



Universidade Regional
do Cariri - URCA

Edson Pereira de Moraes
Francisco Augusto Silva Nobre

O ensino da FÍSICA MODERNA:
o *efeito fotoelétrico*,
a partir da Metodologia Fedathi



QUANTUM DE LUZ

www.quantumdeluz.com.br

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	03
2. INTRODUÇÃO	04
3. PORTAL INTERATIVO DE FÍSICA MODERNA	06
4. PROPOSTA METODOLÓGICA PARA USO DO PRODUTO EDUCACIONAL	14
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	19
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1. APRESENTAÇÃO

Estimado professor e professora,

Apresentaremos aqui um material feito especial a você, de modo que possa motivá-lo a criar em sua sala de aula formas de enriquecer e dinamizar suas aulas, no sentido de conquistar o estudante para o conteúdo trabalhado. Ser um aliado à sua prática, quando se falar de ensino de Física Quântica.

Nossa pesquisa se apropriou da Metodologia de Ensino Fedathi, desenvolvida à luz da resolução de questões e dos trabalhos de pesquisa do Laboratório de Multimeios da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Ceará, sob a coordenação do Professor Dr. Hermínio Borges Neto, e o relato de experiência de uma intervenção pedagógica com o Produto Educacional: *Portal Interativo de Física Moderna* para o ensino de tópicos de Física Moderna.

Borges Neto entende que o aluno, não pode ser mais compreendido como um ser sem luz, para ele, quando o estudante for apresentado a uma situação-problema, ele deverá seguir um algoritmo específico, assim como a Ciências propõe aos matemáticos. É preciso levantar hipóteses, buscar informações que favoreçam tal ocorrência, debruçar sobre caminhos que possam levar à solução, verificar tais erros ou acertos, experimentar os conhecimentos assentados e avaliar os resultados encontrados, podendo incorrer sobre inverdades a ponto de corrigi-los e, por fim, elaborar um modelo geral. Nosso trabalho também se enquadra como pesquisa qualitativa, pois realizamos análise observacional da intervenção pedagógica.

Ao professor ou professora, que queira se aprofundar sobre a perspectiva teórica, como também ter detalhes do trabalho de dissertação que gerou esse Material Instrucional, e o próprio Produto Educacional, poderá, em breve, ter acesso a estes, acessando o site do Polo 31 – URCA, do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (<http://www.urca.br/mnpef/index.php/dissertacao-e-produtos>).

A seguir, apresentaremos o Portal Interativo de Física Moderna (Produto Educacional) e a proposta metodológica para uso deste. Finalizando com as considerações finais.

2. INTRODUÇÃO

Os métodos de abordagem dos conteúdos, ou seja, a didática utilizada muitas das vezes não tem sido eficiente em seu uso. Particularmente na área do ensino da Física, onde nessa etapa, os estudantes precisam fazer uso dos conhecimentos científicos adquiridos para entender o funcionamento das máquinas, da tecnologia e do processo de transformação da sociedade que o rodeia. No entanto nos barramos em diversos entraves, desde a formação do profissional e suas heranças trazidas de uma educação falha até os aspectos mais comuns, atualmente como, estrutura, permanência e evasão escolar.

O que se percebe notoriamente, é a existência de um grande hiato entre teoria e prática no processo de ensino de Física das escolas públicas. E o professor sabe que o seu papel é fundamental na redução dessa diferença existente. Por muitos anos a educação tecnicista predominou, a reprodução dos conteúdos e a memorização de textos, fórmulas, conceitos, leis e algoritmos. Muito também se deve ao fato do docente precisar conciliar uma carga horária excessiva, com uma gigantesca matriz curricular de eixos e conteúdo para o ano letivo. Muito exigido pelos cronogramas de processos seletivos para acesso ao ensino superior das universidades.

Isso vai exigir de nós, professores de Física (ciências), um resignificar-se, iniciar um processo de ruptura do ensino tradicional para a conversa com as outras disciplinas, através dos projetos interdisciplinares e transdisciplinares. É preciso dialogar com as demais áreas do conhecimento afim de propor uma aula cada mais vez mais próxima da realidade que os cercam. Sendo assim, faz-se necessário a demanda por novas metodologias ensino, que valorizem ainda mais o convívio e integração social aos envolvidos.

Pretende-se, através deste manual instrucional e da aplicação do produto educacional a que se refere, abordar conceitos e aplicação da Física Moderna, ora tão distante de ser trabalhado no ensino médio, mas em especial o efeito fotoelétrico que rendeu a Albert Einstein, anos mais tarde, o prêmio Nobel e uma expressiva relevância no mundo da ciência. Eis uma proposta que complementa a pesquisa e a produção científica, demandada pelo MNPEF – Mestrado Profissional no Ensino da Física, em seu Polo 31 (Universidade Regional do Cariri).

E é nesse intento que se faz necessária a experimentação, embora que virtualmente, como comprovação científica do fenômeno físico, no tocante a Física, fazendo uso da Sequência Fedathi como metodologia de ensino, que venham auxiliar a resolução de exercícios em sala de

aula ou de procedimentos demandados. A Sequência Fedathi pode significar muito, pois valoriza o planejamento, a aprendizagem significativa e o contexto em que os aprendizes estão inseridos (SOARES in BORGES NETO, 2018). De autoria do Prof. Hermínio Borges Neto (FACED/UFC), a Sequência Fedathi foi desenvolvida para auxiliar seus alunos de Matemática, na resolução de problemas, sendo dividida em quatro (04) fases assim conhecidas:

Na **Tomada de Posição**, o professor vai além de citar o tema da aula, ele pode investigar o que os alunos já trazem de bagagem cultural (*plateau*), e apresenta situações problematizadoras com vistas à sua mediação.

Na **Maturação**, o professor possibilita que os alunos desenvolvam a prática investigativa, tracem hipóteses a partir do debruçamento do tema, intervindo quando necessário ou solicitado, a partir de contraexemplos.

