

O ESTUDO DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO MÉDIO, A PARTIR DA METODOLOGIA FEDATHI

The Study of the Photoelectric Effect in High School, from the Fedathi Methodology

Edson Pereira de Moraes¹ [mredson2012@gmail.com]
Antony Gleydson Lima Bastos² [gleydsonlima@ifce.edu.br]
Francisco Augusto Silva Nobre³ [augusto.nobre@urca.br]

¹ *Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF, Polo 31URCA
EREM Artur Barros Cavalcanti – Secretaria de Educação do Pernambuco*

² *Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF, Polo 31URCA
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Cedro*

³ *Departamento de Física da Universidade Regional do Cariri - URCA
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF, Polo 31URCA
Programa em Ensino da Rede Nordeste de Ensino – RENOEN, Polo UFC*

Recebido em: 19/03/2023

Aceito em: 06/11/2023

Resumo

Buscamos neste trabalho desenvolver uma proposta para o ensino de tópicos de Física Moderna, em especial do Efeito Fotoelétrico, a partir da Sequência Fedathi. Esta, que se configura como uma metodologia de ensino, tem enfoque na prática docente em sala de aula e tomou notoriedade a partir dos trabalhos do Laboratório de Pesquisa Multimeios, na Faculdade de Educação da Universidade Federal do Ceará, sob coordenação do professor Hermínio Borges Neto. O público-alvo escolhido para aplicação da intervenção pedagógica foi formado por 28 alunos dos 2º e 3º anos do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual do Pernambuco, localizada na cidade de Bodocó, e foram elaboradas com base em oito (08) encontros. No primeiro encontro, foi efetuado o levantamento acerca do conhecimento prévio dos alunos. No segundo e terceiro encontro foi apresentado os conceitos físicos necessários acerca da natureza corpuscular e ondulatória da matéria (luz). Já no quarto encontro, aplicou-se um novo teste de sondagem, no intuito de verificar o quanto o aluno assimilou do conteúdo. A partir de então vieram os encontros de aplicação da Metodologia Fedathi (5º, 6º e 7º). Por fim, no último encontro, tivemos uma breve discussão sobre o que metodologia empregada significou para eles. O produto educacional (Portal Interativo de Física Moderna, <https://quantumdeluz.com.br/>), contendo textos e simuladores virtuais, foi importante para embasar as discussões e servir de referencial bibliográfico aos discentes. E não podemos esquecer que todo esse processo foi viabilizado e ocorrido em ambiente virtual, haja vista, que estávamos impossibilitados do encontro presencial em virtude da pandemia da Covid-19. Apesar das dificuldades que o ensino remoto nos propõe, ainda sim registramos bons frutos, sejam a partir da compreensão dos fenômenos, sejam pelas declarações esboçadas quanto à metodologia aplicada.

Palavras-chave: Ensino de Física, Efeito fotoelétrico, Sequência Fedathi.

Abstract

In this work, we seek to develop a proposal for teaching topics in Modern Physics, in particular the Photoelectric Effect from the Fedathi Sequence. This, which is configured as a teaching methodology, focuses on teaching practice in the classroom and gained notoriety from the work of the Multimedia Research Laboratory, at the Faculty of Education of the Federal University of Ceará, under the coordination of Professor Hermínio Borges Neto. The target audience chosen for the application of the pedagogical intervention was formed by 28 students from the 2nd and 3rd years of high school from a public school in the state network of Pernambuco, located in the city of Bodocó and were elaborated based on eight (08) meetings. In the first meeting, a survey was carried out on the students' prior knowledge about light and its main characteristics through a survey test. In the second and third meeting, the necessary physical concepts were presented about the corpuscular and wave nature of matter (light). In the fourth meeting, a new probing test was applied, in order to verify how much the student assimilated the content. From then on came the meetings for the application of the Fedathi Methodology (5th, 6th and 7th). Finally, in the last meeting, we had a brief discussion about what methodology employed meant for them. The educational product (Interactive Portal of Modern Physics, (<https://quantumdeluz.com.br/>), containing texts and virtual simulators, was important to support the discussions and serve as a bibliographic reference for the students. And we cannot forget that all this process was viable and took place in a virtual environment, given that we were unable to meet face-to-face due to the Covid-19 pandemic, or by the statements outlined regarding the applied methodology.

Keywords: Physics Teaching, Photoelectric effect, Fedathi Sequence.

Introdução

No Brasil, segundo a LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira) N° 9.394/96, em seu artigo 35°, as principais finalidades do Ensino Médio são a consolidação e aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, além da preparação para o trabalho e cidadania, o aprimoramento da formação ética, do desenvolvimento intelectual e do pensamento crítico, em especial a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos, relacionando a teoria com a prática em cada disciplina.

Entretanto, tem-se hoje um ideário de educação muito distante da realidade que se apresenta nas escolas públicas, e em especial do ensino médio, como etapa final da educação básica. Particularmente, na área do ensino da Física, 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 os rodeia. No entanto, esbarramos em diversos entraves, desde a formação do profissional e suas heranças trazidas de uma educação falha até os aspectos mais comuns atualmente, como estrutura física escolar, permanência de alunos em sala e evasão escolar.

Por muitos anos a educação tecnicista predominou, com a reprodução de 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 conteúdos para o ano letivo, algo muito exigido pelos cronogramas de processos seletivos para acesso ao ensino superior.

Essas demandas vão exigir de nós, professores de Física (ciências), um ressignificar-se, a iniciação de 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, a fim de propor uma aula cada mais vez mais próxima da realidade dos que os cercam. Importante lembrar que todo o planejamento e a execução dessa proposta de trabalho deram-se através do ambiente remoto, haja vista que nos encontrávamos impossibilitados, dos

encontros presenciais, em virtude da pandemia do Corona Vírus. Pretende-se, através deste artigo, abordar conceitos e aplicação da Física Moderna, ora tão distantes de serem trabalhados no ensino médio, mas, em especial, o efeito fotoelétrico que rendeu a Albert Einstein o prêmio Nobel e uma expressiva relevância no mundo da ciência. Para tanto, faremos uso da Sequência Fedathi como metodologia de ensino, a qual 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) etapas: **Tomada de Posição, Maturação, Solução e Prova**, as quais serão apresentadas na próxima seção deste artigo.

Será feito o uso da sequência de ensino supracitada para investigar eventuais potenciais didático-pedagógicos dessas ferramentas nas aulas de Física, sendo os alunos, os agentes ativos desse processo de ensino-aprendizagem.

Usaremos também, durante a intervenção pedagógica, o **Portal Interativo de Física Moderna**¹, desenvolvido durante o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF (MORAIS, 2022) pelo próprio autor. Entendemos que o Portal Interativo de Física Moderna veio somar à intervenção, no intuito de validar a metodologia Fedathi, então utilizada.

Nas seções seguintes, abordaremos um pouco mais sobre a origem e a aplicação da sequência de ensino utilizada (Fedathi), e a descrição de todo o processo de intervenção para o ensino de Física Moderna, em especial do efeito fotoelétrico.

Por fim, serão apresentados os resultados da análise de respostas dadas pelos alunos nos questionários e roteiros de atividade, uma avaliação geral de todo o processo, bem como sugestões para execução e utilização do produto educacional.

A sequência Fedathi

A Sequência Fedathi é uma metodologia de ensino com enfoque na prática docente em sala de aula e que possibilita uma maior participação dos agentes – professor e aluno – no contexto escolar. Essa sequência de ensino, descrita como proposta teórica-metodológica, ganhou notoriedade a partir dos trabalhos de pesquisa do Laboratório de Pesquisa Multimeios, da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Ceará, sob a coordenação do professor Dr. Hermínio Borges Neto. As sequências de ensino se comportam como ferramenta importante na melhoria da qualidade de ensino, visando o aperfeiçoamento do processo ensino-aprendizagem (SOARES, NOBRE, 2017).

Essa proposta metodológica vai identificar o professor como um mediador no processo de aprendizagem, ao passo que deve ajudar o aluno na construção do seu próprio conhecimento, uma vez que será estimulado no discente o caráter investigativo, propondo uma ação numa perspectiva transformadora, no que tange o papel de cada um nesse intento. Vale ressaltar que, cabe ao professor conhecer o ambiente de ensino, bem como os sujeitos nele inseridos. A metodologia propõe subsidiar o fortalecimento da prática pedagógica no contexto escolar, possibilitando que ela seja dialogada entre os sujeitos envolvidos – estudantes e professores (SOUSA, VASCONCELOS, BORGES NETO et al, 2013).

