

## **ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA ENSINO MÉDIO SOBRE O PRINCÍPIO DA DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA DA LUZ**

*Experimental approach for secondary education on the principle of wave-particle duality of light*

**Wesley Menelli** [wesleymenelli@gmail.com]

*Departamento de Física, Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Campus Universitário "Alaor de Queiroz Araújo", Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, 29075-910 Vitória - ES, Brasil*

**Jeferson Oliveira do Nascimento** [jeffersonascimento@gmail.com]

*Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM) do Instituto de Educação Matemática e Científica (IEMCI) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Campus do Guamá / Rua Augusto Corrêa, Nº 1 – CEP: 66075-110, Belém-PA, Brasil.*

**José Luis Passamai Junior** [jose.passamai@ufes.br]

*Departamento de Física, Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Campus Universitário "Alaor de Queiroz Araújo", Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, 29075-910 Vitória - ES, Brasil*

**Carlos Augusto Cardoso Passos** [carlos.passos@ufes.br]

*Departamento de Física, Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Campus Universitário "Alaor de Queiroz Araújo", Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, 29075-910 Vitória - ES, Brasil*

*Recebido em: 31/08/2023*

*Aceito em: 23/11/2023*

### **Resumo**

Tópicos de Física Moderna e Contemporânea tornaram-se uma preocupação contínua para muitos educadores e pesquisadores uma vez que os estudantes utilizam tecnologias promovidas por esta área da Física. Neste contexto, propusemos uma sequência de aulas com experimentos estruturados para revelar a dualidade onda-partícula da luz. Os sujeitos da pesquisa foram alunos da 3ª série do Ensino Médio de uma escola da rede pública de ensino do Estado do Espírito Santo. Para elaborar esta sequência didática, consideramos como referência a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel que nos auxiliou na metodologia e formulação das aulas. Algumas destas aulas foram práticas e, em alguns experimentos, utilizamos a placa Arduino para facilitar a visualização de algumas características da luz visível e invisível. O primeiro passo foi aplicar um questionário com a finalidade de acessar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca da natureza da luz. Os resultados revelaram que 2/3 estudantes diferenciam onda mecânica de onda eletromagnética. Entretanto, em torno de 30% reconhecem que a radiação ultravioleta é uma radiação ionizante e metade informou que utiliza protetor solar somente na estação do verão. Como motivação inicial, escolhemos situações-problemas sobre radiação ultravioleta (aplicações, riscos e benefícios). Em seguida, realizamos experimentos para evidenciar o comportamento ondulatório e o comportamento corpuscular da luz. Para aprofundamento, escolhemos um artigo científico sobre os efeitos da radiação solar na saúde humana onde trabalhamos a leitura e fizemos uma discussão em sala de aula. Para avaliarmos se houve indícios de aprendizagem, utilizamos instrumentos como palavras-cruzadas sobre ondas eletromagnéticas, diário de bordo, construção de mapa conceitual, elaboração de glossário, questionários dos roteiros experimentais e da simulação computacional sobre efeito fotoelétrico. Aplicamos mais uma vez um questionário para avaliar se houve mudança nas explicações sobre a natureza da luz. O principal resultado foi que nenhum dos alunos utilizou modelo primitivo para explicar a natureza da luz. Considerando que aplicamos esta sequência didática no ano de 2021, mais da metade das aulas foram não presenciais. Nas duas modalidades de aula (remoto e presencial) mantivemos o rigor para aplicar a sequência de aulas uma vez que todos os alunos tiveram

acesso à internet para executar e participar das atividades acadêmicas. De qualquer forma, para as aulas não presenciais implicaram em prejuízo na aprendizagem. Quando as aulas puderam ser presenciais, notamos maior interesse dos alunos em participar das atividades dessa sequência didática. Por exemplo, no experimento com Sensor de Radiação UV e lâmina de vidro, os alunos confrontaram a intensidade radiação de uma lâmpada incandescente, lâmpada fluorescente eletrônica e lâmpada de UV. Os alunos verificaram a diferença de intensidade de radiação detectada pelo sensor coberto pela lâmina de vidro “pintada” com protetor solar com FPS 30. No questionário respondido pelos alunos, a maioria dos estudantes (>60%) reconhecem a importância do uso do filtro solar. De qualquer forma, como é uma questão comportamental, o conhecimento sobre o tema não pode ser trabalhado em sala de aula de forma superficial. É importante reforçar e priorizar o conteúdo de radiação invisível (não-ionizante e ionizante).

**Palavras-chave:** Sequência Didática, Luz, Dualidade, Ultravioleta, Arduino.

### Abstract

Topics of Modern and Contemporary Physics has become an ongoing concern for many educators and researchers as students use technologies promoted by this area of Physics. In this context, we proposed a sequence of classes with experiments structured to reveal the wave-particle duality of light. The research subjects were students in the 3rd year of high school at a public school in the state of Espírito Santo. To elaborate this didactic sequence, we considered David Ausubel's Theory of Meaningful Learning as a reference, which helped us in the methodology and formulation of classes. Some of these classes were practical and, in some experiments, we used the Arduino board to facilitate the visualization of some characteristics of visible and invisible light. The first step was to apply a questionnaire in order to access the students' prior knowledge about the nature of light. The results revealed that 2/3 students differentiate mechanical wave from electromagnetic wave. However, around 30% recognize that ultraviolet radiation is ionizing radiation and half reported that they use sunscreen only in the summer season. As initial motivation, we chose problem situations about ultraviolet radiation (applications, risks and benefits). Then, we performed experiments to demonstrate the wave behavior and the corpuscular behavior of light. For a deeper look, we chose a scientific article on the effects of solar radiation on human health where we worked on reading, and we had a discussion in the classroom. To assess whether there was evidence of learning, we used instruments such as crosswords on electromagnetic waves, logbook, construction of a conceptual map, elaboration of a glossary, questionnaires on experimental scripts and computer simulation on the photoelectric effect. We once again applied a questionnaire to assess whether there was a change in explanations about the nature of light. The main result was that none of the students used a primitive model to explain the nature of light. Considering that we applied this didactic sequence in 2021, more than half of the classes were non-face-to-face. In both class modalities (remote and face-to-face) we maintained the rigor to apply the sequence of classes since all students had access to the internet to perform and participate in academic activities. In any case, for non-face-to-face classes, it resulted in a loss of learning. When the classes could be face-to-face, we noticed a greater interest of the students in participating in the activities of this didactic sequence. For example, in the UV Radiation Sensor and glass slide experiment, students compared the radiation intensity of an incandescent lamp, electronic fluorescent lamp, and UV lamp. The students verified the difference in the intensity of radiation detected by the sensor covered by the glass sheet “painted” with SPF 30 sunscreen. In the questionnaire answered by the students, most students (>60%) recognized the importance of using sunscreen. In any case, as it is a behavioral issue, knowledge on the subject cannot be superficially worked on in the classroom. It is important to reinforce and prioritize the content of invisible radiation (non-ionizing and ionizing).

**Keywords:** Didactic Sequence, Light, Duality, Ultraviolet, Arduino.

## INTRODUÇÃO

Nas aulas de Ciências, especificamente em Física, é inegável o papel de aulas práticas porque é uma ferramenta que permite ao estudante desenvolver habilidades, checar modelos teóricos, organizar conceitos e conhecimentos, problematizar, dar interpretação a resultados e associá-los ao mundo onde está inserido (CAVALCANTE; MOLISANI, 2011; CASTILHO *et al.*, 2020, p. 248). Além disso, aula prática também é um fator que estimula o estudante durante o processo de aprendizagem uma vez que se revela curiosidades, promove engajamento e possibilita confrontar conhecimento entre o sujeito e o objeto desde (MONARETTO; FREITAS, 2014, p. 3; TORRES; SILVA, 2020). É importante salientar que esta estratégia metodológica está ancorada nas diretrizes do Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2022, p. 33).