Durante a **solução**, espera-se que a colaboração seja o instrumento chave para o alcance dos objetivos, sem deixar de notar que o erro é passível de existir, sendo uma porta para a reformulação de conceitos.

Na **Prova**, espera-se sistematizar os conceitos, as conclusões afins de tomar novas posições a partir do que foi gerado na discussão, e ainda possibilita a reorganização das novas sessões (ações), conforme o trazido pelos alunos, ampliando as considerações propostas nas etapas anteriores.

Pretende-se, portanto, fazer uso de simuladores interativos do Projeto Virtual PhET para as demonstrações. Será feito uso da sequência de ensino supracitada, para investigar eventuais potenciais didático-pedagógico dessas ferramentas nas aulas de Física, sendo os alunos, os agentes ativos desse processo de ensino-aprendizagem.

Nas secções seguintes traremos uma apresentação, descrição e detalhamento do Produto Educacional (Portal Interativo de Física Moderna), bem como nossa proposta metodológica para uso do site em sala de aula, ou seja, como de fato o educador pode fazer do nosso material para enriquecer sua prática futura. Por fim, teceremos nossas considerações finais de tal produto e sua base bibliográfica que fomentaram vossa utilização.

Serão apresentados toda a aplicação e instrução do uso produto educacional, demandada para tal intervenção, o que foi proposta para ser executado à luz da Sequência Fedathi, pois se trata de um Portal Interativo de Física Moderna. Nele consta desde biografias de grandes nomes da época, como também textos de fundamentação teórica, e um espaço de simulação virtual de diversos fenômenos (QuantumLab).

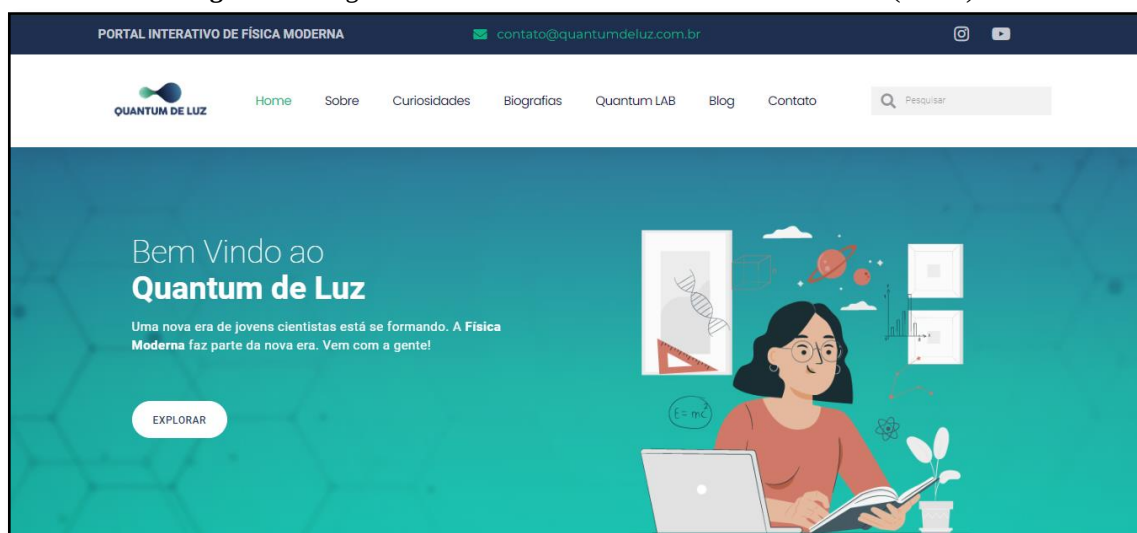
3. PORTAL INTERATIVO DE FÍSICA MODERNA

Em conjunto com o trabalho de pesquisa, foi desenvolvido um produto educacional, por sinal muito atrativo ao público jovem, bem como, altamente oportuno para o momento de sua aplicação. O Portal Interativo de Física Moderna (Disponível em: < <https://quantumdeluz.com.br/>>) veio somar a intervenção, no intuito de validação da Metodologia Fedathi então utilizada. A princípio havíamos pensado na hipótese de construção do experimento físico em si, listando desde os materiais adquiridos e do processo de construção, obedecendo as diversas variáveis que incorrem no seu sucesso ou fracasso.

Com o isolamento social, proporcionado pelo fechamento das escolas, comércio e indústria, foi ficando inviável sua construção e em seguida, partimos para a verificação do fenômeno estudado, agora fazendo uso de simuladores interativos virtuais da plataforma PhET da Universidade do Colorado (EUA), incorporando ao Portal Interativo de Física Moderna, a fim de aproximar os agentes ativos do processo de ensino da Física Moderna – os alunos.

Por conseguinte, esperou-se agregar todos esses valores na interação desse site de pesquisa e simulação, a ponto de socializar a um maior número possível de estudantes no Pernambuco e quiçá no Brasil. Nele consta de textos de fundamentação teórica – numa página denominada *Curiosidades*, breve *Biografia* dos principais nomes e contribuintes da Física Moderna, links de acesso e reporte a simuladores (PhET), desafios, sugestão de leituras e sites para pesquisa e aprofundamento. Na Figura 3.1, acompanhe uma visão geral do portal.

Figura 3.1: Página Inicial do Portal Interativo de Física Moderna (Home)



Fonte: Disponível em < <https://quantumdeluz.com.br> >

O Portal conta com uma logomarca *Quantum de Luz*, associada ao conteúdo apresentado, pois faz referência a quantização da luz em pacotes inteiros de energia. Ainda sobre a página inicial, temos a ilustração de uma jovem feminina, fazendo alusão ao papel importante da mulher na Ciência e do meu respeito e motivação particular para essa crescente evolução. Diante da página citada (*home*), cada usuário pode acessar na barra de tarefas, qualquer um dos serviços ofertados (Curiosidades, Biografias, Quantum Lab, Blog e outros). A página *Sobre* traz informações sobre o autor, ou seja, uma breve autobiografia, um pequeno memorial de trabalho, e as parcerias conseguidas nesse caminho. Na página *Contato*, o usuário pode deixar sua mensagem, dúvida ou sugestão para apreciação do administrador do portal, afinal essa ferramenta visa proporcionar uma maior interação entre o autor e o público, no que concerne a temática Física Moderna.