Nesse contexto, Borges Neto entende que o aluno não pode ser mais compreendido como um ser sem iniciativa. Para ele, quando o estudante for apresentado a uma situação-problema, deverá seguir um algoritmo específico, assim como a Ciência propõe aos matemáticos. É preciso levantar hipóteses, buscar informações que favoreçam tal ocorrência, debruçar-se 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-las e, por fim, elaborar um modelo geral.

¹ Disponível em < <https://quantumdeluz.com.br/>>

A Sequência Fedathi foi composta em etapas, que devem ser seguidas e desenvolvidas como um trabalho científico de um matemático. A metodologia foi dividida em quatro etapas sequenciais e interdependentes, denominadas: tomada de posição; maturação; solução e prova. Os alunos, de forma ativa, passam a ser o centro das investidas nesse processo, pois são eles que vão comandar as suas ações que convergirão para a aprendizagem. Logo, serão responsáveis diretos por seu aprendizado, assumindo uma posição autônoma e crítica na sua educação básica. O que cabe aqui ao professor é assegurar essa manifestação, proporcionando-lhes um ambiente propício ao diálogo e à reflexão.

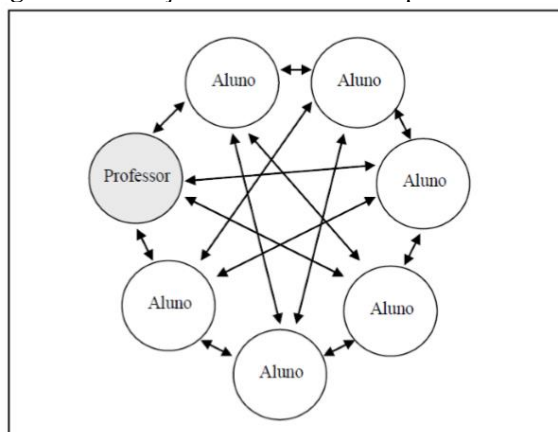
Nessa Sequência percebemos semelhanças com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel *et al.* (1980) e BORGES NETO (2019) na elaboração das estratégias didáticas e das condições necessárias para se promover o alcance dessa aprendizagem. Moreira (2002, p. 08) aponta quais são elas: *Material Potencialmente Significativo* e *Predisposição para aprender*. Nesse processo, é fundamental a mediação do professor, criando estratégias que estimulem a diferenciação e a integração dos novos conceitos com os subsunçores.

1ª Etapa: Tomada de Posição (Apresentação da situação-problema)

A aplicação da Sequência Fedathi se dá pela apresentação de um problema para um aluno ou um grupo de alunos, de modo a ser possível relacionar a situação proposta com aquilo que se pretende ensinar, ou seja, a transposição didática é feita a partir dessa situação. Neste momento também são estabelecidas as regras implícitas e explícitas entre professor e alunos, fato que implica no estabelecimento do contrato didático para que sejam estruturadas as posturas e o comportamento entre os agentes do processo. Para nortear o trabalho dos alunos, o professor deverá estabelecer regras na etapa da Tomada de Posição (SOUZA, 2010). Essas regras devem favorecer a realização de um trabalho interativo entre alunos e professor, de forma que estes sujeitos se integrem ao grupo, estabelecendo uma interação multilateral.

Segundo Bordanave (1993), o professor que se insere no grupo buscando esse tipo de interação, desenvolve atitudes como refletir, ouvir, indagar, levantar hipóteses junto aos alunos acerca do saber em questão e, ainda, desenvolve a capacidade de provocar questionamentos sobre estes saberes.

Figura 1: *Interação Multilateral* entre professor e aluno



Fonte: Bordanave (1993)

Na Figura 1, percebe-se a importância da relação professor-alunos, sendo possível uma interação multilateral que favoreça uma comunicação aberta e, de preferência, acessível aos alunos, por parte do professor. Não se esquecendo de notar que, na ilustração, o professor sai do centro das atenções e se coloca lado a lado com os alunos, permitindo uma dinâmica dialógica que o inclui, mas que não o evidencia.

O objetivo da tomada de posição permite aproximar os elementos necessários da imersão cultural do aluno na estrutura de saber que se pretende ensinar. Tal processo é essencial ao desenvolvimento da segunda fase. Nessa perspectiva, identifica-se mais um paralelo com a teoria de Ausubel quando se fala da iniciativa de propor o exercício mental, em que o aluno, na mediação do professor, deve utilizar-se de seus subsunçores para ancorar novos conhecimentos, em busca da conquista pela aprendizagem significativa (Ausubel et al. 1980 e Borges Neto, 2019).

2ª Etapa: Maturação (Debruçamento e identificação das variáveis envolvidas no problema)

Neste estágio, o estudante deve identificar as variáveis apresentadas na fase anterior, envolvidas no problema, e a partir desta identificação, gradativamente, trabalhar mais sobre o desafio em questão, enquanto o professor aos poucos se afasta para que o aluno possa pensar sobre o problema proposto. A partir daí, os alunos deverão identificar os dados contidos no problema, assim como a sua relação com o que está sendo por ele solicitado (SOUZA, 2010). Isso não significa que o professor está livre, mas assume a postura de observar como os alunos desenvolvem suas atividades.

Para Borges Neto *et al* (2013), o professor deve adotar a postura por ele denominada como *mão-no-bolso*, ou seja, uma postura didática de não-intervenção, pois deve-se favorecer ao estudante o pensar, tentar, errar e colaborar entre seus colegas. Ao que propõe a fase de maturação, cabe, portanto, o debruçamento dos alunos em busca da resolução do problema. O professor deve oportunizar este momento para potencializar e conduzir o desenvolvimento do raciocínio dos discentes, fazendo perguntas com objetivos diferentes.

No que tange aos questionamentos dos alunos, as *dúvidas*, por exemplo, geralmente surgem quando os mesmos logo se deparam com o problema, podendo a partir daí, trilhar caminhos em busca da solução desejada. As *reflexões*, segundo Souza (2010), surgem quando os alunos já elaboraram algum tipo de solução. E como consequência, buscam validar suas *hipóteses* junto ao professor.

Compete ao professor elucidar esses questionamentos com diferentes posições. A principal função das *perguntas esclarecedoras* é possibilitar um *feedback*. Nesse quesito, o professor deve perceber como os alunos entenderam o desafio proposto. E, portanto, resta ao mediador aguardar o tempo necessário para que os alunos compreendam e reformulem seu aprendizado, fazendo relação com a situação atual (Souza, 2010).

Ainda sobre os questionamentos assumidos pelo professor, temos as *perguntas estimuladoras*. Essas têm papel fundamental no processo de construção da aprendizagem, pois devem instigar o aluno à investigação, à descoberta, estimulando os alunos a pensarem criativamente. E por fim, as *perguntas orientadoras*, que buscam levar o aluno a tentar relacionar o problema ao caminho a ser seguido.

Em resumo, para que os alunos organizem suas ideias, levantem hipóteses, façam suas análises e suas reflexões acerca da solução, os questionamentos exercem papel fundamental. Souza (2010) acrescenta ainda que eles são de suma importância para orientar o raciocínio dos alunos, e que durante a segunda etapa da Sequência,

[...] o professor deve estar atento aos alunos, observando e acompanhando seus comportamentos, interesses, medos, atitudes, raciocínios, opiniões e estratégias aplicadas na análise e busca da solução da atividade, bem como suas interpretações e modos de pensar, a fim de perceber quando e como mediar o trabalho que os alunos estão desenvolvendo (SOUZA, 2010, p. 91).

Tanto para que se desenvolva seu raciocínio quanto para uma boa aprendizagem final, o trabalho do aluno na fase de maturação é essencial. Sem ele, o estudante apreenderá as informações de forma temporária e passageira (SOUZA, 2010).

3ª Etapa: Solução (Representação e organização de esquemas, visando à solução do problema)

É nessa fase da Sequência que os alunos representarão e organizarão seus esquemas, modelos a fim de chegarem à solução do problema. Estes esquemas podem assumir diversas formas, sejam elas escritas ou verbais, ilustradas ou demonstradas. É por meio da troca de ideias, do uso dos contraexemplos e de exposições de diferentes pontos de vista dos alunos, que a solução pode ser encontrada. Tudo isso, tendo professor como o mediador.