Neste contexto, é necessário refletir sobre as atividades de ensino que usam a experimentação em sala de aula para que ações não seja exclusivamente do professor e o aluno mero espectador (SILVA *et al.*, 2020). Ademais, as atividades experimentais devem possuir objetivos claros, roteiros estruturados e com sequências lógicas para abordar ou revelar conceitos (RUYER; BARROS, 2016, p. 3). Tudo isto deve ser escolhido e definido pelo professor para que o educando estabeleça vínculos entre os conceitos de física e fenômenos investigado.

O delineamento da pesquisa teve como referencial metodológico a proposta de Azevedo (2004) onde descreveu Laboratório Aberto. Neste tipo de abordagem, o ensino está diretamente relacionado à estruturação das atividades propostas e aos graus de abertura dos problemas. Consideramos uma situação-problema e buscamos caracterizar o grau de abertura na atividade investigativa proposta com base nas considerações de Borges (2002) e Carvalho (2011). Assim identificamos o grau de liberdade intelectual em que o aluno se encontra. De acordo com a proposição de Borges (2002) temos caracterizados quatro níveis para uma atividade investigativa que se apresenta conforme na tabela 1.

**Tabela 1** – Níveis de investigação no Laboratório de Ciências.

Nível de Investigação	Problema	Procedimentos	Conclusão
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Borges (2002, p.306).

De forma semelhante à tabela apresentada por Borges (2002), Carvalho (2011) desenvolve uma classificação de níveis dos graus de liberdade intelectual para os alunos (A) por meio do nível de abertura proposto pelo professor (P).

**Tabela 2** – Graus de liberdade do professor/aluno em aulas de laboratório.

	Grau I	Grau II	Grau III	Grau IV	Grau V
<b>Problema</b>	P	P	P	P	A
<b>Hipóteses</b>	P	P	P	A	A
<b>Plano de Trabalho</b>	P	P	A	A	A
<b>Obtenção de dados</b>	A	A	A	A	A
<b>Conclusões</b>	P	A	A	A	A

Fonte: Carvalho (2011, p.55).

Neste contexto utilizamos a tecnologia Arduino para avaliar a concepção da propriedade e natureza da luz em alunos da 3<sup>a</sup>. série do Ensino Médio de uma Escola Pública. Nós elaboramos roteiros experimentais para revelar as características da luz (do espectro visível e ultravioleta). Neste trabalho, nós avaliamos os resultados qualitativamente, a partir de uma abordagem didática investigativa, para permitir o professor investigar a ação e interação dos alunos em sala de aula no desenvolvimento de temas de física moderna (SOLINO; FERRAZ; SASSERON, 2015).

Nós trabalhamos com a perspectiva de laboratório aberto na qual o ensino por investigação está diretamente relacionado à estruturação das atividades propostas e aos graus de abertura dos problemas. E a partir de perspectiva de Azevedo (2004), avaliamos os alunos na busca por solução através de prática experimental.

## TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

Aprendizagem significativa é um processo cognitivo cujo produto resultante é a aquisição de novos significados, novos conhecimentos pelo aprendiz (Ausubel, 2003). Desta forma, Ausubel, Novak e Hanesian (1978, p. 4) já haviam ratificado a concepção *Sine qua non* da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel: “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo”.

Ao longo do processo de aprendizagem, uma nova informação não deve ser entendida em seu sentido exato e preciso (literal). Logo, o novo conhecimento também não deverá interagir com qualquer outro que já exista junto à estrutura cognitiva do aprendiz que corresponde ao conceito subsunçor que não seja importante e necessário para o aprendizado significativo dele (NASCIMENTO, 2015). Desta forma, ao contrário das informações anteriores, sendo o processo de ensino e aprendizagem ocorrendo de forma que o novo conhecimento se apresente ao aprendiz de forma literal e arbitrária, o aprendizado será mecânico ou automático e não significativo. Corresponde naquela memorização de fórmulas em vésperas de atividades avaliativas, postulados, conceitos etc.

Diante da ausência dos conhecimentos prévios necessários para a interação com os novos aprendizados, cujo resultado será o aprendizado significativo, uma estratégia é recomendada: a utilização dos organizadores prévios. Eles atuarão como um agente suscitador de conceitos subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz, possibilitando um alicerce para o novo conhecimento a ser apresentado (MOREIRA, 2011). Para o referido autor, “Os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si” (MOREIRA, 2011, p. 163). Por fim, eles destacam qual é a ideia de maior centralidade presente no novo conhecimento que será apresentado, não correspondendo a meras e banais apresentações sobre este novo conhecimento.

Como abordaremos neste artigo, alicerçados na TAS, realizamos um questionário para verificarmos os conhecimentos prévios presentes na estrutura cognitiva dos participantes das pesquisas (Monteiro, 2017). Tais observações foram utilizadas à construção do material potencialmente significativo (material instrucional) que deve facilitar a interação entre o novo conhecimento e os subsunçores, que corresponde a sequência didática apresentada nesta pesquisa. Como organizadores prévios utilizamos uma atividade que correspondeu ao preenchimento de palavras-cruzadas. Os sujeitos da pesquisa realizaram esta atividade em vários grupos divididos na sala de aula.

## METODOLOGIA

Elaboramos uma sequência didática sobre quantização da luz e contextualizamos com tema sobre os efeitos da radiação ultravioleta na saúde humana e a aplicação desta radiação. As atividades propostas neste trabalho foram implementadas em uma turma do 3º ano do Ensino Médio e Integrado de uma escola da rede estadual de ensino localizada em Vitória, ES. Esta escola oferece os cursos técnicos integrados ao ensino médio: Administração, Mecânica Industrial, Eletrotécnica, Automação Industrial e Segurança do Trabalho. Mas os sujeitos da pesquisa foram 27 estudantes do curso Técnico em Eletrotécnica e 29 estudantes do curso Técnico em Administração cuja faixa etária foi entre 17 e 19 anos. Optamos em aplicar a sequência didática entre os meses de setembro e novembro de 2021 que equivale ao 3º trimestre do ano letivo. Neste período os estudantes já haviam estudado os conteúdos de carga elétrica, corrente elétrica, campo elétrico e campo magnético.

A sequência didática foi organizada com os seguintes itens: um questionário prévio (questionário diagnóstico), discussão de situação-problema, experimentos, simulação computacional, atividade de revisão sobre ondas eletromagnéticas através de um caça-palavras, atividade de leitura de artigo científico e construção de glossário, atividade de construção de mapa conceitual e um questionário posterior (pós-teste). Assim, a sequência didática teve 11 aulas consecutivas e com a seguinte ordem: 1 aula para aplicação de um questionário prévio, 9 aulas para aplicação das atividades e 1 aula para aplicação do questionário final. Resumidamente, as atividades estão descritas na Tabela 3.