Na Figura 3.2 que segue, temos uma visão geral da página Curiosidades.

Figura 3.2: Página Curiosidades do Portal Interativo de Física Moderna



Fonte: Disponível em < <https://quantumdeluz.com.br/curiosidades/> >

Nessa página mencionada anteriormente, encontramos todos os textos de fundamentação teórica, artigos de curiosidades, populares e científicos, a propósito os que foram utilizados na intervenção pedagógica, que serviu de embasamento teórico para os estudantes chegarem aos seus constructos. Diversos artigos são encontrados nesse ambiente, muitas curiosidades da física quântica, assunto recentes de descoberta nacional e internacional. Ele serve de fundamentação teórica para inúmeros temas. Veja a seguir, na Figura 3.3 um registro da página que discutimos.

Figura 3.3: Página Curiosidades do Portal Interativo de Física Moderna (Acesso aos textos)



Fonte: Disponível em < <https://quantumdeluz.com.br/curiosidades/> >

Nesse espaço, os usuários terão acesso as biografias de diversas personalidades que fizeram história em suas épocas. Ao clicar em Acessar Biografia, o internauta é encaminhado a uma outra página, contendo o histórico pessoal, acadêmico e profissional do respectivo teórico. Lembrando que aqui constam apenas alguns dos principais nomes, mas aos poucos o portal pode ir sendo atualizado, a propósito a pedido do internauta, para endossar ainda mais essa galeria de grandes físico-químicos.

Nas aulas que antecedem cada assunto ou tópico, o professor pode antes mesmo de abordar o conteúdo, convidar o estudante a fazer sua leitura e ter um conhecimento prévio do pensador (cientista) a que se refere. Que por sinal, serviu de motivação para a construção de tal conteúdo digital. Encontrar num mesmo ambiente, teoria, experimentação e contexto histórico, pra mim enquanto professor, sempre foi um desafio. Acompanhe na Figura 3.4 a seguir, evidências dessa página.

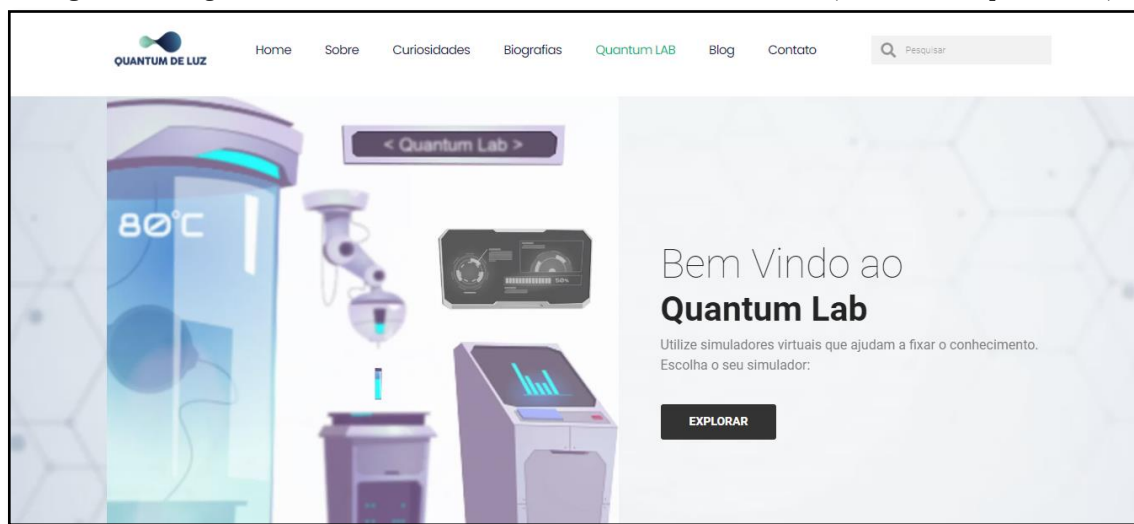
Figura 3.4: Página Biografia do Portal Interativo de Física Moderna



Fonte: Disponível em < <https://quantumdeluz.com.br/biografias> >

A seguir temos um espaço bastante interativo, que servirá de verificação experimental para diversos fenômenos da Física Quântica, embora que virtualmente. Na página *Quantum Lab*, encontramos alguns dos principais experimentos que fomentaram as discussões no final do século XIX. Na figura 3.5 que segue, encontramos uma visão geral da página. Daremos um enfoque especial no experimento que aplicamos na intervenção (Efeito Fotoelétrico), mas os demais servem de comprovação experimental para diversos fenômenos do assunto em questão.

Figura 3.5: Página *Quantum Lab* do Portal Interativo de Física Moderna (Acesso aos experimentos)



Fonte: Disponível em < <https://quantumdeluz.com.br/quantum-lab/> >

Ao acessá-la, o portal nos oferece um leque de opções, para verificação experimental de alguns dos principais fenômenos que norteiam a Física Quântica. Dentre eles, conseguimos aqui expor alguns. Acompanhe na Figura 3.6, evidências do experimento N. 01 (Efeito Fotoelétrico). No capítulo seguinte, da metodologia aplicada, daremos ênfase a esse simulador, fundamental ao estudo e pesquisa aqui apresentado.

Figura 3.6: Página *Quantum Lab* (Experimento N. 01 – Efeito Fotoelétrico)

#Experimento 1:
Efeito Fotoelétrico

Teoria:

- Luz
- Mecânica Quântica
- Fótons

Descrição:

Veja como a luz bate em elétrons de um alvo metálico, e recree a experiência que deu origem ao campo da mecânica quântica.