Mas durante esse processo, os alunos podem ter trilhado por caminhos tortuosos, ou seja, que não os levaram a lugar algum, muito menos à solução da problemática. Respostas desviadas ou incompletas precisam ser refutadas a fim de se obter o conhecimento real e, se caso necessário for, retroceder à etapa e ofertar ainda mais contraexemplos. Para isso, é salutar que o professor estimule seus alunos a explicarem o caminho escolhido por eles, bem como interrogá-los se tal percurso envolve todas as variáveis do problema, suficientemente, para encontrar a resposta em questão. Neste momento, os alunos deverão pensar e refletir, no intuito de avaliarem tais respostas através de ensaios, erros e tentativas, para assim validarem, com o anúncio do professor, os modelos propostos (SOUZA, 2010).

O papel da solução na postura do professor é o de mediador, apontando a melhor estratégia dentre aquelas apresentadas, e com autonomia, sempre junto ao aluno, frente ao exposto e, conseqüentemente, desenvolvido individualmente ou pelo grupo. Aqui, a interação professor-aluno difere um pouco daquela desenvolvida na Tomada de Posição (*interação multilateral*). Neste caso, as discussões e os debates a respeito da solução devem ocorrer numa *interação bilateral*. Nesse momento, segundo Bordanave (1993), o professor se coloca à frente da organização, da discussão, assim como da análise das soluções elencadas pelos alunos, pelo fato de ser o detentor do conhecimento, conduzindo a elaboração e a apresentação da solução final.

A análise, a interpretação e a discussão das soluções encontradas, torna-se momento determinante na construção de um novo conhecimento, ou seja, ficará evidenciado ao aluno, as possibilidades de contribuição e reflexão sobre seus constructos. A autora confirma:

A análise das soluções e seus possíveis erros permitem o aluno conhecer as diferentes formas de interpretação das questões trabalhadas, tornando-os conscientes da resolução correta, além de ajudar a não reincidirem em raciocínios equivocados na resolução de questões semelhantes, é também um momento decisivo para compreenderem e desenvolverem raciocínios matematicamente corretos (SOUZA, 2010, p. 94).

Souza (2010) ainda afirma que, é incontestável a competência do professor e o seu domínio sobre o conteúdo, pois em diversos momentos será colocada em questão sua habilidade de acionar o conhecimento e sincronizar com os saberes ali apresentados.

4ª Etapa: Prova (Apresentação e sistematização de um modelo)

A Prova constitui a culminância do processo de ensino-aprendizagem, no qual o aluno é conduzido a elaborar o modelo geral do conhecimento. O modelo geral é caracterizado e descrito como “[...] conceito final, representação genérica ou fórmula a ser apreendida pelo aluno, a qual será um objeto de conhecimento tanto para a resolução do problema em questão, como para sua aplicação na resolução de outras situações-problema” (SOUZA, 2010).

A quarta e última etapa da Sequência Fedathi é compreendida como um momento de síntese e modelagem, por parte do docente, da situação proposta na Tomada de Posição e dissecada pelas investigações dos discentes. O professor direciona os alunos à formalização, à generalização de um modelo (SOUSA, 2015). Aqui, o aluno não participa tão somente da problematização e da exposição resolutive do professor, mas amadurece e sequencia argumentos, sustentados às vezes na abordagem externa dos demais alunos, ou ainda sob conhecimentos encobertos, após contraexemplos pelo professor.

Prova, na Sequência Fedathi, terá o significado de retomada às discussões realizadas sistematizando o conteúdo abordado na Tomada de Posição, ou seja, o objetivo é estabelecer interações cognitivas entre o que foi pensado e o exposto pelos alunos e as verdades explicadas pelo professor.

O estudante deverá ser avaliado nesta última etapa, seja por meio de exercícios orais ou escritos, do computador, de jogos ou outros. Qualquer que seja a metodologia da avaliação, o exercício precisa permitir que o professor verifique se houve assimilação por parte do aluno, do modelo geral apresentado por ele. Só assim, o professor verificará se, de fato, a Prova foi o fim do processo ou uma oportunidade de recomeço, tendo base para tal ressignificação.

Metodologia utilizada

Tendo por base a dificuldade encontrada na inobservância dos assuntos de Física Moderna nos anos finais da educação básica, que será desenvolvida uma intervenção de natureza qualitativa, a qual verificará as ações desenvolvidas pelos alunos através de atividades, nas etapas propostas pela Sequência Fedathi. Para Minayo (2001), a pesquisa qualitativa busca entender o mundo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. O professor assim convida o alunado a ser partícipe desse processo de investigação, diante das situações propostas, o que favorecerá consideravelmente a aprendizagem dos entes, em especial do educando.

É nesse contexto que utilizamos a Sequência Fedathi, criada pelo professor Hermínio Borges Neto², que visa estimular o alunado à pesquisa, à reflexão, à investigação, à colaboração e ainda ao senso de sistematização do conhecimento, ou seja, a Sequência Fedathi intenciona ressignificar os papéis em sala de aula, que por muitos anos, estiveram pautados nos atos de falar e ditar do mestre, na perspectiva tradicional de ensino (BORGES NETO, 2018).

O processo de intervenção foi planejado para 08 semanas, ou seja, 08 horas-aula, numa turma mista, que integra alunos dos três (03) anos no ensino médio, nos moldes atuais, denominados eletivas são denominadas de *eletivas*³. Nesses novos itinerários formativos sempre são considerados os interesses do educando, atentos às eventuais mudanças da BNCC (Base Nacional Curricular Comum) que sugere como as competências e as habilidades podem ser desenvolvidas em diálogo com a educação integral e o projeto de vida dos estudantes, com o apoio de temas e objetos do conhecimento diversos, trazendo assim, inovações e estratégias metodológicas que colaboram para o trabalho integrado e contextualizado das áreas do conhecimento e exemplos de objetivos de aprendizagem.

A sala escolhida foi uma das 08 turmas que integra a Escola de Referência em Ensino Médio (EREM) “Artur Barros Cavalcanti”, da cidade de Bodocó-PE. Essa sala pode conter até 40 alunos, a depender da demanda dos mesmos e das unidades físicas oferecidas pela escola. As aulas foram realizadas nos meses de março e abril de 2021, no turno vespertino, com duração de 50 minutos

² Coordenador do Laboratório de Pesquisa Multimeios, na Faculdade de Educação da Universidade Federal do Ceará (UFC/Fortaleza/CE).

³ Definem-se como disciplinas eletivas as disciplinas de livre escolha do aluno, respeitando-se suas reais necessidades e interesses (BNCC, 2018)

cada, sendo 01 (um) encontro semanal, com as devidas permissões da gestora escolar e com a ciência desse projeto de intervenção.

A referida escola, onde realizamos a intervenção pedagógica, oferece uma carga horária considerável, compreendendo 05 (cinco) dias de 09 (nove) aulas, totalizando 45 horas-aulas semanais, pois se trata de uma unidade integral no ensino público do estado de Pernambuco, conhecido por conter o maior número de escolas integrais do país.

As atividades desenvolvidas ocorreram obedecendo à distribuição das aulas semanais da disciplina eletiva de *Física Quântica*, formada a partir dos alunos que optaram em cursá-la, preenchendo seu itinerário formativo. A programação dos encontros para a intervenção pedagógica é descrita na Tabela 1 e a Metodologia Fedathi, aplicada em três desses encontros. Durante a descrição dos eventos da intervenção, serão apresentadas nossas observações, tomando por base a metodologia fedathiana, como fundamentação teórica. Faremos também ao longo da descrição da intervenção pedagógica, considerações acerca do uso da Sequência Fedathi e da aplicabilidade do produto educacional desenvolvido e utilizado na intervenção.

Tabela 1. A intervenção Pedagógica.

Encontros	Assunto	Ferramentas
01	Teste de sondagem sobre Luz (Explicação sobre a ementa da disciplina eletiva)	Questionário e apresentação oral
02	Cor	Simulador Virtual PhET ⁴ , Vascak ⁵
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

A seguir, descreveremos o relato de cada encontro da intervenção pedagógica.