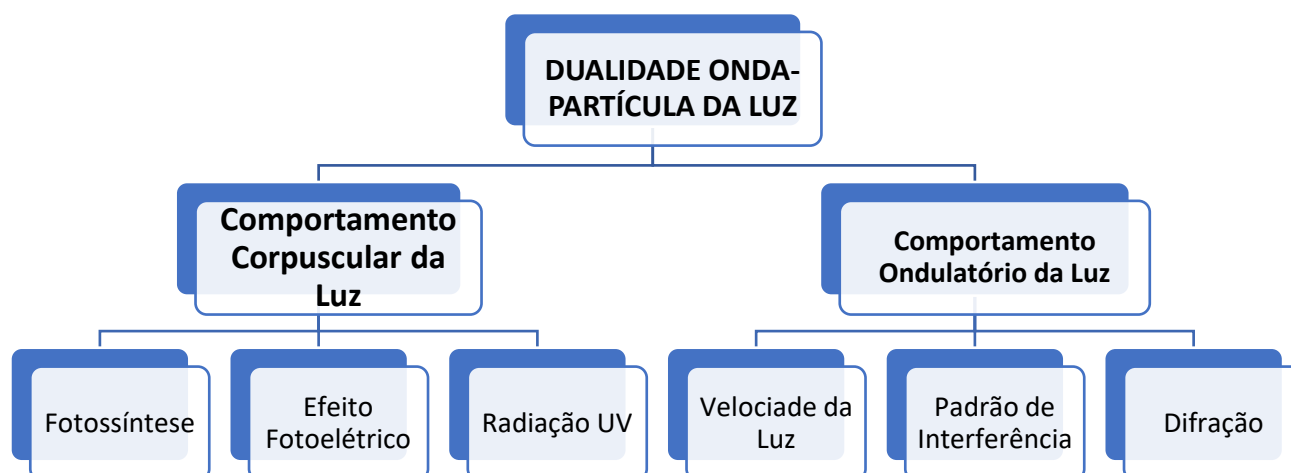
**Tabela 3** - Distribuição das atividades desenvolvidas em cada aula.

Atividade		Metodologia	Tempo (min)
1	1.1	Apresentação e discussão de vídeo de curta duração sobre. Radiação ultravioleta, disponível em: < <a href="https://www.youtube.com/watch?v=ctvwz-gEOzs">https://www.youtube.com/watch?v=ctvwz-gEOzs</a> > e revisão sobre ondas eletromagnéticas.	30
	1.2	Formação de grupos com 2 ou 3 alunos para realização de atividade Palavras-cruzadas sobre ondas eletromagnéticas.	20
2	2.1	Atividade experimental: Obtendo a velocidade da luz com a utilização de um forno de micro-ondas. (Experiência 1).	35
	2.2	Discussão sobre a luz como onda. Formação de grupos com 2 ou 3 alunos para anotar no diário de bordo o que foi apresentado e discutido na aula.	15
3	3.1	Atividade experimental: Obtendo o índice de refração da água através das figuras de interferência da luz (Experiência 2).	30
	3.2	Discussão sobre a luz como onda. Formação de grupos com 2 ou 3 alunos para fazerem as anotações sobre a aula no diário de bordo.	20
4	4.1	Leitura do texto "Ataque à pele", disponível em < <a href="http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc01/quimsoc.pdf">http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc01/quimsoc.pdf</a> >.	30

	4.2	Formação de grupos com 2 ou 3 alunos para criar um glossário no diário de bordo sobre os principais termos presentes no texto que estejam relacionados à Física e à radiação solar.	20
5	5.1	Discussão sobre radiação solar: apresentação do espectro da radiação solar.	15
	5.2	Construção individual de mapa conceitual sobre radiação solar.	35
6	6.1	Atividade de simulação do efeito fotoelétrico utilizando o aplicativo PhET Interactive Simulations (disponível em <a href="https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&amp;locale=pt_BR">https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&amp;locale=pt_BR</a> ), seguindo o roteiro entregue pelo professor.	35
	6.2	Discussão sobre o efeito fotoelétrico, natureza corpuscular da luz e quantização da energia.	15
7	7.1	Atividade experimental: Observando o efeito fotoelétrico no sensor LDR (Experiência 3).	20
	7.2	Discussão sobre a natureza corpuscular da luz. Formação de grupos com 2 ou 3 alunos para responder às questões contidas no roteiro.	30
8	8.1	Atividade experimental: Observando o efeito fotoelétrico no processo da fotossíntese (Experiência 4).	30
	8.2	Discussão sobre a natureza corpuscular da luz. Formação de grupos com 2 ou 3 alunos para responder às questões contidas no roteiro.	20
9	9.1	Atividade experimental: Utilizando o sensor de radiação UV para verificar a atenuação da transmissão desta radiação ao passar por uma camada de protetor solar aplicada sobre uma lâmina de vidro (Experiência 5).	20
	9.2	Discussão sobre dualidade onda-partícula, funcionamento dos protetores solares e o índice ultravioleta.	30

Fonte: Próprio autor.

Procuramos evidenciar neste trabalho as situações em que a luz se comporta como onda e situações em que ela se comporta como partícula, seguindo o fluxograma da Figura 1. Como tema motivador da sequência didática, utilizamos o Sol, principal fonte de luz visível e radiação ultravioleta sobre a superfície da Terra e suas interações.



**Figura 1-** Interligação dos conceitos de dualidade onda-partícula e os experimentos/simulações para revelar a característica da luz.

Todas as atividades experimentais foram realizadas com roteiros estruturados com objetivos específicos para que o estudante pudesse reconhecer tanto ao caráter corpuscular quanto ao caráter ondulatório da luz. Especificamente no roteiro da Experiência 1, o objetivo foi medir a velocidade de propagação da luz no ar utilizando um forno de micro-ondas (sem prato giratório) e barra de chocolate. A proposta do roteiro da Experiência 2 foi determinar o índice de refração da água usando padrão de interferência da luz. Detalhes da montagem estão em Silva e Muramatsu (2007). Na Experiência 3, o objetivo foi compreender os princípios físicos de funcionamento e a funcionalidade do sensor LDR (sigla em inglês para *Light Dependent Resistor*), ou seja, interação da luz com a matéria. A Experiência 4 teve como objetivo verificar o comportamento corpuscular da luz visível no processo de fotossíntese em folhas verdes em uma solução aquosa. E por fim, na Experiência 5, o objetivo foi verificar o comportamento corpuscular no processo de absorção da radiação UV pela matéria. Tanto no experimento 4 quanto no experimento 6 utilizamos o microcontrolador Arduino e sensores. Os códigos dos programas estão descritos no Apêndice.

## RESULTADOS E ANÁLISE

Esta pesquisa foi realizada em 2021 onde o ano letivo na rede estadual iniciou de forma híbrida devido à pandemia causada pela COVID-19. No entanto, entre a terceira semana de março e a terceira semana de maio, as aulas retornaram ao formato remoto. Depois disto, as aulas voltaram ao formato híbrido até outubro do mesmo e o final do ano letivo ocorreu somente com aulas presenciais. Considerando este contexto, decidimos aplicar a sequência didática somente a partir de setembro para que pudessemos controlar melhor as variáveis do processo de ensino-aprendizagem.

No primeiro momento, aplicamos questionário de diagnóstico (múltipla escolha) via formulário Google cujos assuntos abordados foram: ondas, luz visível, radiação ultravioleta, radiação ionizante e não-ionizante, fator de proteção solar e índice ultravioleta. Do grupo amostral de 56 alunos, apenas 33 estudantes responderam ao questionário.

Na questão 1 a pergunta foi “*O que é onda?*”. A maioria dos estudantes (97%) reconhecem que onda como pode ser observado em uma das respostas que destacamos: “*É uma perturbação provocada em meio que se propaga através do espaço transportando energia e momento linear, mas não transportando matéria. As ondas podem ser classificadas com relação à sua natureza de vibração como mecânicas ou eletromagnéticas.*” Na segunda questão abordou a diferença entre onda mecânica e onda eletromagnética. Neste caso, 2/3 dos estudantes indicaram que onda mecânica necessita de um meio material para se propagar e onda eletromagnética não precisa necessariamente de meio material. Na questão 3 (“*A luz...*”) abordou a natureza da luz sob o ponto de vista da ondulatória. Nesta questão, 75 % dos respondentes marcaram a opção correta: “*é uma onda eletromagnética, transversal e tridimensional*”. Na questão 4 o aluno precisou identificar exemplos de ondas eletromagnéticas e o resultado está resumido na Tabela 4.