Alguns Objetivos de Aprendizagem:

- Visualizar e descrever a experiência do efeito fotoelétrico.
- Prever corretamente os resultados de experimentos sobre o efeito fotoelétrico, tais como: como mudar a intensidade da luz afetará a corrente e a energia dos elétrons, como a alteração do comprimento de onda da luz irá afetar a corrente e a energia dos elétrons, como mudar a voltagem da luz irá afetar a corrente e a energia dos elétrons, como a alteração do material do alvo afetará a corrente e a energia dos elétrons.
- Descrever como esses resultados nos levam ao modelo de fóton de luz (por exemplo: argumentar que apenas um modelo de fóton de luz pode explicar por que, quando a luz está brilhando sobre o metal, mas não há corrente, aumentando a frequência levará a uma corrente, mas aumentando a intensidade da luz ou a tensão entre as placas não).

Fonte: Disponível em < <https://quantumdeluz.com.br/quantum-lab/> >

O experimento N. 02, denominado *Espectro do corpo negro*, podemos descrever o que acontece com o espectro do corpo negro à medida que aumenta ou diminui a temperatura. É possível observar o comportamento gráfico espectral (curva) de alguns corpos como a Terra, uma lâmpada a estrela Sirius e o Sol. Bem como sua relação entre temperatura e o comprimento de onda de pico. Por trás da simulação dá para trabalhar a Lei de Planck e a Lei de Wien. Veja a Figura 3.7 a seguir sobre o experimento.

Figura 3.7: Página *Quantum Lab* (Experimento N. 02 – Espectro do Corpo Negro)

#Experimento 2:
Espectro do Corpo Negro

Teoria:

- Corpo Negro
- Lei de Planck
- Lei de Wien

Descrição:

Como o espectro do corpo negro do sol se compara à luz visível? Aprenda sobre o espectro de corpo negro da Sirius A, do Sol, de uma lâmpada e da Terra. Ajuste a temperatura para ver o comprimento de onda e a intensidade da mudança do espectro. Veja a cor do pico da curva espectral.

Alguns Objetivos de Aprendizagem:

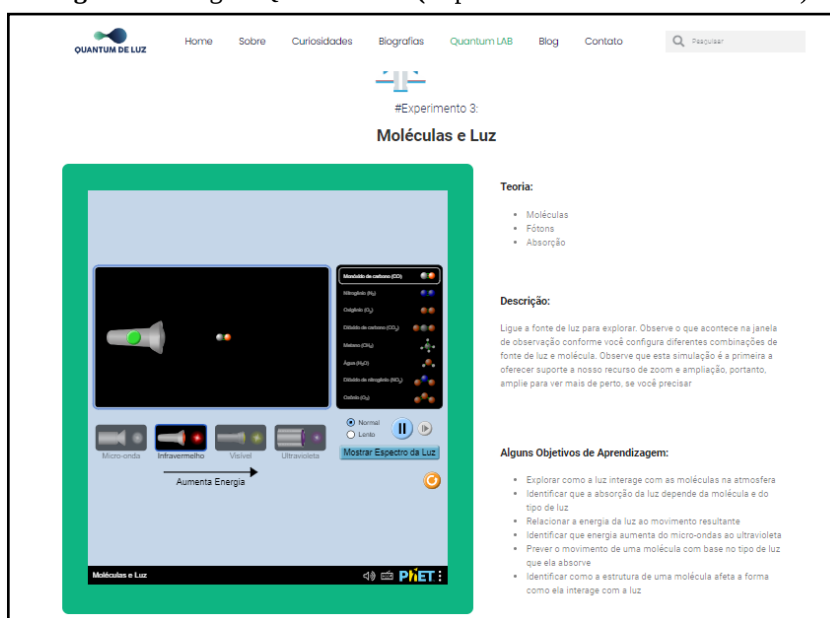
- Descrever o que acontece com o espectro de corpo negro à medida que aumenta ou diminui a temperatura. O que acontece com a forma da curva e o pico desta curva?
- Descrever o espectro de corpo negro de uma lâmpada. Por que as lâmpadas ficam quentes? Elas parecem eficientes?
- Imagine que você veja dois objetos quentes e brilhantes – um está brilhando em laranja e o outro está brilhando em azul. Qual deles é mais quente?
- Encontrar a relação entre a temperatura e o comprimento de onda no pico da curva.

Fonte: Disponível em < <https://quantumdeluz.com.br/quantum-lab/> >

No experimento N. 03, denominado de *Moléculas e Luz*, explora como a luz interage com as moléculas da atmosfera, além de identificar que o fator absorção de luz depende da molécula e do tipo de luz sobre ela emitida. Além de prever o movimento resultante de uma molécula pelo tipo de luz que ela absorve, ainda mostra que a estrutura molecular pode afetar a forma com a luz interage com ela.

Por fim, vimos ainda que essa simulação consegue ainda fornecer o recurso zoom e ampliação, para se ter uma ideia da configuração microscópica do movimento gerado. Acompanhe na Figura 3.8 a seguir uma visão preliminar no experimento.

Figura 3.8: Página *Quantum Lab* (Experimento 03 – Moléculas e Luz)