A intervenção pedagógica

Nessa seção, discorreremos sobre a descrição dos eventos, comportamentos e aplicações observadas e registradas ao longo da intervenção pedagógica, bem como a análise dos resultados do processo de ensino-aprendizagem à luz da Metodologia Fedathi.

⁴ *PhET Interactive Simulations*, um projeto da University of Colorado Boulder (EUA), é um projeto de recursos educacionais abertos sem fins lucrativos que cria e hospeda explicações exploráveis. Oferece simulações de ciência e matemática divertidas, gratuitas, interativas e baseadas em pesquisa. Disponível em < https://phet.colorado.edu/pt_BR/ >

⁵ *Vascak*: Simulador virtual de Física (animações/simulações. Disponível em < <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?!=pt> >

Primeiro Encontro

No primeiro encontro da eletiva *Física Quântica* e, conseqüentemente, da intervenção pedagógica, veio à necessidade da apresentação da ementa desta disciplina. A partir de então, foram expostos aos alunos quais caminhos seguiríamos, o que esperaríamos alcançar com os objetivos traçados, e principalmente pelo fato da aplicação da Metodologia Fedathi, o que esperaríamos mensurar qualitativamente de avanços no processo de ensino-aprendizagem.

Vivendo a realidade do ensino remoto nas escolas, em virtude da pandemia do Coronavírus (COVID-19), veio a necessidade de realizar nossa intervenção longe da sala de aula e usando a tecnologia computacional para a vivência desses momentos. Enfrentamos os obstáculos que foram necessários e passíveis de serem resolvidos, para tal realização. Utilizamos o ambiente virtual Google Meet para fazer nossos encontros da intervenção pedagógica. A princípio, num âmbito coletivo, e no decorrer dos encontros, em salas virtuais privadas, destinadas a um grupo específico de alunos. Portanto, durante as aulas, utilizávamos diversos materiais, como textos, simuladores virtuais e questionários, ora disponibilizados pelo professor, na tela de compartilhamento, ora publicado no portal (produto educacional).

A primeira ação da intervenção pedagógica foi a aplicação de um teste de sondagem, que consistiu em verificar o grau de conhecimento sobre a luz, seus principais fenômenos como reflexão, refração, difração e interferência, seja pelo aspecto óptico, seja pelo aspecto ondulatório. Em seguida, demos um pequeno intervalo quando analisamos as respostas dos estudantes neste teste de sondagem. Voltando à turma, fizemos algumas ponderações, em especial àquelas respostas que fugiram dos conceitos e abordagens reais ao assunto.

Nesta sondagem foi possível perceber o quanto alguns alunos (as) estavam distantes da compreensão do conteúdo abordado, como também, o despertar dos estudantes para buscar o novo. Sobre o ponto: “Interação, luz e matéria”, vimos que poucos alunos entendiam que a frequência e, portanto, a cor, estão associados à diferença de energia envolvida entre os estados dos elétrons nas transições entre os níveis de energia dos elétrons nas camadas de valência, ao passo que os fenômenos de reflexão e refração eram mais próximos de suas realidades - isso por terem estudado Óptica Geométrica e reforçados em Ondulatória.

Segundo Encontro

Nesse encontro, recorreremos mais uma vez ao ambiente virtual Google Meet para formar nossa sala de aula e então, propor as ações coletivas ao grupo que esperávamos receber no dia. O objetivo do encontro era 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. Esse espectro abrange uma gama de frequências que se estendem por algo como 15 ordens de grandeza. Dentre outras regiões conhecidas, estão as ondas de rádio e TV, as micro-ondas, os raios X e os raios gama, estas as mais energéticas e penetrantes da radiação espectral.

Abordamos a princípio, a famosa experiência realizada por Isaac Newton, conseguindo decompor a luz branca através de um prisma, demonstrando assim que esta é formada por uma mistura de cores. Além disso, também trabalhamos o fato dessas cores se comportarem de maneira aditiva ou subtrativa. Maxwell demonstrou no século XIX, que a reprodução de muitas cores é possível, através das combinações aditivas de três cores primárias, expressas da seguinte maneira:

- **Verde** e **vermelho** produzem a sensação de **amarelo**.
- **Azul** e **Verde** produzem a sensação de **ciano** (verde-água);
- **Vermelho** e **Azul** produzem a sensação de **magenta** (lilás ou fúcsia);

Percebemos no uso do simulador que a luz branca (policromática) é praticamente absorvida pelo filtro amarelo e reflete apenas esta cor. Enquanto ao lançarmos a luz vermelha (monocromática) sobre o mesmo filtro, o agente não reconhece cor alguma, configurando assim a ausência de cor: o preto (subtrativa). Essa é uma condição natural da nossa visão, aquilo que não conseguimos enxergar, não significa não existir - simplesmente não está acessível no espectro visível. Dessa forma, o que resta está fora do alcance das nossas células cones, configurando o preto.

Terceiro Encontro

Ambientados virtualmente, através do Google Meet, fizemos 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 a Ondulatória. Essas ações foram fundamentais para nivelar os conhecimentos, até então apresentados por nossos alunos nesse início de intervenção.

Recordamos características importantes da propagação da luz, como um dos princípios fundamentais da Óptica Geométrica, bem como o comportamento das variáveis diante dos fenômenos supracitados. Como um raio de luz incide numa superfície, sob determinadas características, e o que o leva a refletir ou refratar, conservando ou alterando algumas dessas grandezas como velocidade, frequência ou comprimento de onda.

No que compete à difração e interferência da luz, foi explorada a importância das fendas, bem como suas dimensões para a evidência do fenômeno, sejam elas fendas simples ou duplas, estabelecendo assim um padrão de interferência que pode ser manifestado divergentemente, dada a natureza corpuscular ou ondulatória da luz. Enfim, o encontro foi nivelador e memorativo. Serviu para fazer os alunos recordarem o assunto já explorado em séries anteriores - isso para quem já havia estudado. Aos que viram pela primeira vez, tiveram uma noção mínima, para então seguir às próximas etapas.

Quarto Encontro

Já pensando nos próximos encontros da intervenção pedagógica, quando entraríamos no conteúdo-foco de nosso trabalho, inclusive com a aplicação da metodologia Fedathi, aplicamos 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?

Durante um pequeno intervalo, fizemos uma apreciação das respostas apresentadas pelos estudantes. Logo em seguida, o professor precisou fazer algumas ponderações, em especial àquelas que fugiram dos conceitos e abordagens reais ao assunto.

Nesta sondagem foi possível perceber o quanto alguns alunos (as) precisariam avançar na compreensão do comportamento dual da luz. Vimos que a maioria não sabia relacionar os efeitos de absorção e emissão de luz que estão relacionados à transição entre os níveis de energia dos elétrons de valência. No tocante à radiação, um número considerável de alunos recordou o fato de que fogos de artifícios emitem sua coloração característica, fruto de uma absorção de energia e de um possível salto energético. Ou seja, esses saltos provocam uma fosforescência.

Esse segundo teste de sondagem serviu 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.

A partir de então, foram apresentados aos alunos os conteúdos a serem abordados nos próximos encontros, a saber: a luz (quantum de luz), desde o nascimento da teoria quântica com Marx Planck até a genial descoberta do comportamento corpuscular da matéria por Albert Einstein, enveredando pela aplicação experimental do efeito fotoelétrico, disponibilizado para simulação virtual no Produto Educacional (Portal), bem como os textos para embasamento teórico às suas situações-problemas.

Quinto Encontro (1º Dia de aplicação da Metodologia Fedathi)

Nesse encontro, a exemplo do anterior, utilizamos mais uma vez o ambiente virtual Google Meet. A princípio, num âmbito coletivo e, no decorrer das etapas, em salas de aulas privadas, destinadas ao grupo específico de alunos. Propusemos que eles formassem grupos para atividades futuras e, por conseguinte, procurassem migrar da sala de aula principal (link geral da reunião) para os links de sala de aulas temáticas⁴, uma oportunidade oferecida por algumas plataformas de *streaming*, haja vista que estaríamos impossibilitados de realizar nossos encontros presencialmente.