**Tabela 4:** Índice de acerto da questão 4 do Questionário de Diagnóstico. Nesta questão o estudante pôde assinalar mais de uma resposta.

<b>Tipo de Onda</b>	<b>Percentual de acerto (%)</b>
Infravermelho	73
Rádio	82
Raios X	88
Ultravioleta	76
Luz Visível	58

No entanto, entre outras possibilidades de respostas, estudantes também assinalaram como resposta o infrassom (27%) e ultrassom (42%) como onda eletromagnética.

Na questão 5 a pergunta foi “*Você sabe a diferença entre radiação ionizante e radiação não ionizante?*”. A maioria dos respondentes (61%) tenha marcado a opção correta (“*Radiação ionizante*”).

*é a radiação que transporta energia suficiente para arrancar elétrons e radiação não-ionizante é aquela cuja energia transportada não é suficiente para arrancar o elétron do átomo.*”, 15% marcaram umas das opções incorretas e 24% marcaram a opção “*Não sei*”.

Sobre radiação ultravioleta, na questão 6 o aluno precisou marcar a opção que completasse corretamente a frase “*A radiação ultravioleta...*”. Verificamos que apenas 30% dos respondentes marcaram a opção correta (“*possui maior frequência que a luz visível violeta*”), 36% marcaram umas das opções incorretas e 33% marcaram a opção “*Não sei*”.

Sobre proteção contra radiação ultravioleta perguntamos “*Com que frequência você usa protetor solar?*” (questão 7). Quase metade dos estudantes (49%) informaram que usam protetor solar somente no verão mas quando vão à praia, 18% responderam que raramente usam, mesmo em dias de alta intensidade de radiação, 15% disseram que usam sempre quando estão expostos à radiação solar, mesmo em dias nublados, mas que não reaplicam o protetor, 15% disseram que usam sempre quando estão expostos à radiação solar, mesmo em dias nublados, reaplicando posteriormente, conforme o tempo de exposição ao sol e 3% disseram nunca usar protetor solar.

Seguindo com mesmo tema, perguntamos “*O que significa fator de proteção solar (FPS) 10, 20, 30, ...?*”). O resultado foi que 49% marcaram a opção correta “*É o número que determina o tempo de proteção da radiação solar, impedindo a eritema (vermelhidão da pele). Exemplo: se eu usar protetor FPS 10, eu posso ficar exposto ao sol 10 vezes mais tempo sem que produza a eritema na pele.*”. Além disso, 36% marcaram uma das opções incorretas e 15% disseram não saber. Os resultados das questões de 5 a 8 sugerem que mais da metade dos alunos não sabem que luz ultravioleta é uma radiação ionizante e que causa danos físicos as células humanas.

Na questão 9 a pergunta foi “*Você sabe o que é índice ultravioleta (IUV)?*”. Verificamos que 67% marcaram a opção correta (“*Sim. É o índice que mostra a medida da intensidade da radiação solar máxima num determinado dia, num determinado local.*”), 3% marcaram uma das opções incorretas e 27% disseram não saber. E por fim, na questão 10 a pergunta foi “*Nos meses do verão, frequentemente, realiza-se campanha sobre a prevenção do câncer de pele. Em que locais você já foi informado sobre esta campanha? (Você pode marcar mais de uma opção)*”. O resultado foi que 67% dos respondentes marcaram a opção Meios de comunicação (TV, rádio, jornais eletrônicos, mídias sociais), 36% marcaram a opção Escola, enquanto 18% disseram nunca terem sido informados sobre campanha à prevenção do câncer de pele.

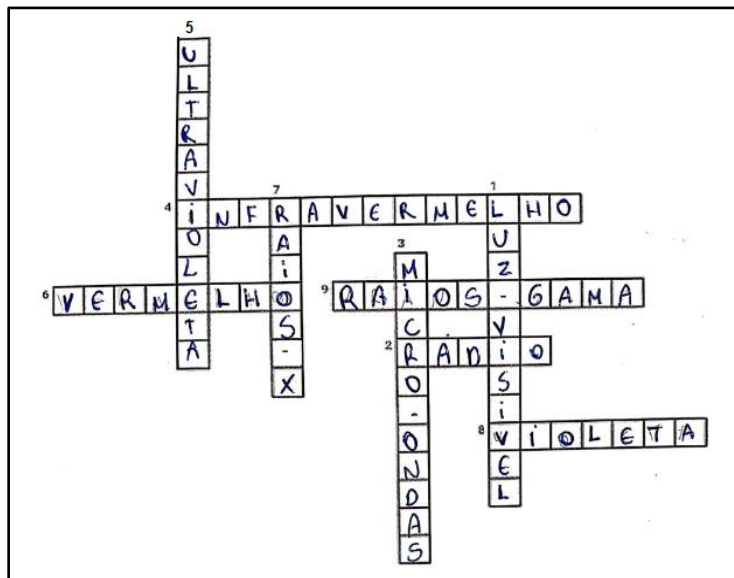
Os resultados descritos indicaram que os conteúdos de ondas eletromagnéticas precisavam ser retomados. Como estratégia, criamos uma sala virtual (Google Sala de Aula) com material (texto e vídeo) sobre ondas eletromagnéticas. O vídeo está disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=28JVQrLCFtM&t=5s>>. Esta atividade foi desenvolvida pelos estudantes em sua própria casa onde cada aluno elaborou 12 a 16 frases do tipo verdadeiro ou falso com resposta correta. Essa atividade não foi avaliada nesta pesquisa.

A primeira atividade da sequência didática foi a situação-problema “*Como a radiação UV pode ser usada para eliminação do coronavírus?*”. O professor expôs um vídeo de curta duração (<https://www.youtube.com/watch?v=ctvwz-gEOzs>) que descreve uma utilização radiação UV equipamentos médicos antes da manutenção. O projeto foi desenvolvido por professores e estudantes da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Após a apresentação do vídeo, os alunos e o professor fizeram um debate sobre radiação ionizante e descrição do espectro eletromagnético.

Na sequência, realizamos a atividade palavras-cruzadas (Atividade 2) sobre ondas eletromagnéticas onde os alunos se organizaram em grupos com 2 ou 3 componentes. Esta atividade serviu de organizador prévio para o conteúdo de radiações de luz visível e luz ultravioleta abordadas nas aulas seguintes. Em cada grupo ocorreu troca de informações com a finalidade de encaixar a palavra e

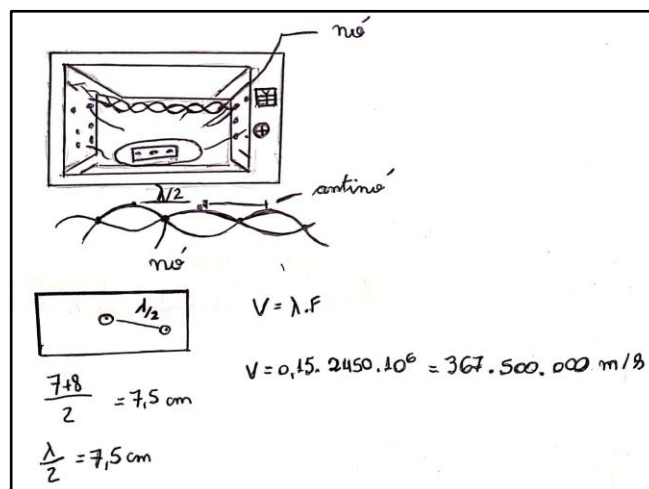


houve erro de preenchimento. Isto motivou os alunos para realizar uma pesquisa sobre as radiações eletromagnéticas. A figura 2 é um exemplo de um dos grupos.