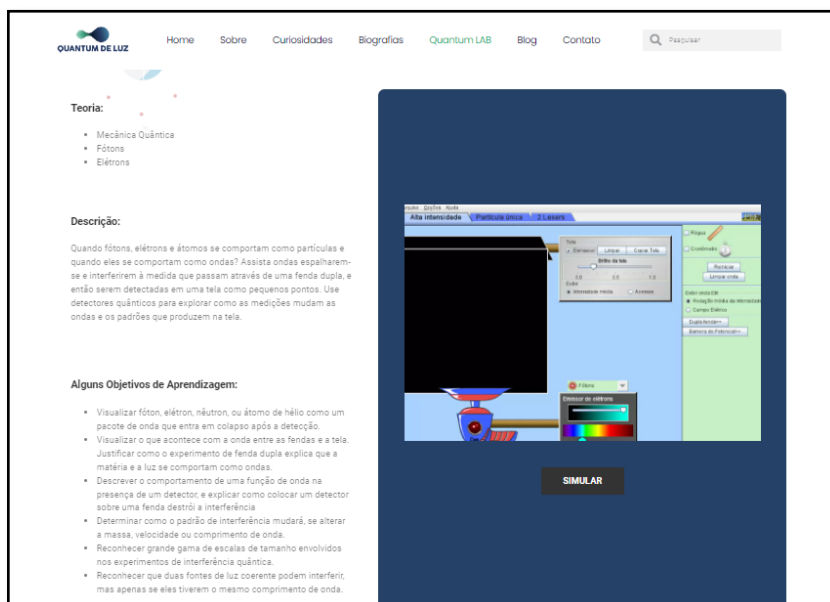


Fonte: Disponível em < <https://quantumdeluz.com.br/quantum-lab/> >

No que concerne o experimento N. 04, intitulado por *Interferência Quântica*, o aluno bem como o educador, pode visualizar como as partículas subatômicas entram em colapso após sua detecção. Medidores quânticos podem interferir nessas medidas, que por sinal, em alguns momentos vemos a matéria e a luz se comportando como onda. Reconhece ainda que determinadas variáveis quando oscilam mudam seu padrão de interferência, como é o caso das variáveis velocidade, massa ou comprimento de onda.

Enfim, é um excelente simulador para verificar essas representações. Confira na Figura 3.9 que segue, uma visão geral dele.

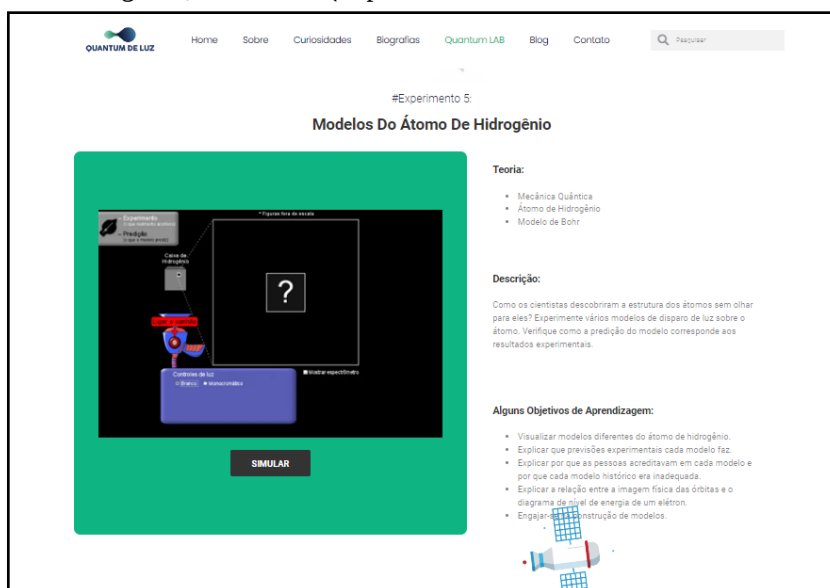
Figura 3.9: Página *Quantum Lab* (Experimento 04 – Interferência Quântica)



Fonte: Disponível em < <https://quantumdeluz.com.br/quantum-lab/> >

E no último experimento, o N. 05, denominado de *Modelos do Átomo de Hidrogênio*, podemos conferir como os cientistas descobriram a estrutura dos átomos. Vemos como a predição dos modelos correspondem aos resultados experimentais. Através desse simulador observamos também a explicação entre a imagem física das órbitas e o diagrama de nível de energia de um elétron. Perceba numa visão geral dessas funcionalidades na Figura 3.10.

Figura 3.10: Página *Quantum Lab* (Experimento 05 – Modelos do Átomo de Hidrogênio)



Fonte: Disponível em < <https://quantumdeluz.com.br/quantum-lab/> >

Na página *Blog*, o educando é convidado a integrar uma grande comunidade, que vem se formando a 02 anos. Fomentando estudos, reflexão e curiosidades. Os participantes são motivados a ler e escrever sua opinião sobre os temas abordados. Uma oportunidade ímpar de socialização e saberes, ainda mais de um tema tão recorrente ao mundo contemporâneo, porém de pouca pesquisa e divulgação científica, pelo menos aqui no Brasil. Segue a Figura 3.11 da página supracitada.

Figura 3.11: Página Blog do Portal Interativo de Física Moderna



Fonte: Disponível em < <https://quantumdeluz.com.br/blog-quantum-de-luz/> >

O Produto Educacional é o resultado material da pesquisa elaborada ao longo do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, e representa todo o empenho e dedicação em apresentar uma ferramenta didática e um material de apoio, para outros professores de Física que atuam na educação básica.

Dessa forma o Portal Interativo de Física Moderna e este Material Instrucional, à luz da Metodologia Fedathi, foi o nosso diferencial, pois reunimos elementos suficientes para o ensino da Física Moderna, em especial do Efeito Fotoelétrico em sala de aula, ainda que no ensino remoto.

A seguir descrevemos os resultados revelados do processo de intervenção e aplicação do Produto Educacional. Destacamos o acesso e difusão dos textos de fundamentação teórica, bem como do uso de simuladores virtuais PhET, incorporados ao Portal Interativo. Discutimos os resultados das respostas dadas às situações-problemas, e por fim, formulamos um modelo geral.

4. PROPOSTA METODOLÓGICA PARA USO DO PRODUTO EDUCACIONAL

De longe que assuntos como Astronomia e Física Moderna despertam a curiosidade dos alunos do ensino médio, em especial nossa educação básica de escola pública, percebemos a carência do ensino da Física Moderna, bem como do entendimento de diversos fenômenos correlatos que os cercam, embora seja contemplado pela proposta curricular dos estados, porém dificilmente é visto pelos discentes. Seja por carga horária não cumprida, seja com inoportunidade de professores aptos a lecionar tal conteúdo.