Iniciamos 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 (**Tomada de Posição**) propostas a seguir,

Sendo elas:

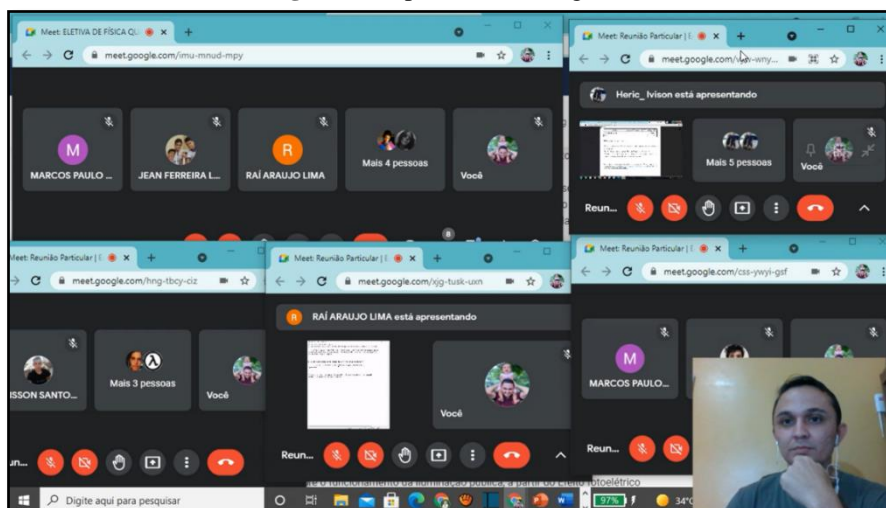
- a) *Como se dá o acendimento automático dos postes de energia elétrica das cidades?*
- b) *Existe alguma explicação científica por trás dessa automação?*
- c) *O funcionamento automático de portões, alarmes ou controle remoto é explicado pelo mesmo fenômeno, dos itens anteriores?*

O texto considerado apresenta dados sobre automatização de sistemas públicos de iluminação de grandes centros urbanos, a exemplo de São Paulo (SP), bem como o funcionamento básico desse processo em cadeia. De posse das informações, os alunos então assumiram seus postos em suas equipes e passaram a migrar da sala de reunião geral para as temáticas, iniciando suas leituras. Perceberam que estavam privados aos comentários pessoais com todos os estudantes da turma, mas estavam livres para questionar, levantar hipóteses, e dialogar com companheiros da sala temática e o professor. Foi a partir daí que seus constructos⁵, ou seja, suas definições acerca do observado, foram dando espaço aos conhecimentos científicos ali envolvidos. Percebeu-se que aos poucos foram conseguindo canalizar seus raciocínios na determinação do seu modelo (**Maturação**). Eis uma etapa, que se mostrou promissora e foi perceptível o quanto eles avançaram, em leitura, entendimento e, em especial, na construção investigativa e cooperativa.

Na Figura 2, podemos evidenciar parte desse momento. Eles, portanto, visitaram o Portal Interativo para fazerem suas leituras e, em seguida, suas reflexões.

⁴ Sala de aulas temáticas, são ambientes criados, planejados para videoconferências que necessitam subdividir seu grupo em subgrupos, gerando novas salas e possibilitando discussões particulares.

⁵ Modelo criado mentalmente que, elaborado com base em dados simples e partindo de ações analisáveis. É um modo de compreender a realidade que deriva das observações e percepções individuais, resultante das experiências (passadas ou presentes) de alguém.

Figura 2: Espectro eletromagnético

Fonte: Próprio autor

Considerando a postura “mão no bolso” previsto na metodologia fedathiana, agimos durante esse encontro, de forma atenta e cuidadosa para não intervir no processo, mas em caso afirmativo, propor a identificação de caminhos para solucionar o problema. O nosso papel foi realmente de mediar às discussões. Propusemos refletir sobre alguns pontos que norteavam a estrutura do encontro, no entanto, ainda de forma tímida, fomos pouco acionados. Surgiram perguntas, mas voltadas apenas para o que realizar em cada sala temática.

O aluno M.P., em sintonia com o pensamento do aluno R.A., questionou se seria importante fazer seus registros para posterior socialização. Afirmamos que sim, o que contribuiria muito para a discussão futura. No entanto, não podemos deixar de destacar o quão é desafiador a aplicação de uma intervenção pedagógica num ambiente remoto. Embora a internet seja uma realidade, observamos que nem todos os estudantes têm acesso ou comunicam-se através dela, no entanto continuamos, mesmo diante de alguns alunos (as) faltosos. O motivo das ausências ia desde a falta de acesso à internet pelo fato de morarem na zona rural ou não possuírem condições financeiras, até problemas de saúde.

Cerca de vinte cinco (25) minutos depois, foram fechadas as salas temáticas e os alunos convidados a retornarem ao grande grupo (sala geral). Foi nesse momento que as equipes e estudantes individualmente, passaram a interagir com os outros grupos, podendo dessa forma, chegarem a conclusões em conjunto (**Solução**).

As respostas do aluno R.A., à luz da Metodologia Fedathi, evidenciaram o quanto é importante o papel da investigação, bem como da colaboração, na busca de suas soluções. Aqui, não só o aluno avançou em suas pesquisas, mas convidou os demais colegas de grupo, e conseqüentemente de sala, a refletirem quanto ao funcionamento desses dispositivos.

Já o aluno J.P. integrante da mesma equipe expôs que:

“[...] pensava que existia um painel controlador de corrente e quando chegava a hora, simplesmente era acionado”.

Diante dessa fala percebemos o quanto se faz necessário propor a pesquisa e incentivar a investigação. Como bem propõe a Metodologia Fedathi, são as perguntas a principal finalidade do conhecimento, pois trazem consigo as respostas necessárias aos nossos questionamentos. Sejam elas esclarecedoras, estimuladoras ou ainda orientadoras. Dessa forma, na tentativa de estimular a

reflexão, propomos recordar sobre a influência do magnetismo na eletrodinâmica, como por exemplo, no uso de alto-falantes, fone de ouvido etc.

O aluno R.A. ainda questionou:

“Pensei que fosse mais fácil o processo.”

Mas percebeu, com a ajuda da discussão em equipe, que há muito mais de eletromagnetismo envolvido. Notaram que o funcionamento se dá com base na ejeção de elétrons livres de um dispositivo LDR (*Light Dependent Resistor*⁶) que é exposto à luz solar (fonte de luz), provocando uma alteração na resistência elétrica. Ou seja, eles concluíram que quanto maior a incidência de luz menor a resistência. Dessa forma o aluno G.L. concluiu:

“[...] durante o dia quando se tem a resistência menor, a luz do poste cessa. Do contrário, ela acende. No caso, à noite”.

Essa foi uma interpretação interessante, mostrou o quanto os alunos em questão já dominam a física clássica (eletromagnetismo), o que é básico para o entendimento do efeito fotoelétrico.

Esse foi um momento bastante produtivo e o texto-base serviu de apoio para o fomento e estímulo às suas conclusões. Por se tratar de um encontro síncrono e salas temáticas, às vezes pode parecer confuso o entendimento, porém foi perceptível o quanto eles se questionavam e interagiam, uns com os outros. Pouquíssimos foram os questionamentos direcionados ao professor. Ainda assim, foi possível ouvir conclusões, como por exemplo, do aluno P.I:

“[...] quando o sol bate na fotocélula, ela atinge o fotossensor, que é sensível a luz do sol, e assim aciona o mecanismo para apagar todas as lâmpadas”.

Enquanto o aluno J.F. integrante do mesmo grupo completou:

“[...] quando o sol se põe, cessa a luz, e assim ela aciona”.

E por fim, a equipe em questão chegou a um denominador comum:

“[...] quando a luz solar incide na fotocélula, ela atinge o fotossensor que é sensível à luz do sol, e daí ele aciona o mecanismo para apagar ou acender todas as lâmpadas”.

É relevante apontar que as atitudes dos alunos dependem muito da maneira como o professor conduz seu trabalho. Dessa forma, Sousa (2015) reitera a ideia de que na vivência da Sequência Fedathi, o acordo didático se estabelece em uma conversa, no diálogo do professor com os estudantes, de modo a combinar com eles as normas que irão nortear as ações a se realizarem e o conhecimento a se constituir ou fundamentar.

Finalmente, concluímos a aplicação da sequência Fedathi com a **Prova**, que consistiu na apresentação mais abrangente do modelo geral do acendimento automático dos postes nas luzes das cidades. Concluímos que é o mesmo fenômeno que aciona os portões e portas de ambientes públicos, ou em qualquer outra situação que necessite do entendimento abordado para determinar os conceitos produzidos. Este fenômeno é o efeito fotoelétrico, o que fora evidenciado pelos estudantes, nos próximos encontros.

