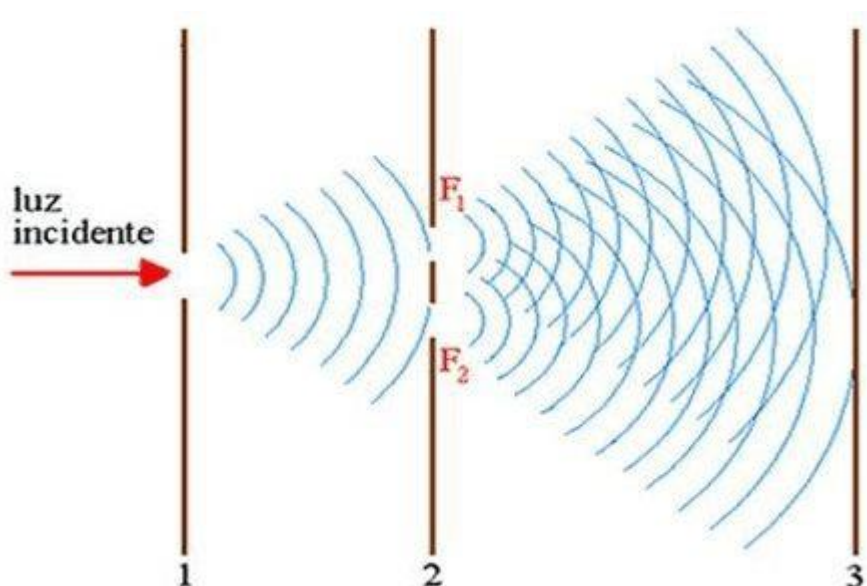
Do ponto de vista da física são coisas totalmente diferentes, mas toda partícula tem uma onda associada a ela e vice-versa. A maneira pela qual a matéria se comporta está relacionada à forma como ela é observada.

Autores e Experimentos

Thomas Young

Em 1801, o físico Thomas Young foi responsável por demonstrar por meio de um estudo o caráter ondulatório da luz. Young desenvolveu uma das experiências mais famosas que aconteceu naquela época, o experimento da Dupla Fenda (figura 6), tal experiência foi uma forte comprovação do comportamento dual do elétron (TIPLER e MOSCA, 1998).

Figura 6. Esquema mostrando como Young obteve o espectro de interferência no anteparo 3.

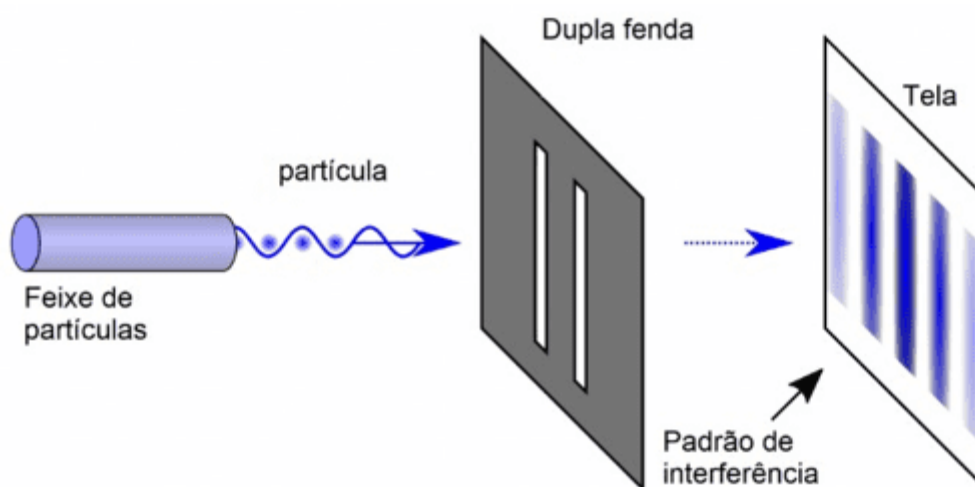


Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/experimento-das-duas-fendas.htm>

Como é apresentado na figura 6, uma fonte de luz é incidida sobre uma placa sólida com duas fendas (2) e do lado oposto tem um anteparo (3). Com isso, o cientista observou duas situações:

- Se a luz for uma onda, ela vai se dividir em duas e interferir uma com a outra, mostrando a interferência construtiva e destrutiva, como é observado na figura 6.
- Se a luz for composta por partículas, ela atravessará as fendas e irá se juntar no anteparo, onde seria observado dois focos de luz bem distintos, como é observado na figura 7.

Figura 7. Arranjo experimental dupla-fenda



Fonte: <https://engenharia360.com/fisica-quantica-um-novo-jeito-de-enxergar-as-leis-naturais/>

Young concluiu que a luz se comporta como onda e que o tipo de interferência está relacionado à distância que cada onda percorreu até o anteparo.

Louis de Broglie

A sugestão de que a matéria pode ter propriedades de ondas foi apresentada por Louis De Broglie em 1924 (NUSSENZVEIG, 1998). Ele argumentou que: se a luz (que é uma onda) pode se comportar como partícula (efeito fotoelétrico), então seria possível que a matéria (que é feita de partículas) possa se comportar como ondas. Com esse argumento, De Broglie apresentou uma relação entre o módulo do momento linear (P) da partícula e o comprimento de onda (λ) associado ao comportamento ondulatório (Eq. 3). Essa relação é:

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ É a constante de Planck.

A hipótese de De Broglie, atribuindo um caráter dual partícula/onda à matéria, parece estranho por contrariar o senso comum do mundo macroscópico. Os estudos de Louis foram essenciais para o entendimento sobre antigas divergências conceituais



relacionadas à onda partícula. Com isso possibilitou uma maior consciência sobre partículas (átomos, elétrons, prótons etc.), até a influência de um corpo macroscópico.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi elaborado textos de FM (apresentados nos tópicos 4.1 e 4.2) relacionados com o cotidiano que servisse de base para o aluno, assim como uma leitura complementar para o professor. Esses textos foram usados nas aulas e a compreensão dos alunos após a aplicação foi em seguida avaliada.

5.1 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

Os questionários consistiram em 6 perguntas, onde três eram direcionadas ao conteúdo da apresentação e as demais eram sobre o interesse dos estudantes no estudo da física moderna, as quais poderiam relatar seus conhecimentos e sua disposição em estudar mais sobre o assunto. Os resultados estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Dados coletado pelo formulário

Perguntas	Resposta	Porcentagem de alunos
1- Esses assuntos de física moderna despertam seu interesse?	Sim	77,8%
	Não	22,2%
2- Considera fundamental o aprendizado desses conteúdos, tendo em vista o grande desenvolvimento científico, tecnológico e cultural que esses dispõem a sociedade?	Sim	100%
	Não	0%
3- Acha importante o professor ensinar esses conteúdos de "física moderna" no ensino médio?	Sim	100%
	Não	0%

Fonte: Dados da pesquisa

Observando a tabela, nota-se que, dentre os respondentes, (77,8%) julgavam ter interesse na FM enquanto os outros (22,2%) expressaram não ter interesse nesse estudo. É fundamental ter ciência desse fato, para poder pensar e elaborar as



melhores formas de inserir tais conceitos, proporcionando aos estudantes abordagens que possibilitem uma melhor compreensão dos conceitos estudados. De forma a despertar nesses 22% o interesse pelo tema, pois acredita-se que o desinteresse se dê por desconhecimento.

Ainda na tabela 1 é visto o resultado da pergunta 2, onde 100% dos estudantes assinalaram “sim”, mostrando que os alunos reconhecem a importância da FM, corroborando com a ideia de que os 22% da questão anterior não tem interesse por desconhecimento, uma vez que julgam ser importante. Por fim, tem-se a pergunta 3 para qual todos julgaram importante o professor trazer essa discussão para sala de aula.

O desenvolvimento do trabalho seguiu estabelecendo um raciocínio lógico na busca de uma explicação entre fenômenos explicados pela FC e sua compreensão em relação à FM. Diante disso, o método de análise de dados consistiu na observação e descrição da postura dos alunos diante dos conteúdos apresentados nas aulas, dos questionários aplicados e das discussões que se seguiram após cada aula.

O conjunto de dados foi analisado sob diferentes abordagens. Em uma perspectiva, foi levada em consideração a mudança de postura dos alunos diante de uma nova visão do mundo, ao perceberem que as leis que se aplicam no mundo macro não se aplicam ao mundo micro. Sob outra perspectiva, foi feita a análise a respeito da capacidade dos alunos de estabelecerem analogias dos novos conhecimentos com conhecimentos pré-existentes, resultando em uma aprendizagem crítica por levar os alunos a novos questionamentos e, significativa na medida em que causa sensações e percepções, implicando em um realinhamento de valores.

5.2 RELATO DAS AULAS PROPOSTA

Aula 1

O primeiro encontro aconteceu no dia 7 de julho de 2021, a aula foi sobre Radiação de Corpo Negro e foi organizada conforme apresentado no quadro 1.



Quadro 1: Esquema de aula 1

Procedimento	Tópicos	Objetivos	Estratégias de ensino
Aula (síncrona) utilizando o google meet e google classroom;	<ul style="list-style-type: none">• Apresentação do estagiário;• Apresentação da proposta didática;	<ul style="list-style-type: none">• Promover uma interação entre estudantes e professor por meio de uma apresentação da proposta didática	<ul style="list-style-type: none">• Exposição dialogada.
Duração de 1 h -aula	<ul style="list-style-type: none">• Introdução à física moderna.	<ul style="list-style-type: none">• Introdução a área da física moderna.	<ul style="list-style-type: none">• Atividade de leitura.
	<ul style="list-style-type: none">• O que é um corpo negro?• Representação de um corpo negro.• Exemplo prático dessa radiação.	<ul style="list-style-type: none">• Discutir a emissão de radiação por diferentes corpos.	<ul style="list-style-type: none">• Atividade experimental.
	<ul style="list-style-type: none">• Radiação de corpo negro.• Leis associado a radiação de corpo negro.	<ul style="list-style-type: none">• Apresentar o problema e a teoria da radiação de corpo negro.	
	<ul style="list-style-type: none">• Os fótons e o quantum.	<ul style="list-style-type: none">• Introduzir o conceito de quantização.	
	<ul style="list-style-type: none">• Intensidade da radiação emitida e comprimento de onda.• Lei de Stefan-Boltzmann.	<ul style="list-style-type: none">• Apresentar e discutir o significado de quântico (ou quântica, quantização e relacionados).	
	<ul style="list-style-type: none">• A catástrofe ultravioleta.• Lei de Rayleigh-Jeans.• A teoria de Planck.• Uma nova física.	<ul style="list-style-type: none">• Discutir o efeito fotoelétrico e a teoria de Planck como marco inicial da física quântica e surgimento de uma nova física.	

Fonte: O próprio autor.



O tema da aula 1 foi sobre “Radiação de Corpo Negro” (RCN) o conteúdo foi regido pela dialogicidade prática com recurso áudio visual, onde foi utilizado uma plataforma virtual como ambiente para construção de conhecimento e interação professor-aluno, sendo pelo *Google Meet* a interação síncrona e pelo *Google Classroom* a interação assíncrona, essa última para disponibilização do material de apoio, vídeo e experimento. Inicialmente foi feita a apresentação do professor-residente, falando sobre sua instituição de ensino, sua afinidade e escolha do curso bem como o motivo de estar participando da residência. Em seguida foi apresentado aos alunos a proposta desse trabalho, visando instigar a participação desses, assim como o aprendizado que eles obteriam ao final das aulas. Utilizando-se de slide foi iniciado a aula apresentando aos alunos a importância do estudo da física, sobre sua vasta aplicação no cotidiano e sua importância para o desenvolvimento científico e tecnológico.

Na sequência, foi aberta a discussão sobre a RCN e iniciando a fala com uma pergunta, o que é o corpo negro (CN)? Os alunos ficaram se perguntando e após um tempo de questionamento o professor começou a falar que eles poderiam pensar que seja um objeto de coloração negra, mas não estão totalmente errados, tendo em vista que um CN é um objeto ou substância que absorve toda a radiação incidente sobre ele, ou seja, ele não é capaz de refletir a radiação incidente, independente do comprimento de onda e da direção de incidência.

Após essa ideia inicial foi mostrada uma representação do CN, em forma de imagem. Logo em seguida foi mostrado exemplos práticos do cotidiano dos alunos, como a emissão de calor proveniente do ferro elétrico ligado. Comentou-se como se consegue sentir essa radiação, mas não se visualiza as ondas eletromagnéticas por ele emitido, pois para baixas temperaturas a taxa de emissão máxima encontra-se na região do infravermelho, outro exemplo apresentado foi o de uma brasa incandescente, percebe-se a existência de radiação térmica à medida que se aproxima dela, pois, mesmo que o ar atmosférico esteja frio, constata um aquecimento da nossa pele e neste caso ainda é possível ver a coloração avermelhada da brasa.



Com a discussão desses exemplos, percebeu-se que os alunos trazem um conhecimento prévio e conceitos formulados a partir da experiência de cada um no seu universo e nas suas experiências do cotidiano. Sendo o professor solicitado para tirar alguma dúvida, ou para fazer pequenas intervenções a fim de reconduzir as discussões ao tema.

Dando continuidade, foi abordado sobre as leis associadas da RCN de forma exemplificada e objetiva para uma melhor compreensão dos alunos, para que eles compreendessem os mecanismos de absorção da radiação de um CN e relacionassem a absorção dos raios do espectro luminoso com o aumento da temperatura entendendo os fenômenos relacionados à radiação.

No fechamento das discussões, foi explicada a teoria de Planck como marco inicial para o surgimento de uma “nova” física. Ao final os alunos concluíram que, apesar de ser um assunto novo para eles, conseguiram compreender os princípios base da RCN e suas aplicações no cotidiano, ressalta-se que por se tratar de ensino médio foi feita uma abordagem teórica, sem o uso das equações que descrevem os fenômenos observados.

Aula 2

O segundo encontro aconteceu no dia 6 de novembro de 2021, a aula foi sobre Dualidade Onda-Partícula e foi organizada conforme apresentado no quadro 2.

Quadro 2: Esquema da aula 2.

Procedimento	Tópicos	Objetivos	Estratégias de ensino
<ul style="list-style-type: none">• Aula síncrona• Utilização do google meet e google classroom.	<ul style="list-style-type: none">• Dualidade onda-partícula.• Experimento da fenda dupla.	<ul style="list-style-type: none">• Apresentar e discutir o conceito da dualidade onda-partícula.	<ul style="list-style-type: none">• Exposição dialogada



<ul style="list-style-type: none">• Duração de 1 h aula	<ul style="list-style-type: none">• Interpretação ondulatória da mecânica quântica.	<ul style="list-style-type: none">• Discutir o experimento de dupla fenda com objetos quânticos (fótons e elétrons).	<ul style="list-style-type: none">• Atividade de leitura
	<ul style="list-style-type: none">• Autores e experimentos.	<ul style="list-style-type: none">• Discutir a interpretação ondulatória da mecânica quântica a partir do experimento de dupla fenda.	<ul style="list-style-type: none">• Vídeo demonstrativo

Fonte: O próprio autor.

Os recursos para realização desta aula foram os mesmos utilizados para a primeira. Inicialmente, antes de começar a apresentação foi feita algumas perguntas para entender a familiaridade dos alunos em relação a esse conteúdo, uma vez que eles receberam o texto antes da aula. Alguns deles relataram já ter ouvido falar sobre, mas quanto ao entendimento não lhes era familiar, como a definição dos conceitos, o que indica que nem todos leram o texto antes da aula teórica. Como ponto de partida da nossa aula, foi abordado um pouco sobre o contexto histórico, relatando o enunciado feito pelo físico Louis de Broglie em 1924, posterior a isso foi feita uma explicação detalhada sobre a diferença de onda e partícula, a fim de que os alunos se situavam melhor quanto ao uso desses termos.

Também foi abordado sobre os autores e experimentos que estão relacionado a esse assunto, no experimento da fenda dupla foi mostrado a visão do físico Thomas Young em relação ao comportamento da luz, foi verificado experimentalmente que em algumas situações ela se comporta como onda e em outras como partícula, daí então o nome de “dualidade onda-partícula”. Louis de Broglie argumentou que se a luz (que é uma onda) pode se comportar como partícula (efeito fotoelétrico), seria possível que a matéria (que é feita de partículas) poderia se comportar como ondas.

Por fim, foi apresentado um vídeo sobre dualidade onda-partícula, onde esse abordava de forma bem clara e objetiva sobre o experimento da fenda dupla. Finalizando a apresentação, os alunos apresentaram pontos positivos quanto a



discussão do assunto, relataram compreender o fenômeno experimental e toda a discussão feita sobre o tema.

6. CONCLUSÃO

Abordar Física Moderna no ensino médio exige-se, além do conhecimento específico, dedicação e critério na escolha do que será tratado e na forma de apresentá-los aos estudantes para que eles possam compreender. Sabia-se, inicialmente, que essa parte da física era pouco ou nunca ensinada no EM devido à sua complexidade, para tanto elaborou-se textos que abordassem de forma teórica conceitos de FM passíveis de compreensão em nível de EM.

Verificou-se que a maioria dos alunos demonstraram interesse e entendem os conteúdos abordados. Embora alguns tenham relatado não ter interesse preliminar no estudo de FM, a maioria demonstrou interesse em poder conhecer mais sobre essa parte da física após as aulas, o que demonstra que esses tópicos podem despertar o interesse dos estudantes pelas ciências. Quanto à compreensão dos conteúdos verificou-se que a maioria dos estudantes conseguiram compreender e correlacionar com seu cotidiano.

Desta forma, respondendo à questão norteadora deste estudo, conclui-se que o uso de textos de apoio preparados pelo professor e utilizados em aula para o estudo de Física Moderna mostrou-se ser uma alternativa para o ensino de FM no EM.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Orientações curriculares para o ensino médio, Volume 2, 2006. p. 135.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? Investigação em Ensino de Ciências. Porto Alegre, RS.10(3), 2005.

CORREIA, Alípio dos Santos. Uma Proposta de Introdução à Física Moderna no Ensino Médio por meio do Fenômeno de Tunelamento Quântico, 2018. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Sudeste da Bahia.



COSTA, André Gustavo Cruz da. Dissertação. **Como ensinar a Física Moderna no ensino médio: Discussões e sugestões**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2004.

DA SILVA, Daniele Socorro Ribeiro; PINHEIRO, Rafael Pires. **Análise de algumas publicações de Física Moderna no Contexto da Educação Básica**. *Revista Saberes Docentes*, v. 5, n. 10, 2020.

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. **Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. Rio de Janeiro: Campus, 1979.

GUIMARÃES, Fernando Feliciano et al. **Proposta de sequência didática para o estudo da radiação do corpo negro no ensino médio**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

MEGGIOLARO, G. P.; BETZ, MEM. **Ensino da radiação do corpo negro em sala de aula**. IX ANPED SUL SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, v. 9, p. 1-17, 2012.

NUSSENZVEIG, H. Moysés, **Curso de Física Básica 4 Ótica, Eletricidade e Física Quântica**. Ed. Edgard Blücher LTDA São Paulo, 1998.

POLITO, Antony MM. **Radiação de Corpo Negro e os Primórdios da Física Quântica**. *Physicae Organum*, v. 3, n. 2, p. 154-172, 2017.

SANCHES, Mônica Bordim. **A física moderna e contemporânea no ensino médio: qual sua presença em sala de aula?** 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.

SILVA, André Coelho da e ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. **Física Quântica no Ensino Médio: O que dizem as pesquisas**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 624, dez. 2011.

SONZA, Aline Picoli. **Uma introdução ao Médio de Física Moderna no Ensino**. Curso de Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática. Centro Universitário Franciscano de Santa Maria, 2007.

TIPLER, Paul A. e MOSCA, Gene, **Física para Cientistas e Engenheiros**, Volume 3 Física Moderna, Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2009.

VÍCTORA, C. G.; KNAUTH, D.R. & HASSEN, M. De N. A.: **Metodologias Qualitativa e Quantitativa – Uma Introdução ao Tema**, Cap 3, p. 33-44. Tomo Editorial, 2000.

Enviado: Março, 2022.

Aprovado: Maio, 2022.



MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC JOURNAL

**NÚCLEO DO
CONHECIMENTO**

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR NÚCLEO DO
CONHECIMENTO ISSN: 2448-0959

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br>

¹ Graduando do curso de Licenciatura em Física.

² Mestre.

³ Orientador, Doutor.