Discorremos agora sobre a descrição dos encontros que podem fazer uso do Portal Interativo, bem como da metodologia utilizada, dos comportamentos e reflexões a serem observadas, simuladas e registradas ao longo da intervenção pedagógica, bem como a análise dos resultados a partir das construções dos próprios alunos.

De caráter sugestivo, apresenta-se a sequência das atividades durante a intervenção pedagógica, com as respectivas durações, acessos e uso do Produto Educacional. Ressalte-se que a carga horária total de intervenção para essa metodologia é de 12 horas.

Na Tabela 4.1, encontramos uma proposta de aplicação de intervenção pedagógica.

Tabela 4.1: Tabela-resumo dos encontros da intervenção pedagógica

Encontros	Assunto		Ferramentas
01	LUZ	Teste de sondagem sobre Luz (Explicação sobre a ementa da disciplina eletiva)	Questionário e apresentação oral
02		Cor	Simulador Virtual PhET, Vascak
03		Reflexão, refração, difração e interferência	Slides
04		Teste de sondagem sobre Física Atômica (teste que antecede a aplicação da Metodologia Fedathi)	Questionário e apresentação oral
05		Emissão de Luz	Sequência Fedathi e o Produto Educacional
06		Os quanta de Luz	Sequência Fedathi e o Produto Educacional
07		Efeito Fotoelétrico	Sequência Fedathi e o Produto Educacional
08		Avaliação de satisfação da metodologia empregada	Entrevista coletiva

Fonte: Próprio autor

Espera-se que ao final das etapas da intervenção, os alunos possam responder questionários com questões objetivas e subjetivas, para que opinem a respeito da dinâmica do processo de intervenção e das ferramentas de ensino utilizadas para o ensino de Física Moderna, em especial do efeito fotoelétrico.

A aplicação da sequência Fedathi, aliada ao Portal Interativo, pode ser seguido ao longo das aulas, conforme descrição abaixo.

No primeiro encontro da eletiva Física Quântica e, conseqüentemente, da intervenção pedagógica, virá a necessidade da apresentação da ementa da disciplina. A partir de então deve ser exposto aos alunos quais caminhos seguiremos, o que se pretende alcançar com os objetivos traçados, e principalmente pelo fato da aplicação da Metodologia Fedathi, o que se espera mensurar qualitativamente, é avanços no processo de ensino-aprendizagem.

Utilizando um ambiente virtual (Google Meet) para fazer os encontros da intervenção pedagógica, a princípio num âmbito coletivo e, no decorrer dos encontros, em salas virtuais privadas, destinadas ao grupo específico de alunos. Portanto, durante as aulas, deve-se utilizar diversos materiais (textos, simuladores virtuais e questionários) ora disponibilizados pelo professor na tela de compartilhamento, ora publicado no site (produto educacional).

Nesse primeiro encontro, os alunos são convidados a participar de um Teste de Sondagem, que consiste em verificar o grau de conhecimento sobre a luz, seus principais fenômenos como reflexão, refração, difração, interferência, seja pelo aspecto óptico, seja pelo aspecto ondulatório. Após um dado tempo, os resultados devem ser consolidados e trabalhados com todos, de maneira sistematizada e ponderada pelo professor.

No segundo encontro, recorre-se mais uma vez ao ambiente virtual (Google Meet), para formar nossa sala aula e então propor as ações coletivas ao grupo que se espera receber no dia. O objetivo do encontro é explorar o uso dos simuladores virtuais PhET e Vascak para estudar cor e frequência, ou seja, o quanto estaríamos ou não, familiarizados com a luz e a sua radiação eletromagnética visível.

Pode ser um encontro memorável, uma vez que se discute sobre a decomposição da luz e o que se entende por cor e sua configuração espectral. Uma boa oportunidade para abordar a princípio, a famosa experiência realizada por Isaac Newton, conseguindo decompor a luz branca através de um prisma, demonstrando que esta é formada por uma mistura de cores. Quanto a visibilidade dos objetos, observa-se as propriedades químicas e físicas que fazem com que absorvam certos comprimentos de onda e reflitam outros comprimentos de onda, os quais chegam a nossos olhos e estimulam os cones, sensíveis às cores.

No terceiro encontro pode-se fazer uso de aula expositiva (slides) para reforçar conceitos sobre os fenômenos de reflexão, refração, difração e interferência da luz, retomando conceitos que foram abordados desde a Óptica Geométrica quanto na Ondulatória. Essas ações são fundamentais para nivelar os conhecimentos dos nossos alunos nesse início de intervenção.

No quarto encontro, definido em noventa (90) minutos, é preciso verificar o quanto já foi avançado em compreensão, por parte dos alunos, por isso a proposta é aplicar um novo teste de sondagem, para sabermos a familiaridade dos estudantes com o conteúdo: “comportamento da luz”, seja no âmbito corpuscular, seja no âmbito ondulatório. Como se dá a emissão de luz, ou ainda, a absorção de energia quando um elétron é excitado? Se já ouviram falar sobre fótons, pacotes de energia, e qual sua estreita relação com os fenômenos que integram a Física Moderna? Em quais condições a matéria (átomo) poderia emitir ou absorver energia, dada sua configuração eletrônica bem como, se a movimentação do elétron é determinante ao *quantum* de luz?

Em seguida, logo após a apreciação das respostas apresentadas pelos estudantes. O professor precisa fazer algumas ponderações, em especial àquelas que fugirem dos conceitos e abordagens reais ao assunto. Por fim, esse teste serve de direcionamento para as próximas ações, no que tange a aplicação da Metodologia Fedathi e a aplicação de nosso Produto Educacional, para o estudo de tópicos de Física Moderna.