Notamos que as definições dos alunos eram bem próximas do ideal, inclusive uma delas já apontando o efeito fotoelétrico como o fenômeno responsável por tal explicação, que de fato,

⁶ Resistor Dependente de Luz ou fotorresistência.

configurou progresso de aprendizagem e participação. No entanto, percebemos que este primeiro encontro serviu de “termômetro” (parâmetro) para os próximos, bem como para validação da metodologia abordada no ensino desse assunto. Notadamente, avançamos no tocante a fluidez de discussões em grupo, investigação, pesquisa e colaboração, como também limitações, por se tratar de uma aplicação que fez uso da internet, a qual nem todos dispunham.

Sexto Encontro (2º Dia de aplicação da Metodologia Fedathi)

Em mais um encontro aplicando a Sequência Fedathi, também de cinquenta (50) minutos de aula, demos início com a retomada das reflexões dos alunos referente ao encontro anterior, principalmente por termos somente uma aula por semana, nesta disciplina eletiva.

Os estudantes foram convidados a retomarem, mais uma vez, suas formações iniciais enquanto equipe para assumirem um novo desafio. Tínhamos novas situações-problema, em sintonia com nossa pesquisa, nas quais avaliaríamos os avanços do processo ensino-aprendizagem por meio da metodologia Fedathi.

Os alunos receberam as instruções ainda no ambiente coletivo, ou seja, no link geral do encontro (via *streaming*) e logo mais migrariam para um link alternativo, gerado para o uso das salas temáticas, a exemplo do encontro anterior. Dessa forma, viabilizaríamos a comunicação interna dos integrantes da equipe, com a supervisão do professor, sem a influência dos demais alunos ou grupos. Constituíam as instruções, a leitura do texto-base, (Como são ligadas as luzes públicas), a fim de auxiliar em suas conclusões.

Seguem as situações-problema:

- 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?*

Esses problemas apresentados (**Tomada de Posição**) nortearam as discussões para abrir os trabalhos do segundo encontro. Conservaram-se as mesmas recomendações de interação apenas ao grupo temático para o levantamento de suas hipóteses. Quanto ao texto-base, este conseguiu reunir um breve histórico da iluminação pública das últimas quinze décadas, bem como apresentou a evolução do sistema de lâmpadas e compostos físico-químicos que deu estrutura para a iluminação das futuras gerações.

Os estudantes visitaram o Portal Interativo novamente para fazerem suas leituras e, por conseguinte, suas reflexões. Esse segundo encontro revelou ainda mais desdobramentos da nossa pesquisa. As equipes, na tentativa de buscar compreender as situações-problemas, se aventuraram em suas colocações, algumas por sinal até bem curiosas, como por exemplo, o aluno M.P que retomou:

“Tecnicamente, os LDR’s só precisam da emissão de luz visível, não só o sol é provedor disso. No entanto, basta utilizarmos uma lâmpada (mesma faixa de luz que o sol emite), mesmo não sendo viável utilizar uma lâmpada pra acender outras, mas que é possível sim. É o que eu acredito”.

Aqui já vemos o quão interessante foi ficando a discussão em grupo. Levantamentos como esse mostram que o protagonismo, no que tange a construção do conhecimento, pode estar do outro lado. Ou seja, o professor fedathiano apenas mediou o processo, enquanto os alunos buscaram na

pesquisa e na leitura os seus achados, suas conclusões. A seguir, novos desdobramentos vão surgindo, dando ênfase ao que refletimos.

No mesmo ensejo, o integrante G.L. da mesma equipe completa:

“[...] na verdade é questionado, primeiramente, se na ausência de luz (dias chuvosos, por exemplo) as luzes acendem ou não, se o dispositivo é acionado mais cedo ou mais tarde. Eu acho que sim, a luz consegue chegar em dias nublados, mesmo que pareça não ser suficiente”.

Para a evidência do fenômeno, sabe-se que é necessário um limite mínimo de energia para tal êxito, e logo acima, o aluno apresenta esse entendimento. O que vai tornando clara a participação amistosa do professor, assumindo sua postura “mão no bolso”, porém atento a eventuais deslizes.

Foi nesse momento (**Maturação**) que os alunos deveriam verificar quais variáveis estavam correlacionadas com o problema do encontro passado, já que os conteúdos eram sequenciados, visando uma fundamentação ainda mais rebuscada para seus modelos. Vale destacar que algumas comparações feitas mostram o quanto nossos alunos já conseguem contextualizar ao mundo real, é o caso do comentário da aluna M.A

“Minha gente, isso deve funcionar, senão as placas de energia solar não funcionariam nesses dias”.

No entanto, essa compreensão não é unânime, pois outros grupos discutiram a possibilidade do não acendimento automático dos postes, pois a pouca incidência da luz do sol, devido ao dia nublado, chuvoso, não produziria energia suficiente para liberar corrente. Isso mostra que seria preciso uma releitura do texto, acessível através do Produto Educacional (Portal), já mencionado, bem como o questionar do professor, propondo-lhes uma reflexão acerca de fenômenos ou dispositivos que funcionem, em situações semelhantes ao que havia sido proposto na situação-problema acima.

Foi solicitado a todos que, depois de um dado tempo, retornassem ao grupo geral para socializar seus constructos e, diante do observado por todas as equipes, levantassem um modelo geral para a situação-problema. Aqui nessa etapa (**Solução**), é de longe, muito importante a participação de todos, no que tange principalmente o papel do aluno no ato científico do pensar, bem como a partilha dos seus modelos. O fim maior é a convergência dos pensamentos para a construção de um modelo geral, proposto na fase final. Cabe ao professor mediar o debate com a socialização das respostas encontradas, gerenciando os erros com os contraexemplos, o que é típico da metodologia Fedathi, no intuito de que o próprio aluno perceba a necessidade de refazer o raciocínio que percorreu e encontre a resposta mais adequada.

Ficou a cargo dos alunos explorarem suas respostas através de leitura e reflexão de textos de fundamentação teórica, encontrados no Produto Educacional (Portal), e posteriormente, frente às demais equipes, discutir acerca do fator climatológico, podendo afetar ou não no acendimento automático dos postes da rede pública de energia das cidades. Foi nesse momento que o professor, ao ser interpelado, precisou fazer uso de contraexemplos para motivar ainda mais os alunos, a defender sua solução ou verificar possíveis erros.

Surgiu um ponto convergente e aqui trazido a todos:

“Quando tá no inverno, que tem menos sol, as luzes acendem mais cedo e no verão mais tarde.”

Isso implica concluir que a incidência de sol, para dias de verão, retarda o processo de acendimento automático dos postes da energia pública em até uma hora e meia por dia, mas que em

dias chuvosos o processo ainda assim ocorre, embora mais cedo. Foi um parecer conclusivo da turma. Outro tópico que reuniu adeptos, porém não foi maioria, foi o fato de que, o acendimento não se dá em qualquer horário, dessa forma no inverno, sempre teríamos luzes acesas, praticamente o dia inteiro, porém, isso não acontece.

Nesse intento, surgiu um comentário interessante. O aluno J.P questionou:

“Professor, na tentativa de responder o item B, ou seja, na ausência de luz solar, ainda é possível acionar automaticamente as luzes dos postes? O que aconteceria se lançássemos um raio laser sobre os fotossensores? Por exemplo, a poluição luminosa influenciaria?”

À luz da Metodologia Fedathi, esse foi um bom momento, não para dar as respostas, mas para usar contraexemplos, princípio básico que norteia a proposta metodológica. Sugerimos que observassem se outros dispositivos funcionariam quando submetidos à faixa de luzes diferentes, a exemplo da abertura de portões, alarmes, do funcionamento de células fotovoltaicas presentes nas calculadoras, residências etc.

Imediatamente o aluno M.P. retrucou,

“Seria necessário um material (LDR) diferente, sensível à essa faixa de luz irradiada. Do contrário, não funcionaria, eu acho”.