**Figura 2:** Resposta de um dos grupos sobre a atividade palavras-cruzadas sobre radiação eletromagnética. Fonte: Próprio autor.

Como terceira atividade da sequência, os estudantes realizaram um experimento para determinar a velocidade da luz no ar com auxílio de um forno micro-ondas da própria escola. Neste caso, optamos em realizar a atividade por turma, mas os grupos fizeram anotações e ilustrações em seus diários de bordo. A Figura 3 representa uma das análises que descreveu: "A partir do experimento, foi possível saber a velocidade da luz, através da análise do comportamento do chocolate no micro-ondas: as partes não derretidas (nós), recebendo o mínimo de energia e as partes derretidas (anti-nós) recebendo mais energia."

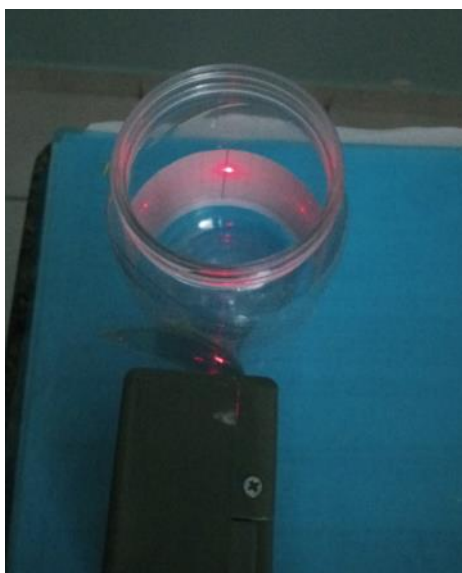


**Figura 3:** Ilustração do experimento e cálculo para determinar a velocidade da luz no ar. Neste experimento os alunos usaram barras de chocolate e observaram os pontos de derretimento. Fonte: Próprio autor.

Para reforçar o caráter ondulatório da luz, propusemos para os alunos realizarem o experimento da refração da luz (SILVA; MURAMATSU, 2007), conforme a configuração da figura 4. Esta atividade (Atividade 4) teve também a finalidade de revisitar os conceitos estudados na série anterior e revisado no início do ano letivo. Os alunos foram instruídos a realizar as medidas com ar e depois com água filtrada. O valor médio do índice de refração da água foi de 1,34 isto representa um erro da ordem de 1% quando comparado ao valor descrito no livro didático. Este resultado é similar relatado por Silva e Muramatsu (2007). Para exemplificar os relatos dos alunos, reproduzimos duas respostas dos diários de bordo:

*” Realizamos um experimento com a refração da luz. Bom, como explicado pelo professor, a difração da luz é um fenômeno ondulatório no qual a onda desvia ou contorna um obstáculo. [...], realizamos o experimento e foi produtivo, aprendemos como a luz se comporta.”* (Grupo 2).

*“Inicialmente foi feito um experimento que media o índice de refração da água usando o conceito de difração da luz. Logo depois observamos os valores de  $x$  do ar e do  $x$  da água. Ao analisar, fizemos contas para comparar o valor obtido com o valor adotado, calculando o erro da medição. A aula foi bem dinâmica pois com o experimento aprendemos o que é refração e difração.”* (Grupo 4).

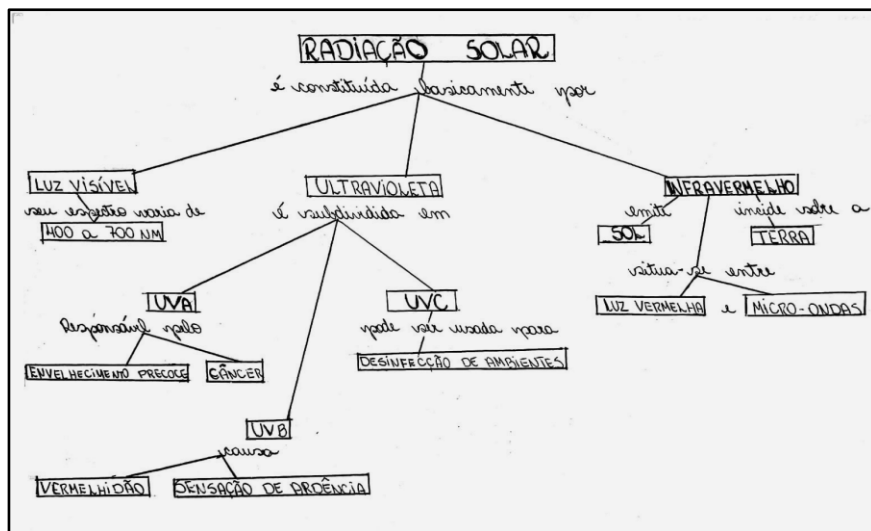


**Figura 4:** Montagem do experimento para determinação do índice de refração. As medidas das distâncias do máximo central ao primeiro vizinho foram realizada com ar e depois com água. O anteparo é um pedaço de folha de papel milimetrado fixado diametralmente oposto a fonte de luz (apontador laser). A luz foi difratada com auxílio de um pedaço de CD-Rom. Fonte: Próprio autor.

Na aula seguinte, propusemos a leitura do texto cujo título foi “Ataque à pele” (COSTA; SILVA, 1995). Os alunos se organizaram em grupos de 4 a 5 componentes para leitura e discussão do texto sobre radiação solar e a interação com a pele humana. Após a leitura os alunos realizaram um debate e elaboraram um glossário com as palavras desconhecidas. Muitos grupos colocaram no glossário termos relacionados à Física: comprimento de onda, luz visível, infravermelho, ultravioleta, radiação UVA, radiação UVB, radiação UVC etc. Outros grupos colocaram também termos da Química, da Biologia e/ou das Ciências da Saúde: anel benzênico, dióxido de titânio, células epidérmicas, carcinoma, melanoma, fator de proteção solar (FPS) etc. Este resultado sugere que os alunos conseguem relacionar tópicos de Física com disciplinas da área de Ciências da Natureza, Ciências de Saúde e do Meio Ambiente, uma vez que o texto também informa sobre a prevenção do câncer de

pele, envelhecimento precoce e camada de ozônio. Além disso, o texto apresenta os termos da natureza corpuscular da luz e aborda a interação luz com a matéria (pele e molécula de ozônio).

Na aula seguinte, o professor apresentou promoveu uma aula dialogada sobre a radiação solar, destacando a parte desta radiação que chega à superfície da Terra (radiação ultravioleta, radiação infravermelha e luz visível) e a importância da camada de ozônio. Ao término desta breve exposição, o professor pediu como atividade individual a construção de um mapa conceitual sobre radiação solar (Atividade 5). Esta atividade foi realizada em casa. Ao analisar os mapas conceituais foi possível observar que a maioria dos alunos atingiu o objetivo desta atividade, mostrando as principais informações do tema abordado. No exemplo descrito na Figura 5, podemos observar que o estudante conseguiu separar o espectro visível do espectro visível e associar a interação com a matéria.



**Figura 5** - Mapa conceitual de um estudante. Esta ferramenta foi utilizada como organizado de conceitos dos assuntos abordados em sala de aula. Fonte: Próprio autor.