No quinto encontro, inicia-se com todos os alunos, a aplicação da Sequência Fedathi, dando-lhes as seguintes instruções: Formar as equipes para ler e refletir sobre o texto: *As luzes da cidade* (Disponível no Produto Educacional) no intuito de embasar suas respostas para as situações-problemas propostas a seguir. Sendo elas: *a) Como se dá o acendimento automático dos postes de energia elétrica das cidades? b) Existe alguma explicação científica por trás dessa automação? c) O funcionamento automático de portões, alarmes ou controle remoto é explicado pelo mesmo fenômeno, dos itens anteriores?* Então, as equipes se reúnem, debatem e analisam os problemas em busca de solucioná-los. Em seguida, cada grupo deve apresentar para a turma o que foi discutido e quais seriam as suas respostas para as situações-problemas apresentadas. Ao final de cada apresentação, discutem-se as respostas junto a toda a turma, como forma de buscar contribuições e melhorar os conceitos. Por fim, deve ser feita uma ressignificação adequada da aula, por parte do professor, com a formalização científica dos conceitos envolvidos.

No sexto encontro, aplicando a Sequência Fedathi, também de noventa (90) minutos de aula, inicia-se com a retomada das reflexões dos alunos referente ao encontro anterior. Os estudantes são convidados a mais uma vez, retomarem suas formações iniciais enquanto equipe

para assumir um novo desafio. Novas situações-problemas, em sintonia com nossa pesquisa, avaliará os avanços do processo ensino-aprendizagem por meio da Metodologia Fedathi.

Os alunos recebem as instruções ainda no ambiente coletivo, ou seja, no link geral do encontro (via *streaming*) e logo mais migraram para um link alternativo, gerado para o uso das salas temáticas, a exemplo do encontro anterior. Dessa forma viabiliza a comunicação interna dos integrantes da equipe, com a supervisão do professor, sem a influência dos demais alunos ou grupos. Constitui as instruções, a leitura do texto-base, disponível no Portal Interativo (*Como são ligadas as luzes públicas*), a fim de auxiliar em suas conclusões. As situações problemas são: a) *É possível, no caso do acendimento automático dos postes, eles acenderem a qualquer momento ou horário, mesmo em dias chuvosos?* b) *Ou seja, sem a emissão da luz oriunda do sol, é possível ainda assim acionar automaticamente as luzes dos postes?* c) *E em dias quentes, o fenômeno se evidencia?*

Em seguida, as discussões internas iniciam-se a possibilidade de surgimento de dúvidas, onde deve ser mediada pelo professor, instigando neles outras perguntas para que as mesmas possam ser respondidas pelos próprios estudantes, questionamentos que motivam, esclarecem ou desafiam novas concepções. Logo após, os grupos apresentam para toda a turma as respostas encontradas como solução para os questionamentos.

Por fim, o professor pode expor as respostas dos grupos para o fechamento, ajustando e confirmando as respostas propostas e apresentadas, finalizando com uma reflexão acerca de fenômenos ou dispositivos que funcionem, em situações semelhantes ao que havia sido proposto na situação-problema acima, a exemplo da abertura de portões, alarmes, o funcionamento de células fotovoltaicas presentes nas calculadoras, residências etc.

Evoca-se os textos de fundamentação teórica que aborda sobre a conceituação da cinética do elétron e seus desdobramentos para formas de emissão de luz (fóton), em especial (excitação, relaxação, incandescência, fluorescência e fosforescência), apresentados através do Produto Educacional (Portal) para referendar se o fator clima interfere nesse processo.

No penúltimo encontro a exemplo dos anteriores, é requisitado aos estudantes assumirem as mesmas posições que o fizeram nos últimos encontros, na formação das equipes, para dar sequência a mais uma problematização. Assim sendo, apresenta-se as seguintes situações problemas: a) *No caso do acendimento automático dos postes, é possível alterar a intensidade luminosa, ou seja, quando o Sol parar de emitir luz os postes vão poder apresentar mais ou menos brilho?* b) *Qual o nome do fenômeno físico que está relacionado ao problema?* c) *A frequência da luz emitida, caso fosse possível substituir o sol nesse processo, alteraria a luminosidade?* A princípio, os alunos devem buscar investigar as variáveis que envolviam o

processo, ali apresentado, pelo simulador PhET, incorporado ao produto educacional. Com isso, os estudantes devem fazer as suas observações dentro dos grupos, buscando responder às situações apresentadas. Em seguida, os grupos devem apresentar o que foi debatido, simulado e discutido internamente para toda a turma. O professor deve incentivar sempre nessa fase que os demais estudantes intervenham nas respostas de modo a complementar algo nas soluções propostas.

Por fim, após a apresentação dos resultados alcançados pelos estudantes, deve ser feita uma sistematização dos resultados obtidos e discutido com toda a turma sobre esses resultados, apresentando-se, em seguida, culminando e alinhando os pontos que convergem para a resposta correta do problema, a ponto de evoluir, junto aos alunos, com as construções que eles apresentarão e que não foram suficientemente coerentes. É nesse intento, que devemos verificar se a Tomada de Posição foi ressignificada, ou seja, se houve avanços no tocante a busca pela solução daquela situação-problema. Para isso, usa-se o simulador PhET da Universidade do Colorado (EUA), plataforma disponível gratuitamente para livre acesso, incorporado (embutido) ao Produto Educacional (Portal).

E finalmente, no oitavo e último encontro, com duração de uma hora e meia, deve ser destinado à avaliação do conteúdo trabalhado. A avaliação é sempre um ponto de partida, nunca uma chegada, ainda mais que a pesquisa é de âmbito qualitativo. Dessa forma, o objetivo da avaliação é de mensurar a aprendizagem dos estudantes, coletando a opinião destes acerca do conteúdo, da metodologia aplicada e do produto educacional gerado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta sempre foi o ensino da Física Moderna, em especial do Efeito Fotoelétrico a partir da experimentação, ainda que através de simuladores virtuais, fazendo uso da sequência de ensino fedathiana. Em consonância foi então desenvolvido o Portal Interativo de Física Moderna, o nosso produto educacional. Nele os alunos foram levados a pesquisar, ler, refletir e simular através dos recursos disponíveis e sequenciados pela estrutura lógica, tendo em vista as etapas da Sequência Fedathi: Tomada de Posição, Maturação, Solução e Prova.