Além da proposta do aluno M.P., sugerimos refletirem sobre sua eficiência, até quando seria interessante usar algo extra, uma lâmpada, por exemplo, para acionar um dispositivo, que por sua vez dependia apenas de efeitos naturais (luz solar). O nível das discussões foi se elevando a cada comentário, mesmo sem conhecimento de causa ou efeito. Os estudantes já esmiuçavam as variáveis que poderiam interferir na comprovação do fenômeno fotoelétrico.

Quanto ao item C, que faz referência à incidência de sol em dias de verão intenso, notoriamente, a turma concordou que o fenômeno se evidenciaria, haja vista a quantidade de luz que certamente chegava ao dispositivo. Nesse intento, já no último ponto da discussão, refletimos juntos aos alunos. Para isso, portanto, propusemos uma questão incentivadora,

“Implica dizer que, quanto mais luz (intensidade), mais garantias temos do funcionamento do sistema?”

Para tal pergunta, foi quase unanimidade em dizer que sim! A intensidade luminosa validaria o funcionamento do sistema. Dessa forma, pudemos acreditar que na próxima etapa, seria preciso tornar conhecidas essas variáveis e sua influência no funcionamento, o que não poderíamos incorrer em dúvidas ou permitir que elas permanecessem.

E por fim, o professor, nessa etapa, precisou organizar as falas, levando em conta os pontos pertinentes e corrigiu os divergentes, na construção do modelo geral de explicação para o problema proposto (**Prova**). Após as discussões sobre as soluções maturadas pelos alunos, é que organizamos o conhecimento sistematizado, tendo como ponto de partida o proposto por cada equipe ou pelo grupo no geral. A “mão no bolso” aqui é manifestada quando socializamos com os alunos as possibilidades de progredirem e ampliarem seus raciocínios em torno das situações-problemas. Evocamos os textos de fundamentação teórica que abordavam 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 interferiria nesse processo.

Sétimo Encontro (3º Dia de aplicação da Metodologia Fedathi)

A exemplo dos encontros anteriores, foi 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, apresentamos (**Tomada de Posição**) as seguintes situações-problema:

- 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?*

Partimos dessas situações-problema para propor aos alunos mais uma investigação e descoberta das variáveis que poderiam incorrer no efeito fotoelétrico. Nesse encontro, os alunos tiveram a oportunidade de manusear o simulador virtual PhET, na tentativa de verificar quais incógnitas incorrem na alteração ocorrida no fenômeno e qual faixa de luz (frequência) permite-se evidenciar o experimento. Enfim, foi um momento de grandes achados.

A princípio, os alunos foram investigando as variáveis que envolviam o processo ali apresentado pelo simulador, e dessa forma, o aluno E.S questionou:

“Por que não acontece nada? Tenta com o vermelho”

O seu companheiro de equipe H.I. complementou:

“Parece que o violeta funciona mais”.

Notou-se que os alunos já percebiam que apenas uma faixa de luz seria ideal para conseguir gerar corrente elétrica, ou seja, ejetar elétrons da placa de material em questão. No entanto, verificaram que existia um material (alvo) diferente e, portanto, começaram a testar com os demais, como por exemplo, zinco, cobre, cálcio, platina etc. Notaram que desses, apenas a platina ofereceria uma menor corrente elétrica.

Destinou-se um tempo de 15 a 20 minutos para os grupos refletirem e, a partir de algumas discussões particulares, levantarem seus posicionamentos acerca do fenômeno em si. Aqui nessa etapa (**Maturação**), os alunos debruçaram-se sobre suas ideias e pensamentos, o professor pôde ser até consultado com mais frequência, dada a limitação de conhecimento teórico dos estudantes sobre o tema, cabendo a ele instigar à investigação, à pesquisa e à reflexão para com os fenômenos correlatos e já existentes ao problema proposto.

Enquanto outras equipes também tentavam fazer seus paralelos com os encontros anteriores, observou-se, por exemplo, o aluno M.P que mencionou

“[...] o LDR vai capturar a luz, alimentando a bobina, fazendo com que o relê que estava aberto se feche e então permita a passagem de corrente, agora é preciso verificar essas outras variáveis que o simulador tem, por exemplo, frequência da luz, intensidade e material alvo”.

A equipe aos poucos foi estudando, investigando e concluindo que outras faixas de luz, foram permitindo mais fluxo, aliado à mudança de material (alvo), ou seja, para eles, a intensidade foi um fator determinante no processo. Outras equipes demonstraram dificuldade em manusear o simulador. Sugerimos verificarem os recursos que ele dispõe, como por exemplo, alterar a faixa de

luz emitida ou a intensidade de energia lançada no alvo, a ponto deles mesmos perceberem o que poderia contribuir para o funcionamento do sistema ou não.

No tocante ao fenômeno físico que investigamos desde o princípio, foi unânime a resposta de que o que estava por trás daquele fenômeno era o efeito fotoelétrico. Fato, o efeito fotoelétrico foi sugerido desde encontros anteriores, inclusive pela própria etimologia da palavra, *foto (luz) elétrico (corrente ou eletricidade)*, corrente elétrica oriunda da emissão de luz.

De posse dos apontamentos, os alunos foram convidados a exporem suas conclusões para o grande grupo, a ponto de cada equipe poder contribuir e receber contribuições pelo trabalho do colega ou equipe vizinha, na construção de um modelo real. Nesse momento (**Solução**), podemos perceber que foi satisfatória a aplicação da sequência de ensino no que tange alguns comentários. Por exemplo, o aluno J.P., na tentativa de responder ao item A, respondeu:

“Professor, pelo que entendi da questão, é que o sol vai ter influência, fazendo com que o poste acenda ou não. Não sei se ele vai conseguir iluminar tão intensamente ou tão pouco, assim eu pensei que o que poderia interferir na intensidade da luz era se ele estaria recebendo a quantia certa de energia para a lâmpada”.

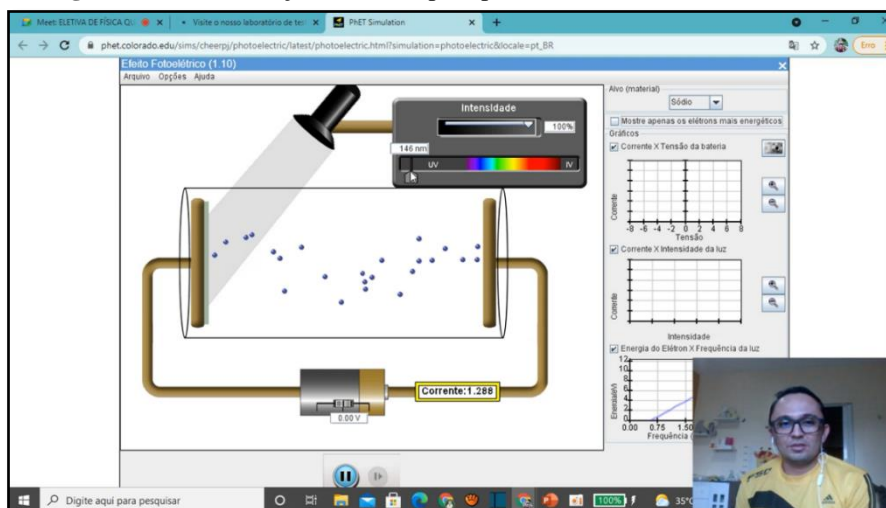
Uma conclusão bem promissora, que utilizamos na próxima etapa (**Prova**).

O aluno M.P., de outra equipe complementou,

“Nós compreendemos que o sol tá jogando ali energia luminosa, que vai alimentar o LDR e vai fazer o sistema funcionar. Já na ausência dos feixes luminosos (sol), o LDR vai permitir que o relê fique fechado. Enquanto isso, vai se permitir a passagem toda disponível da corrente, pois não temos um potenciômetro pra dizer quanto de corrente vai passar pra lâmpada, mas percebe-se que quanto maior a frequência, mais elétrons são ejetados da placa”.

Aqui, o aluno, de forma equivocada, mencionou potenciômetro, mas ainda assim é válida a sua consideração, revelando compreensão que este estudante teve do fenômeno.

Para culminar, foi preciso nessa etapa (**Prova**) alinharmos os pontos que convergiam para a resposta correta do problema, e evoluir, junto aos alunos, com as construções que eles apresentaram e que não foram suficientemente coerentes. Foi nesse intento, que verificamos se a Tomada de Posição foi ressignificada, ou seja, se houve avanços no tocante a busca pela solução daquela situação-problema. Para isso, fizemos uso do simulador PhET, plataforma disponível gratuitamente para livre acesso, incorporado (embutido) ao Produto Educacional (Portal). Acompanhe um registro da sistematização feita pelo professor, na Figura 3, a seguir.

Figura 3: Sistematização realizada pelo professor, fazendo uso do simulador

Fonte: Próprio autor

O objetivo foi mostrar aos alunos que dentro do espectro da luz visível existe uma faixa de luz (cor) que apresenta um mínimo necessário para a ejeção dos elétrons. Com a luz branca emitida pelo sol, não é possível verificar qual frequência é mais importante para o processo de indução de corrente, mas com o uso do simulador seria possível observar que a partir da luz violeta o processo de indução de corrente elétrica se estabelece.

Oitavo Encontro – Avaliação dos estudantes para a Metodologia Fedathi

E por fim, chegamos ao nosso último encontro da intervenção pedagógica. Nele propusemos um debate coletivo, a ponto de colher dos discentes uma avaliação sobre a aplicação da Metodologia Fedathi e se ela conseguiu alavancar avanços. O debate foi muito importante, e discutir com pessoas que pensam diferente e outros que pensam igual, ajuda a avançar para chegarmos a respostas satisfatórias. Temos também a questão de que muitos estudantes não têm coragem de perguntar direto ao professor sobre situações do conteúdo ou metodologia da aula. Usando a Metodologia Fedathi, em que o estudante é sujeito ativo da aprendizagem, o aluno fica à vontade, pois vai poder dialogar com outro aluno igual a ele - um reforçando o que o outro compreendeu ou falou.

“Estou muito satisfeito. Realmente é muito fácil entender assim do que apenas com aula expositiva, no quadro ou com slides”, afirmou o aluno J.P. E ele ainda acrescentou: “... Esse método faz o aluno despertar o interesse pela investigação, pela pesquisa, pelo trabalho em equipe (colaborativo). Nos sentimos mais úteis durante a aula, como se fôssemos os protagonistas na busca pelo conhecimento”.

Diante da fala do aluno, percebemos claramente que os objetivos foram atendidos, mostrando que a Metodologia Fedathi funciona como alicerce para o fazer pedagógico do professor, e induz ao trabalho criativo e espontâneo do discente. A Metodologia Fedathi leva a rupturas do processo tecnicista ou depositária de educação, já tão incrustado no sistema atual e viabiliza caminhos a serem percorridos para ambos os agentes do processo ensino-aprendizagem.

Reforçando o que já foi exposto, o aluno M.P, apresentou:

“[...] é muito gratificante, pra nós estudantes, sermos desafiados à pesquisa e reflexão de um problema, do que simplesmente pensar junto ao professor, quando este expõe conteúdos e mais

conteúdos num quadro negro. Dessa forma, buscamos, interagimos, discutimos e concluimos, seja certo ou errado. Mas acredito termos evoluído, sendo assim na minha ótica, muito satisfatória a experiência com esse método de ensino.”

A fala do aluno M.P. corroborou com o que mencionou o seu colega de sala J.P. Enalteceu a praticidade do processo e o quanto foi eficiente trabalhar dessa forma dirigida (mediada). Isso sem falar no direcionamento que provoca na prática do docente.

Alguns alunos confirmaram, com poucas palavras, o quanto foi positivo o uso da Metodologia Fedathi. Alertaram para o fato de se aproximarem de estratégias utilizadas por alguns de seus professores, no entanto, de maneira simplificada, sem essas sequências que o professor fedathiano segue.

Destacaram o fato de que o ensino remoto, algo que foi paliativo durante esse período pandêmico, não contribuiu satisfatoriamente para o entendimento de algumas de suas etapas. Isso por se tratar de um componente curricular de difícil compreensão, até mesmo na modalidade presencial, mas que ainda sim, a metodologia alavancou resultados satisfatórios. Este último ponto que foi levantado foi de extrema importância para compreendermos o limite do ensino remoto.

Sabemos que não foi fácil para muitos setores da sociedade conviver e dar sequência à vida, aos negócios, às parcerias e a tudo mais durante este período de trabalho remoto. E no tocante a educação, vimos o quanto foi desafiador ministrar aulas, exigir o cumprimento das atividades e esperar resultados promissores. Ainda mais numa intervenção pedagógica como a que nos propusemos, usando uma metodologia que prima pelo diálogo entre os estudantes e entre estudantes e professor.

A seguir, temos a fala de um estudante que destaca as dificuldades no ensino remoto:

“[...] até que estava gostando, mas durante um momento da aula minha internet caiu e fiquei por pouco tempo, usando os dados móveis que me restavam. Até então, me pareceu bastante interessante questionar meu colega e discutirmos juntos, a fim de chegarmos a um denominador comum.”

Outros completaram a dificuldade do momento.

“Professor, aqui em casa teve uma queda de energia desde o início da manhã, não sei se vai dar tempo chegar energia para participar da aula. Queria muito, pois vi como foi produtivo na semana passada e hoje não tenho como sair em busca de sinal em alguma casa. Estou só.”

Pelo fato dos estudantes estarem em casa, alguns foram cobrados pela família a executarem tarefas durante a aula, como mostra a fala abaixo:

“Professor Edson, licença, hoje infelizmente não poderei participar. Como eu moro no sítio, o senhor já deve saber, a gente em casa precisa ajudar na ‘lida’ da roça. Então, hoje não tem como eu poder estar presente”.

Enfim, dilemas como esses aconteceram com frequência e infelizmente não podíamos julgar o quanto de cada um desses discursos eram verídicos. Mas observamos, mesmo assim, que uso da Metodologia Fedathi gerava reflexão, concordância em falas, pensamentos, propostas, no intuito de um modelo geral e concreto para as situações-problema expostas.

Considerações Finais

No artigo em questão, tentamos alinhar o uso da Metodologia Fedathi como proposta de ensino que motiva a investigação científica em uma de suas etapas para a construção da aprendizagem, além de oferecer elementos que contribuem para a prática do docente nesse processo de ensino, permitindo a ativa e perene participação do educando durante todo o processo, em que mesmo diante de toda dificuldade que nos foi imposta pela pandemia do Corona Vírus, através dos encontros remotos de aplicação, percebemos claramente que os objetivos foram alcançados.

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 desse produto educacional (Portal Interativo) foi peça fundamental na intervenção pedagógica, haja vista que o momento atual não propiciava outras opções de uso.

Notamos ainda que essa proposta de ensino (Metodologia Fedathi) foi muito bem aceita, logo após os encontros da aplicação. O que era esperado da disciplina e comportamento dos estudantes se concretizou em suas participações, questionamentos e debates. Foram saberes novos que chegaram, anexados aos conhecimentos prévios e interiorizados. Pelo menos é o que foi demonstrado em seus depoimentos.

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 foram possíveis graças a esse recurso, que foi potencializado a partir da necessidade de isolamento social imposto pela Covid-19. Os desafios surgiram, impossibilitando, em alguns momentos, o encontro para alguns estudantes, mas não causaram desânimo na turma, pois tratava-se de um assunto de interesse dos próprios, consequência da escolha da eletiva.

O Ensino da Física Moderna é um grande achado para os dias atuais. O crescente interesse e a curiosidade por temas nessa linha precisam continuar. Vimos que a Metodologia Fedathi foi eficiente e nos acende um alerta. É preciso provocar ainda mais mudanças no comportamento e na 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 instrumento de interação 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.

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.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. 1 ed. Jan. 2003.

- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.
- 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.
- MORAIS, E. P. *O ensino da Física Moderna: o efeito fotoelétrico a partir da Metodologia Fedathi*. 2022. 105f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Regional do Cariri – URCA, Juazeiro do Norte, 2022.
- MOREIRA, M. A. *Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa*. Revista Chilena de Educación Científica, v. 7, n. 2, p. 23-30, 2008.
- NUSSENZVEIG, Herch Moysés. *Curso de física básica, 4: ótica, relatividade, física quântica*. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2014.

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.

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.

SOARES, T. A.; NOBRE, F. A. S. *A Contribuição da Sequência de Ensino FEDATHI no Processo de Ensino e Aprendizagem em Física*. Revista do Professor de Física. Brasília. Vol. 1. n. 2. P. 37-53. 2017. Disponível em <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7071> Data de acesso: 26 fev.

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.

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.