Na Atividade 6, utilizamos o simulador Phet Colorado para visualizar o efeito fotoelétrico. Os alunos foram duplas ou trios e utilizaram o roteiro para manipular o simulador. E no final do roteiro os alunos responderam um questionário sobre com cinco questões:

1. Selecione metal sódio, luz vermelha e intensidade 20%. Ocorre o efeito fotoelétrico?
2. Aumente a intensidade da luz para 100%. Ocorre o efeito fotoelétrico?
3. Se não ocorreu a emissão de elétrons, volte a intensidade para 20% e troque a radiação até a placa emitir elétrons. Que radiação é essa? Qual é o comprimento de onda dessa radiação?
4. Aumente a intensidade para 100%. O que acontece com a quantidade de elétrons emitidos? (Aumenta, diminui ou não varia?)
5. Substitua a radiação para ultravioleta de comprimento de onda 350 nm. O que acontece com a velocidade dos fotoelétrons?

Na questão 1, todos os grupos responderam que o efeito fotoelétrico acima de uma frequência mínima (frequência de corte). As repostas da questão 2 mostraram que a maioria dos grupos descreveram que a energia do fóton é diretamente proporcional à frequência, mas eles não perceberam que ao trocar

do metal sódio para o metal zinco, o fóton incidente deve possuir maior energia. Ou seja, não está claro para os nossos alunos que a energia de ligação do elétron ao elemento muda em função da energia de ligação do elétron. Na questão 3, todos os grupos responderam corretamente sobre a relação entre frequência de corte e função trabalho (quanto maior a função trabalho, maior é a frequência de corte). Na questão 4, todos os grupos responderam corretamente que aumentando-se a intensidade da radiação, aumenta-se a quantidade de elétrons emitidos e não a velocidade destes elétrons. Por último, as respostas da questão 5 indicou que alunos têm dificuldade que há frequência mínima (energia mínima) para ocorrer o efeito fotoelétrico.

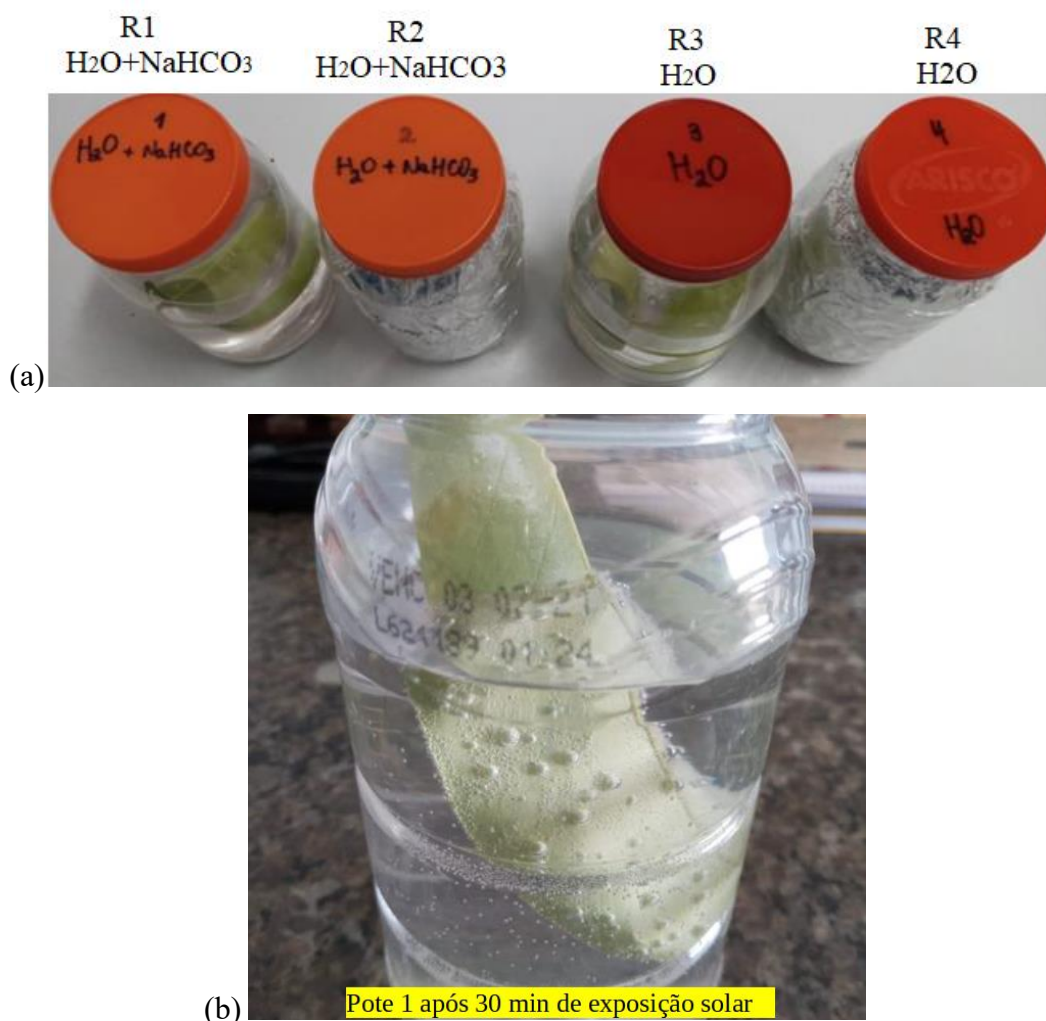
Na sétima atividade, demonstramos o princípio de acendimento das lâmpadas dos postes em via pública. O kit contém um computador, um LED, módulo LDR e uma placa Arduino. Esta atividade retomou o conceito da atividade anterior para que os estudantes pudessem visualizar a interação da luz com a matéria. Na tela do computador os alunos observaram a variação da resistência elétrica do LDR. Os alunos variaram a intensidade de luz no LDR e todo vez que a intensidade diminuiu o LED ascendeu. O professor aproveitou para explicar o contexto histórico que levou Albert Einstein a formular sua teoria para o efeito fotoelétrico.

Na oitava atividade exemplificamos o processo de fotossíntese cujo kit teve 4 recipientes transparentes a luz visível. Os alunos encheram os recipientes com água e uma folha verde de uma planta. No recipiente 1, os alunos colocar somente água e a folha; nos recipientes 2 e 3, acrescentaram bicarbonato de sódio na água. No recipiente 3, os alunos encobriram com papel alumínio.

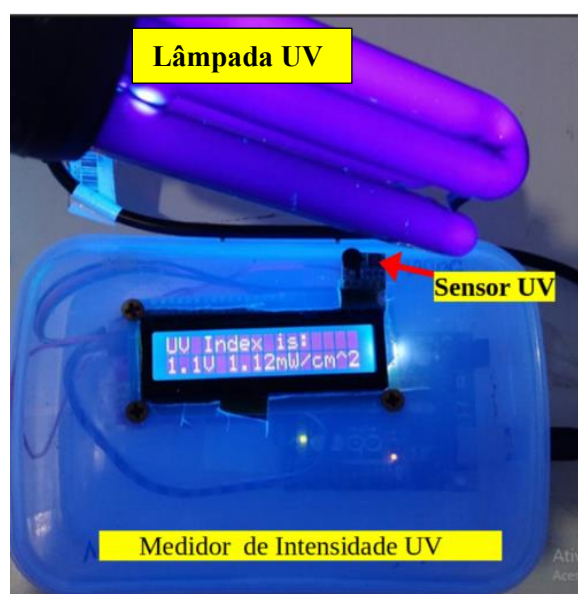
Após a observação do experimento, o professor retornou para sala de aula e fez uma explanação sobre o processo. Enfatizou a fotossíntese ocorre nos cloroplastos quando ocorre absorção de fótons e liberação elétrons pelas clorofilas e relacionou ao efeito fotoelétrico. Ao final, o professor pediu que os alunos relatassem esta aula no diário de bordo e entregassem na aula seguinte. Como exemplo de descrição, segue a é a transcrição do trecho de um diário de bordo da turma Eletrotécnica.

*“O tema da aula foi fotossíntese e efeito fotoelétrico, bom o efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons por um material geralmente metálico. A relação que esses dois fenômenos possuem é que a clorofila absorve fótons da luz solar e liberam elétrons, iniciando a cascata de transferência de energia que ocorre durante o processo de fotossíntese.”* (Grupo 1).

A última atividade (Atividade 9) da sequência foi utilizando o kit com sensor luz ultravioleta, ver Figura 7. Os estudantes iluminaram o sensor com lâmpada incandescente (100 W), lâmpada fluorescente eletrônica (20 W) e lâmpada ultravioleta (20 W). Os alunos, organizados em grupos de 3 ou 4 componentes, observaram que a irradiância varia conforme a posição da lâmpada que pôde ser visualizada na tela LCD. Os alunos colocaram sobre o sensor UV uma lâmina de vidro, uma lâmina de vidro pintada com creme hidratante e uma lâmina de vidro pintada com filtro solar FPS 30. As médias das medidas com a lâmina de vidro limpa sobre o sensor estão descritas na Tabela 5.



**Figura 6:** (a) Recipientes com água com e sem bicarbonato de sódio para demonstração do processo de fotossíntese. Os recipientes foram expostos ao Sol na área livre da escola por um período de 1 hora e 30 min. Os recipientes 2 e 4 foram encobertos com papel alumínio. (b) Visualização do efeito após a exposição ao sol do recipiente 1. Fonte: Próprio autor.



**Figura 7:** Kit para medida de radiação ultravioleta. No suporte de lâmpada pode-se colocar a lâmpada fluorescente e a lâmpada incandescente. Fonte: Próprio autor.

**Tabela 5:** Valores médios das leituras do sensor ultravioleta ML8511 UV para diferentes lâmpadas. As leituras foram realizadas com lâmina de vidro limpa sobre o sensor.

Lâmpada	Intensidade (mW/cm <sup>2</sup> )
Incandescente	0,09
Fluorescente	0,18
Ultravioleta	1,10

Fonte: Próprio Autor.

Quando os alunos colocaram uma lâmina de vidro coberta por hidratante sobre o sensor, a irradiância medida foi 0,85 mW/cm<sup>2</sup>. Em seguida, eles testaram com a lâmina de vidro coberta com filtro solar FPS 30 sobre o sensor e valor reduziu para 0,04 mW/cm<sup>2</sup>. Não foi verificada diferença no curto intervalo de tempo de exposição à luz UV, quando foi substituído o filtro solar FPS 30 por outro de FPS 50. Após a realização dos procedimentos, os alunos responderam três questões sobre o experimento: 1. *O creme hidratante e os filtros solares usados interferiram na irradiância medida? Explique.* 2. *Explique a importância do FPS na proteção da pele à radiação UV.* 3. *Explique a relação entre IUUV, FPS e combate às queimaduras e câncer de pele.*

Na questão 1, os alunos descreveram no diário de bordo que os hidratantes não protegem a pele da radiação UV. Eles descreveram que há a proteção quando foi utilizado filtro solar. Na questão 2, observou-se que muitos alunos confundem a sigla FPS com filtro solar, mas estes estudantes demonstraram saber a importância do uso de protetor solar para evitar envelhecimento precoce e câncer de pele. Por fim, na questão 3, as respostas da maioria dos alunos indicam que ainda confundem índice ultravioleta (IUUV) com radiação ultravioleta. Por outro lado, a maioria dos grupos fizeram a correlação satisfatória entre FPS, IUUV e câncer de pele, como mostra a transcrição de um dos grupos:

*“O IUUV mede a quantidade de ultravioleta no ambiente e o FPS calcula quanto tempo estou protegido, e os dois ajudam as pessoas a se cuidarem e evitarem queimaduras e câncer de pele.”* (Grupo 4)

Ao final da sequência didática aplicamos um questionário:

1. Radiação solar: Com base no que foi apresentado nos experimentos e na discussão em aula, escreva um pequeno parágrafo relacionando os termos radiação ultravioleta, proteção solar, fator de proteção solar (FPS) e índice ultravioleta (IUUV).

2. Nas últimas aulas discutimos sobre a luz. Vimos que em alguns fenômenos a luz se comporta como onda e em outros, como partícula. Afinal, qual é a natureza da luz? Discorra brevemente sobre esse comportamento dual da luz.

Na questão 1, o índice de acerto (resposta esperada) foi de 63%. Isto mostra que a maioria dos alunos soube relacionar os termos radiação ultravioleta, FPS e IUUV com a proteção da pele, como na transcrição:

*“A radiação ultravioleta, principalmente UVA e UVB que entram na atmosfera da Terra pode causar queimadura e câncer de pele, por isso para proteção solar se usa o filtro solar que contém o FPS que especifica o tempo de proteção, e pelo índice ultravioleta dá para ver quanto de radiação é emitida.”* (Aluno 27 - turma do Curso Técnico em Administração).

Na questão 2 a nossa expectativa foi que aluno pudesse descrever elemento do comportamento dual da luz. No entanto, observou-se que a resposta de 37% dos respondentes atendeu parcial ou completamente ao esperado, 7% não atenderam e 40% não responderam esta questão. A resposta de dois dos respondentes é mostrada abaixo.

*“A natureza da luz é onda e partícula, ou seja, a luz se propaga como uma onda e interage como partícula.”.* (Aluno 13 - turma do Curso Técnico em Administração).

e

*“Dependendo da situação, a luz se comporta como onda ou partícula.”.* (Aluno 12 – turma do Curso Técnico em Eletrotécnica).

Aplicamos este questionário após a prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM/2021). Isto pode justificar índice alto de alunos que não responderam, após a prova os alunos não estavam mais motivados para novos aprendizados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na aplicação da sequência didática verificamos que ao iniciar as aulas com uma situação-problema e discutir sobre possíveis soluções pode fazer com que um conteúdo tenha significado para o aluno. Verificamos também que é preciso conhecer o que o aluno já sabe antes de começar um conteúdo novo. Considerando que no ano de 2021, ainda em período de pandemia, mais da metade das aulas foram não presenciais e que isso gerou um grande prejuízo na aprendizagem, mesmo assim, conseguimos verificar maior interesse e participação dos alunos ao realizar as atividades dessa sequência didática sobre temas de física moderna.

Após analisarmos os dados obtidos deste trabalho, percebemos que cada atividade realizada contribuiu para o processo de aprendizagem. Até mesmo a atividade “Palavras-cruzadas sobre ondas eletromagnéticas” que pareceu ser a mais simples foi importante para a sequência de aulas. A atividade “Mapa Conceitual sobre radiação solar” permitiu organizar as informações sobre radiação solar na estrutura cognitiva dos alunos. Os experimentos, mesmos os mais simples, possibilitaram visualização dos fenômenos envolvendo a luz (visível ou violeta) que conduziram os estudantes a reconhecer o comportamento dualístico da luz (onda-partícula). E o último experimento com sensor UV teve aplicação prática dos conceitos da FMC e revelou para os estudantes a importância do protetor solar para evitar envelhecimento precoce e câncer de pele. Dessa maneira, acreditamos que a aplicação desta sequência didática contribuiu para a formação aluno cidadão tendo em vista a importância social dos temas abordados neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

Ausubel, D. P.; Novak, J. D.; Hanesian, H. Educational psychology: a cognitive view. (2a ed.). Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1978. 733 p.

Azevedo, M. C. P. S. **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula.** In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.

Borges, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. Caderno Brasileiro. Ensino de Física. V. 19, n. 3: p. 291-313, dez., 2002.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. PCN Ensino Médio: Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2000.

Carvalho, A. M. P. **Ensino e aprendizagem de ciências: Referenciais teórico e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI)**. In: LONGHINI, M. D. (Org.) O Uno e o Diverso. Uberlândia: EDUFU, 2011, cap. 18, p. 253-266.

Castilho W. S.; Lima, D.; Dutra, M. V. G. O ensino de física e a aprendizagem significativa: Um kit experimental com arduino para o ensino de queda livre. *Experiências em Ensino de Ciências*. v.15, n.3, p. 247-262, 2020.

Cavalcante, M. A., Tavoraro, C. R.; Molisani, E. Física com Arduino para Iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 4, 4503 (9p.) 2011.

Costa, M. L.; Silva, R. R. da. Ataque à pele. *Química Nova na Escola*, n.1, p. 3-7, 1995.

Monaretto, A.; Freitas, V. F. A importância da prática no Ensino de Física para a Educação de Jovens e Adultos. In Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE. 2014, p. 3.

Moreira, M.A. Aprendizagem significativa: a teoria e texto complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

NASCIMENTO, J. O. do. O Ensino de Física por meio de ferramentas tecnológicas: um estudo de caso com o PROEJA. 2015. 231 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 25 set. 2015.

Ruver, V. V.; Barros, M. P. de. Guia para atividades práticas no ensino de física. Produto Educacional. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais. Cuiabá, 2016. Acesso em 27 ago., 2023. <https://fisica.ufmt.br/pgecn/index.php/dissertacoes-e-produtos-educacionais/banco-de-produtos-educacionais>.

Silva, F. M. da; Muramatsu, M. Medindo refração de líquidos usando difração da luz. *Física na Escola*, v. 8, n. 1, p. 46-47, 2007.

Silva, C. B. C. da; Dorneles, P. F. T.; Heidemann, L. A. Um estudo sobre indícios de aprendizagem significativa em atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica no ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*. v.15, n.3, p. 166-187, 2020.

Solino, A. P.; Ferraz, A. T.; Sasseron, L.H. Ensino por investigação como abordagem didática: desenvolvimento de práticas científicas escolares. Uberlândia/MG. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2015. Uberlândia/MG. Caderno de resumos. Acesso em 27 ago. 2023. <https://www.cecimig.fae.ufmg.br/images/SolinoFerrazeSasseron2015.pdf>.

Torres, V.; Silva, M. G. da. Experimento: confeccionando e verificando que a curva ciclóide apresenta o menor tempo entre dois pontos desnivelados. *Experiências em Ensino de Ciências*, v.15, n.3, p. 46-58, 2020.



## APÊNDICE

### 1. Código para observar o funcionamento do LDR

```

/*
 * Módulo Fotorresistor (Sensor) LDR
 * Fonte: https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-modulo-fotorresistor-sensor-ldr/
 */
//***** DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS *****
const int pinoSensor = 8;    //PINO DIGITAL UTILIZADO PELA SAÍDA DO SENSOR
const int pinoLed = 7;      //PINO DIGITAL UTILIZADO PELO LED
// ***** INÍCIO DO PROGRAMA *****
void setup(){
  Serial.begin(9600); //INICIALIZA A SERIAL
  pinMode (pinoSensor, INPUT); //DEFINE O PINO COMO ENTRADA
  pinMode(pinoLed, OUTPUT); //DEFINE O PINO COMO SAÍDA
  digitalWrite(pinoLed, LOW); //LED INICIA DESLIGADO
}
void loop(){
  int leitura = digitalRead(pinoSensor);
  if (leitura == HIGH)
  { //se leitura do pino for igual a 1 (high), faz
    digitalWrite(pinoLed, HIGH); //ACENDE O LED
    // Serial.println(leitura); // observar valor de tensão do ldr no monitor serial
  }
  else { //SENÃO, FAZ
    digitalWrite(pinoLed, LOW); //ACENDE O LED
  }
}

```

### 2. Código para detecção de radiação UVA/UVB

```

/* Sensor Ultravioleta ML8511 UV
 * Fonte: https://learn.sparkfun.com/tutorials/ml8511-uv-sensor-hookup-guide/all
 */
// ***** DEFINIÇÃO DE PINOS *****
int UVOUT = A0;    //Output from the sensor
int REF_3V3 = A1; //3.3V power on the Arduino board

//***** DECLARACAO DE BBIBLIOTECA *****
#include <Wire.h>    //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA

// ***** *****
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,2,1,0,4,5,6,7,3, POSITIVE); //ENDEREÇO DO I2C

// ***** FUNÇÕES AUXILIARES *****
void mostraCategoria();

// ***** INÍCIO DO PROGRAMA *****

```

```

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16,2); //Cofigura a quantidade de colunas(16) e o número de linhas(2) do display
  lcd.setBacklight(HIGH); //LIGA O BACKLIGHT (LUZ DE FUNDO)
  pinMode(UVOUT, INPUT);
  pinMode(REF_3V3, INPUT);
}
void loop(){
  int uvLevel = averageAnalogRead(UVOUT);
  int refLevel = averageAnalogRead(REF_3V3);
  //Use the 3.3V power pin as a reference to get a very accurate output value from sensor
  float outputVoltage = 3.3 / refLevel * uvLevel;
  float uvIntensity = mapfloat(outputVoltage, 0.99, 2.8, 0.0, 15.0); //Convert the voltage to a //UV
intensity level
  Serial.print("output: ");
  Serial.print(refLevel);
  Serial.print(" / ML8511 output: ");
  Serial.print(uvLevel);
  Serial.print(" / ML8511 voltage: ");
  Serial.print(outputVoltage);
  Serial.print(" / UV Intensity (mW/cm^2): ");
  Serial.print(uvIntensity);
  Serial.println();
  mostreCategoria();

// ***** Imprimir em LCD *****
  lcd.setCursor(0,0); //Configura a posição do cursor na primeira coluna e primeira linha
  lcd.print("UV Index is: ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(outputVoltage);
  lcd.setCursor(3,1); // Configura a posição do cursor na primeira coluna e segunda linha
  lcd.print("V");
  lcd.setCursor(5,1); // Configura a posição do cursor na primeira coluna e segunda linha
  lcd.print(uvIntensity);
  lcd.print("mW/cm^2");
  delay(5000);
}
//Takes an average of readings on a given pin
//Retorna a média
int averageAnalogRead(int pinToRead){
  byte numberOfReadings = 8;
  unsigned int runningValue = 0;
  for(int x = 0 ; x < numberOfReadings ; x++)
    runningValue += analogRead(pinToRead);
  runningValue /= numberOfReadings;
  return(runningValue);
}

```

```
//The Arduino Map function but for floats
//From: http://forum.arduino.cc/index.php?topic=3922.0
float mapfloat(float x, float in_min, float in_max, float out_min, float out_max){
  return (x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min;
}
void mostreCategoria(){
  float uvIntensity;
  if (uvIntensity >= 0 && uvIntensity < 3.0){
    Serial.print("Minimo");
  }
  else if (uvIntensity >= 3.0 && uvIntensity < 5.0){
    Serial.print("Baixo");
  }
  else if (uvIntensity >= 5.0 && uvIntensity < 8.0){
    Serial.print("Moderado");
  }
  else if (uvIntensity >= 8.0 && uvIntensity < 11.0){
    Serial.print("Alto");
  }
  else if (uvIntensity >= 11.0){
    Serial.print("Muito Alto");
  }
}
// Fim da função mostraCategoria
```