Constatamos que a utilização do produto educacional (Portal Interativo) foi peça fundamental da intervenção pedagógica, haja vista que o momento atual não propiciava outras opções de uso. Como o que disponibilizávamos eram os recursos de internet, aulas síncronas e simuladores virtuais (PhET Simulations – incorporado ao Portal). Dessa forma nosso produto dialogou perfeitamente com essa prática.

Um dado importante a ser considerado é que toda a intervenção pedagógica se deu em ambiente virtual, fazendo uso das tecnologias digitais de ensino, em especial das plataformas de streaming (Google Meet). Os comandos e seus desdobramentos só foi possível graças a esse recurso, que foi potencializado a partir da necessidade de isolamento social imposto pela Covid-19. Os desafios surgiram, em alguns momentos impossibilitarão o encontro para alguns estudantes, mas não causaram desânimo na turma, pois tratava-se de um assunto de interesse dos próprios.

O Ensino da Física Moderna, assim como toda a ciência, para se tornar ainda mais atraente e acessível, sempre demandou inovações tecnológicas, pois estas aproximam o público com os conteúdos abordados. A escolha desse tipo de produto educacional não foi em vão, tentamos aliar interatividade com conteúdo, leitura e simulação a todo aquele que o procurar acessar. O crescente interesse e curiosidade por temas nessa linha precisam continuar. Vimos que aliado ao Portal tínhamos uma Metodologia Fedathi que foi eficiente e nos acende uma alerta. É preciso provocar ainda mais mudanças no comportamento e prática do docente dentro da sala de aula, pois essa ferramenta é altamente promissora no caminho de uma aprendizagem significativa. Esperamos que o Portal continue sendo interativo a outros educadores e educandos de física de todo o nosso país, não só para o ensino do Efeito Fotoelétrico, mas para a difusão do estudo da física moderna e contemporânea.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Viviane Silva de. *A Sequência Fedathi e o ambiente Virtual de Ensino Telemeios na determinação na equação da reta*. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

ARAÚJO, F. V. ; NOBRE, F. A. S. ; JUNIOR, J. A. A. ; DANTAS, C. R. S. *Uma Aplicação do Software Educacional PhET Como Ferramenta Didática no Ensino da Eletricidade, INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO: teoria & prática*. Porto Alegre, v. 18, n. 2, jul./dez. 2015.

BORDANAVE, I. *Estratégias de aprendizagem*. São Paulo: Vozes, 1993.

BORGES NETO, H. (org). *Sequência Fedathi: Além das ciências duras*. Vol. 02 - Curitiba. CRV, 2017.

BORGES NETO, H. (org). *Sequência Fedathi: interfaces com o pensamento pedagógico*. Vol. 04 - Curitiba. CRV, 2019.

BORGES NETO, H. (et all). *Sequência FEDATHI - Uma proposta pedagógica para o ensino de ciências e matemática*. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

BORGES NETO, H. (org). *Sequência Fedathi: Fundamentos*. Vol. 03 - Curitiba. CRV, 2018.

EISBERG, Robert & RESNICK, Robert. *QUANTUM PHYSICS, of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles*. JOI-IN WILEY & SONS, New York, 1974.

FERRARO, Nicolau Gilberto & SOARES, Paulo Toledo. *Física Básica*. Volume Único, 4º reimpressão, São Paulo, Editora Atual, 1998.

FERRARO, Nicolau Gilberto; PENTEADO, Paulo César; SOARES, Paulo Toledo; TORRES, Carlos Magno. *Física Ciência e Tecnologia*. Volume Único, Editora Moderna, 2001

GASPAR, Aberto. *Física: Eletromagnetismo e Física Moderna*. São Paulo, Editora Ática, 2000.

GILMORE, Robert. *Alice no País do Quantum*. Trad. André Penido. Rio de Janeiro, Jorge Zahar Editor, 1998.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert and KRANE, Kenneth S. *Física 4*. 4ª Edição, 1992.

HEWITT, P. G. *física conceitual*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

MINAYO, M. C. S. (Org.). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis: Vozes, 2001.

MEDEIROS A.; MEDEIROS, C. F. *Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física*. Revista Brasileira de Ensino de Física, Porto Alegre/RS, v. 24, n. 2, p. 79, 2002.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. *Curso de física básica, 4: ótica, relatividade, física quântica*. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2014.

SOARES, T. A. *A Contribuição da Sequência de Ensino FEDATHI no Processo de Ensino e Aprendizagem em Física*. 2016. 84f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Universidade Regional do Cariri – URCA, Juazeiro do Norte, 2016.

SOUZA, M.J.A. *Aplicações da sequência FEDATHI no ensino e aprendizagem da geometria mediado por tecnologias digitais*. Fortaleza.f.230 [Tese(Doutorado)]. Curso de Pós Graduação em Educação. Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, 2010.

OREAR, Jay. *Física*. Trad. Ivan Cunha Nascimento e José Roberto Moreira. Rio de Janeiro, LTC, 1971.

PCN's (MEC / SEMTEC, 2002).

PARANÁ, Djalma Nunes da Silva. *Física. 6ª edição (reformulada)*. São Paulo, Editora Ática, 2003.

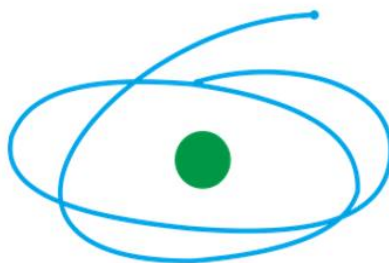
TIPLER, Paul A. *Física. Trad. Ronaldo Sérgio de Biasi*. 4. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2000.

YOUNG, Hugh D. *Fundamentals of Optics and Modern Physics*. McGraw-Hill Book Company, 1968.

QUANTUM D

www.quantumdeluz.com

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



C A P E S



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA