



PRODUTO EDUCACIONAL - Material Didático-Pedagógico

UV-ÔMETRO SOLAR: A LUZ ULTRAVIOLETA E A SAÚDE HUMANA

ROBSON ANTONIO LEITE

Produto Educacional da Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Antonio Custodio de Melo
Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

Maringá - PR
maio, 2022

Carta ao leitor

Prezado Professor,

Este material foi elaborado como uma prática pedagógica educacional, visando contribuir para a ampliação das abordagens existentes na carreira docente. Começamos entendendo um pouco sobre o processo de ensino-aprendizagem, seguindo então, para a prática trazida aqui como um Produto Educacional, dentro da disciplina de Física, tendo a interdisciplinaridade com a Biologia e Química no que tange à Saúde Humana dentro de um contexto de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, visando que o presente trabalho seja visto como exemplo, podendo, assim, ser modificado e adequado para cada realidade e público específico.

É colocado um aparato experimental como material didático-pedagógico e uma proposta didática que pode auxiliar na execução da prática pedagógica, levando em consideração um maior envolvimento dos alunos, modificando sua atuação de passivo e receptor de informação para sujeito analítico e ativo no processo de ensino-aprendizagem. Nesse sentido, é indispensável compreender que se deve realizar outras leituras, as que o leitor julgar necessárias para ter melhor compreensão, além das que indico neste trabalho, uma vez que temos aqui somente uma proposta de aplicação para a práxis docente, o que pode ser realizado por meio do processo de reflexão-ação-reflexão, em que é necessário um aprofundamento em relação a conceitos e práticas.

Assim como os processos avaliativos e as orientações sugeridas para as atividades, levam-se em consideração o aprofundamento adquirido nas leituras e na minha própria prática docente. Assim, creio que terá uma visão mais adequada e uma maior gama de adequações nas atividades que poderão ser realizadas em sua própria prática docente, diferente de uma simples aplicação deste modelo, enriquecendo seu conjunto de atividades educacionais.

Este material estará disponível para download na página do MNPEF/DFI/UEM (<http://www.df.uem.br/dfimestrado/?q=node/60>) e, novamente citamos que, pode ser adaptado de acordo com a realidade de cada série pelo docente interessado.

Agradeço à leitura do trabalho e igualmente coloco aqui um pedido, de que tenham, sobretudo, olhares analíticos a esta prática pedagógica educacional, que ela seja vista com indulgência, sem tratá-la com espírito de censura, uma vez que são elaborados e apresentados, na intenção de melhorar, os processos de ensino-aprendizagem.

Maringá, 21 de março de 2021.

Robson Antonio Leite

INTRODUÇÃO

Um trabalho tem sentido para uma pessoa quando ela o acha importante, útil e legítimo.

Edgar Morin

A atividade experimental é uma ferramenta de ensino-aprendizagem e pode ser considerada valiosa quando utilizada de forma adequada na prática pedagógica educacional, sendo singular na contribuição para o ensino e a aprendizagem. Historicamente desde a década de 60, várias tentativas com relação à melhoria da qualidade do ensino de Ciências Naturais basearam-se nas atividades experimentais (KRASILCHIK, 2000).

É comum, no ensino médio, professores de Física terem muitas dificuldades no momento de construir o conhecimento junto aos alunos, e o que é ainda mais complexo é fazer isso de forma interdisciplinar, prazerosa e contextualizada.

Para muitos educadores e educandos, a Física é vista como uma disciplina difícil de ser aprendida e ensinada e, por isso, os alunos apresentam, por vezes, desinteresse e problemas de aprendizagem dos conteúdos de ensino, mostrando-se constantemente desarticulados da realidade e isolados em disciplinas, não tendo a interdisciplinaridade.

Para corroborar no ensino-aprendizagem de Ciências, alguns autores, como Araújo e Abib (2003), Gaspar (2014) e Batista (2009) sugerem o emprego de atividades experimentais como forma de estimulação aos alunos, defendendo que sua aprendizagem possa ser mais significativa, as quais podem, assim, ser consideradas como ferramentas capazes de auxiliar na compreensão de conceitos, dos princípios e das aplicações leis da Física junto com as suas correlações com a saúde e a melhoria na qualidade de vida.

Gasparin (2002) salienta que os conhecimentos científicos necessitam, hoje, ser reconstruídos em suas plurideterminações, dentro das novas condições de produção de vida humana, respondendo, quer de forma teórica, quer de forma prática, aos novos desafios propostos.

Considerando a natureza, os objetivos, as habilidades e as competências específicas presentes na BNCC (BRASIL, 2018) e nos referenciais curriculares para

os conteúdos de astronomia, biologia, estatística, física, matemática e saúde, é necessária uma mudança na metodologia das aulas de Física, para poder, assim, mostrar aos alunos que existem correlações entre os conteúdos apresentados em sala de aula e sua realidade imediata.

Suas correlações e variações na qualidade de vida, dispõe-se neste trabalho, com maior ênfase, o que está preconizado nas unidades temáticas: *Matéria e Energia e Vida, Terra e Cosmos*, dispostas na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias da BNCC (BRASIL, 2018).

Nesse contexto, e a partir das dificuldades de diversos professores para trabalhar a interdisciplinaridade, junto da falta acesso ao equipamento experimental adequado, apresenta-se, nas próximas sessões, uma proposta didática com abordagem de ondas eletromagnéticas, utilizando diversos recursos educacionais para uma aprendizagem ativa e significativa e um aparato experimental, um UV-ômetro, sensor de Radiação Ultravioleta (RUV) com Arduino®. Nesse sentido, visando a ampla divulgação e reaplicação, foi projetado e desenvolvido um aparato experimental de custo acessível.

1 PROPOSTA DIDÁTICA

Exibimos nesta sessão a proposta didática que inclui Mapas Conceituais, Texto de Apoio, materiais e métodos, a ficha técnica, os quadros de estruturação das 8 aulas propostas e as considerações para algumas das atividades, o que pode auxiliar em outras possíveis aplicação dessa Proposta Didática (PD).

1.1 Apresentação e Aplicação da Proposta Didática (PD)

A utilização da Proposta Didática sobre Ondas Eletromagnéticas, com ênfase em Radiação Ultravioleta, é conteúdo descrito na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018), no Currículo da Rede Estadual Paranaense (CREP) (PARANÁ, 2020) e no Referencial Curricular Paranaense para o Novo Ensino Médio – versão preliminar (2) (PARANÁ, 2021).

No âmbito da matéria de Ciências da Natureza, no ensino infantil, as habilidades que envolvem radiação solar, suas transformações, variações e aplicações nos organismos vivos permeiam no campo de experiências do tópico **“espaços, tempos, quantidades, relações e transformações”** (EI02ET02; EI03ET02; EI03ET03) – Quadro 1. Ainda quanto a essa matéria, há três Unidades Temáticas do Ensino fundamental: **Matéria e energia; Vida e evolução e Terra e Universo**, (EF01CI06; EF02CI05; EF02CI08; EF03CI02; EF03CI03; EF05CI11; EF09CI04; EF09CI06; EF09CI07) – Quadro 1.1 – e há duas Unidades Temáticas, **Matéria e Energia e Vida, Terra e Cosmos**, no Ensino Médio (EM13CNT101; EM13CNT103; EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT205; EM13CNT301; EM13CNT306) – Quadro 1.

Encontra-se nas Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná (PARANÁ, 2008), dentro da componente curricular Física, inserido no conteúdo estruturante o Eletromagnetismo, e, nos conteúdos básicos, **“A natureza da luz e suas propriedades”**.

Isso consta também na Proposta Pedagógica Curricular de Física do Colégio Oxigênios – Educação Infantil, Ensino Fundamental e Médio, localizado na cidade de Santa Fé, no estado do Paraná, onde esta proposta didática foi aplicada para alunos do 2º e do 3º ano do Ensino Médio.

Quadro 1: Campos de experiências e habilidades das Unidades Temáticas da BNCC.

(EI02ET02) Observar, relatar e descrever incidentes do cotidiano e fenômenos naturais (luz solar, vento, chuva etc.).
(EI03ET02) Observar e descrever mudanças em diferentes materiais, resultantes de ações sobre eles, em experimentos envolvendo fenômenos naturais e artificiais.
(EI03ET03) Identificar e selecionar fontes de informações, para responder a questões sobre a natureza, seus fenômenos, sua conservação.
(EF01CI06) Selecionar exemplos de como a sucessão de dias e noites orienta o ritmo de atividades diárias de seres humanos e de outros seres vivos.
(EF02CI05) Investigar a importância da água e da luz para a manutenção da vida de plantas em geral.
(EF02CI08) Comparar o efeito da radiação solar (aquecimento e reflexão) em diferentes tipos de superfície (água, areia, solo, superfícies escura, clara e metálica etc.).
(EF03CI02) Experimentar e relatar o que ocorre com a passagem da luz através de objetos transparentes (copos, janelas de vidro, lentes, prismas, água etc.), no contato com superfícies polidas (espelhos) e na intersecção com objetos opacos (paredes, pratos, pessoas e outros objetos de uso cotidiano).
(EF03CI03) Discutir hábitos necessários para a manutenção da saúde auditiva e visual considerando as condições do ambiente em termos de som e luz.
(EF05CI11) Associar o movimento diário do Sol e das demais estrelas no céu ao movimento de rotação da Terra.
(EF09CI04) Planejar e executar experimentos que evidenciem que todas as cores de luz podem ser formadas pela composição das três cores primárias da luz e que a cor de um objeto está relacionada também à cor da luz que o ilumina.
(EF09CI06) Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.
(EF09CI07) Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).
(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

Fonte: Adaptado da BRASIL – BNCC (2018, p. 51, 333, 335, 337, 341, 351, 555, 557, 559).

Em tal PD, foi realizado um detalhamento maior no conteúdo de Ondas Eletromagnéticas, como foco especial na Radiação Ultravioleta, suas transformações e variações. Neste mesmo enfoque, elaborou-se pesquisas bibliográficas, questionários, debates, confeccionados mapas conceituais e aferiu-se dados com o auxílio do sensor de radiação ultravioleta – aparato experimental –, de maneira a integrar teoria e prática como forma de possibilitar uma Aprendizagem Significativa, conforme preconizado por Ausubel (1963, 2003), ou ainda, uma Aprendizagem Significativa Crítica, conforme Moreira (1999, 2000, 2005 e 2006a).

Procurou-se fazer com que o aluno fosse sujeito ativo e protagonista no processo de ensino-aprendizagem e, a partir dos subsunçores, desenvolvesse as habilidades de discutir, investigar, interpretar, construir e analisar como parte de sua rotina de estudo e de seu modo de aprender e conseqüentemente ampliando seus subsunçores. Assim, o estudante deixa de ser um sujeito passivo, um mero receptor de informações do professor e do livro didático.

Ao construir a PD, como parte do Produto Educacional, procurou-se pautar os conteúdos e atividades considerando a estrutura de subsunçores dos alunos, para isso, foi elaborado um formulário que foi aplicado antes de finalizar a elaboração da PD. Desta forma, tentou-se levar em consideração estas concepções prévias, o que, para a aprendizagem significativa, é uma condição necessária, segundo Moreira (2012):

A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores interrelacionados e hierarquicamente organizados é uma estrutura dinâmica caracterizada por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. [...] A reconciliação integradora, ou integrativa, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações. (*Ibidem*, p. 33-34).

Na proposta didática, as atividades foram sistematizadas de forma que

permitted the deepening of the topic studied. The pedagogical practices and the methodologies of teaching-learning present were: readings coordinated, mediated debates, videos, use of experimental apparatus, construction of conceptual maps and questionnaires. In this sense, the professor left the main role, in the classroom, and passed to have the function of mediator and interlocutor of the proposed methodologies.

During the application of this didactic proposal, the following equipment and materials were necessary:

- a) Folha A4 (papel sulfite) e lápis/caneta para elaboração dos Mapas Conceituais;
- b) Livros, revistas e artigos diversos para pesquisa bibliográfica;
- c) Projetor multimídia e computadores para apresentações dos vídeos;
- d) Computadores com acesso à internet para pesquisa de dados;
- e) Caderno e lápis/caneta para realização da aferição de dados de Raios UV;
- f) Equipamento com sensor de Radiação UV (construído e disponibilizado pelo autor).

In this Didactic Proposal were considered the following pedagogical practices:

- a) O uso de Mapas Conceituais;
- b) Questionários pré e pós conteúdo;
- c) Uso de tecnologias educacionais – aparato experimental e vídeos educativos;
- d) Pesquisa bibliográfica e aferição de dados experimentais como princípios educativos ativos;
- e) Experimentação.

To favor the understanding and systematize the organization of the didactic proposal, as exposed, it is presented to the professors readers, a priori, a "technical sheet" and, a posteriori, the structuring of the activities schematized for the classes.

1.2 Ficha Técnica – Proposta Didática

O Quadro 2 tem a intenção de relacionar algumas informações importantes para a aplicação nas aulas, as quais foram retiradas analisando os questionários prévios respondido pelos alunos. Além disso, o Quadro 2 apresenta itens como público-alvo, previsão de duração da quantidade de horas-aulas, conteúdos básicos que foram desenvolvidos, metodologias de ensino-aprendizagem, recursos didático-tecnológicos e avaliação.

Quadro 2: Ficha Técnica da Proposta Didática.

TEMA - Ondas eletromagnéticas com ênfase em Radiação UV
TIPO - Produto Educacional e Aprendizagem Significativa Crítica
PÚBLICO-ALVO - Alunos do 2º e 3º ano do Ensino Médio
DURAÇÃO - 08 horas-aula ¹
CONTEÚDO: <ul style="list-style-type: none">- Contexto Histórico do Eletromagnetismo, Óptica, Física Moderna e Contemporânea a partir do final do século XIX;- Ondas Eletromagnéticas;- Espectro Eletromagnético;- Energia Quantizada;- Fontes e Aplicações de Raios UV no ensino-aprendizagem e no cotidiano.
OBJETIVOS: <ul style="list-style-type: none">- CONHECER, DIFERENCIAR e ANALISAR os tipos de Ondas Eletromagnéticas e suas implicações no cotidiano;- ENTENDER o Espectro Eletromagnético;- INVESTIGAR e RECONHECER as características e efeitos da Radiação UV no cotidiano do estudante;- DIFERENCIAR fontes naturais de fontes artificiais de RUV;- DISCUTIR e DIFERENCIAR as diversas áreas de aplicação dos Raios UV;- COMPREENDER e COMPARAR a importância da RUV nos dias atuais destacando a variação da intensidade e CORRELACIONAR com os fenômenos naturais, processos tecnológicos e saúde humana;- ANALISAR fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre Matéria e Energia, para PROPOR ações individuais e coletivas que melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (BRASIL BNCC, 2018).

¹ Considera-se que cada hora-aula contenha 50 minutos de duração.

<p>METODOLOGIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mapas Conceituais; - Questionários pré e pós; - Pesquisas bibliográficas; - Coleta de dados; - Textos; - Vídeos; - Experimentação – AE. 	<p>RECURSOS DIDÁTICO-TECNOLÓGICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Folha A4 (papel sulfite) e lápis/caneta; - Livros, revistas e artigos; - <i>Notebook</i> e Projetor multimídia (<i>Mobile learning</i>); - Computadores com acesso ao <i>YouTube</i>; - Equipamento com sensor de Radiação UV; - Lousa, giz e pincel de quadro branco.
<p>AVALIAÇÃO:</p> <p>Avaliação diagnóstica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Participar da aferição de subsunçores (responder formulário inicial); - Elaborar mapa conceitual (inicial); <p>Avaliação formativa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apresentação de ideias nos debates mediado pelo professor, com os seguintes critérios de avaliação: Postura do aluno; Conteúdo da pesquisa; Domínio do conteúdo pesquisado; Criatividade; Organização das ideias principais. <p>Avaliação somativa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaborar mapa conceitual (final) e comparar o mapa conceitual inicial com o final; - Responder questionário. 	
<p>Referências Bibliográficas recomendadas:</p> <p>BRASIL. Ministério da Educação. <i>Base Nacional Comum Curricular</i>. Brasília, 2018.</p> <p>CHIBENI, S.S., <i>As Origens da Ciência Moderna</i>. Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/cienciaorigens.pdf. Acesso em: 15 fev. 2020.</p> <p>CHIBENI, S.S., <i>Objetivos da Ciência</i>. Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/objetivosciencia.pdf. Acesso em: 15 fev. 2020.</p> <p>OKUNO, E.; VILELA, M.A.C., <i>Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos</i> - Coleção Temas Atuais de Física, Editora Livraria da Física. Sociedade Brasileira de Física. São Paulo, 1ª edição, 2005.</p> <p>PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação (SEED). <i>Currículo da Rede Estadual Paranaense – Ciências</i>. Curitiba: SEED, 2020. 42p.</p> <p>PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação (SEED). <i>Diretrizes Curriculares da Educação Básica - Física</i>. Curitiba: SEED, 2008. 98p.</p> <p>MUDI-UEM, Amigos do, <i>AS CORES DAS COISAS</i> [Experimentoteca de Física]. YouTube. (10min) Disponível em: https://youtu.be/xeVhReGfNeM. Acesso em: 15 fev. 2021.</p>	

Fonte: O autor (2021).

1.3 Espectro Eletromagnético

A Radiação Eletromagnética foi dividida em faixas de frequência (ν) e/ou comprimento de onda (λ) e de forma o espectro de radiação, que é classificado como: ondas de baixa frequência, ondas de rádio, micro-ondas, radiação infravermelha (IV), luz visível (VIS), radiação ultravioleta (UV), raios X, raios gama (γ) e raios cósmicos. Este conjunto de todos os tipos de ondas eletromagnéticas é chamado espectro eletromagnético, ilustrado na Figura 1.

Diversos livros e artigos discriminam as faixas de frequência pelo seu comprimento de onda no ar, mas, como esta propriedade é dependente do meio de propagação, a melhor forma de diferenciação das ondas eletromagnéticas é pela sua frequência, exatamente porque ela é uma característica que não depende do meio de propagação, mas sim somente da sua fonte. As frequências vão desde 10 Hz (onda gerada por uma corrente alternada doméstica) até 10^{22} Hz (raios γ) e, acima disso, há os raios cósmicos, sendo, no meio disso, a luz visível, com frequência entre 400 THz e 750 THz, e a radiação ultravioleta, que se encontra entre 750 THz e 300 PHz. A grande faixa de valores de frequências para as ondas eletromagnéticas explica a diversidade de fenômenos envolvendo estas radiações e, em particular, a sua interação com a matéria.

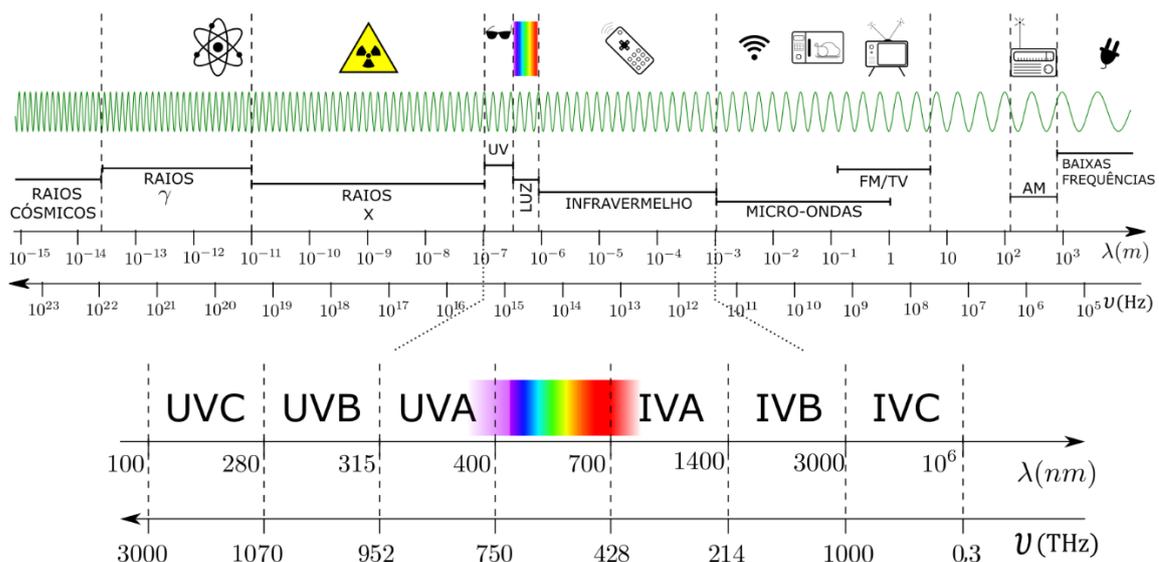


Figura 1: Espectro Eletromagnético.

Fonte: Adaptado de LEITE *et al* (2021).

1.4 Radiação Ultravioleta no espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético da luz ultravioleta pode ser dividido de várias formas. O Quadro 3 apresenta a classificação da radiação UV segundo a norma ISO sobre ambiente espacial (natural e artificial) – processo utilizado para a determinação de irradiâncias solares (ISO-21348, 2007).

Quadro 3: Faixas de radiação ultravioleta.

Denominação	Sigla	Intervalo de λ (nm)	Frequência (THz)	Energia (eV)
Ultravioleta	UV	$10 \leq \lambda < 400$	$3 \cdot 10^4 \leq \lambda < 750$	$123,90 \leq E < 3,10$
Ultravioleta de vácuo	VUV	$10 \leq \lambda < 200$	$3 \cdot 10^4 \leq \lambda < 1500$	$123,90 \leq E < 6,20$
Ultravioleta extremo	EUV	$10 \leq \lambda < 121$	$3 \cdot 10^4 \leq \lambda < 2479$	$123,90 \leq E < 10,24$
Lyman-alpha	Ly- α	$121 \leq \lambda < 122$	$2479 \leq \lambda < 2459$	$10,24 \leq E < 10,16$
Ultravioleta longínquo	FUV	$122 \leq \lambda < 200$	$2459 \leq \lambda < 1500$	$10,16 \leq E < 6,20$
Ultravioleta C	UVC	$100 \leq \lambda < 280$	$300 \leq \lambda < 1071$	$12,39 \leq E < 4,43$
Ultravioleta médio	MUV	$200 \leq \lambda < 300$	$1500 \leq \lambda < 1000$	$6,20 \leq E < 4,13$
Ultravioleta B	UVB	$280 \leq \lambda < 315$	$1071 \leq \lambda < 952$	$4,43 \leq E < 3,93$
Ultravioleta próximo	NUV	$300 \leq \lambda < 400$	$100 \leq \lambda < 750$	$4,13 \leq E < 3,10$
Ultravioleta A	UVA	$315 \leq \lambda < 400$	$952 \leq \lambda < 750$	$3,93 \leq E < 3,10$

Fonte: adaptado de ISO 21348 (2007, p. 11).

Na radioastronomia, é identificado nas faixas de frequências denominadas: ultravioleta de vácuo, ultravioleta extremo, ultravioleta longínquo, ultravioleta médio e ultravioleta próximo (NRAO, 2021).

A divisão em UVA, UVB e UVC, nos intervalos apresentados no Quadro 3, foi inicialmente feita por dermatologistas e introduzida na década de 1930 pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE), adotada formalmente em 1970 (OKUNO; VILELA, 2005). No entanto, até hoje alguns cientistas utilizam como limiar da UVA e UVB, o comprimento de onda de 320 nm.

1.5 Fótons UV e a Interação com a Matéria

Fótons transportam quantidades discretas de energia, as quais são denominadas de *quantum* (no singular) ou *quanta* (no plural) e que podem ser transferidas para moléculas e átomos quando os *fótons* são absorvidos. Dependendo da frequência da radiação eletromagnética, químicos podem analisar diferentes partes de um átomo, ou de uma estrutura molecular, utilizando diferentes tipos de espectroscopia.

Fótons da região UV, ou visíveis, podem ter energia suficiente para excitar elétrons, uma vez que estes elétrons excitados retornam para o estado fundamental, *fótons* são emitidos e, então, o átomo, ou a molécula, irá emitir uma luz de frequência específica na região do visível. Estes espectros de emissão atômica podem ser usados para entender a estrutura eletrônica e para identificar um elemento – caracterizando-se no teste da chama (KHAN ACADEMY, 2021).

Em 1905, Albert Einstein demonstrou que a energia eletromagnética, mesmo tendo a sua natureza ondulatória, pode apresentar comportamentos corpusculares, comparáveis ao de uma partícula, que denominada “*Lichtquant*” (quantidade ou pacote de Luz), mais tarde os físicos deram o novo nome de *fóton*.

Einstein não citou no seu artigo, mas cinco anos antes Max Planck já incluía a ideia de valores de distintos de energia da luz para explicar a radiação do corpo negro. Segundo Einstein, a radiação eletromagnética é emitida em feixes constituídos de *fótons*, onde a menor quantidade mensurável de energia é considerada um *fóton* transportado pela radiação eletromagnética. Assim, ele propôs a explicação satisfatória para o efeito fotoelétrico, o que o condecorou com prêmio Nobel de Física de 1921 (NOBEL, 2021).

A teoria evidencia também que o *quantum* de energia eletromagnética (E), pertencente a cada fóton de radiação, será diretamente proporcional a sua frequência. Logo:

$$E = h \cdot f,$$

em que h representa a constante de Planck e seu valor é de $6,602 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

Assim, lembramos aqui da equação fundamental da ondulatória e a velocidade da luz no vácuo é c , assim temos:

$$v = \lambda \cdot f \rightarrow f = \left(\frac{c}{\lambda}\right).$$

Portanto, ao readequar as equações 1 e 2, obtém-se:

$$E = h \cdot \left(\frac{c}{\lambda}\right),$$

onde $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s e o λ é o comprimento de onda da radiação.

Em Copenhague, no ano de 1932, em seu discurso de abertura do Congresso Internacional sobre terapia através da Luz, Niels Bohr traz considerações interessantes sobre os efeitos benéficos da luz na cura de doenças. Assim, afirmou-se que, como grande parte dos Físicos é incapaz de contribuir para tal belo ramo da Ciência, tão importante para o bem-estar de toda a humanidade, poderíamos, quando muito, tecer comentários e descrições sobre os meros fenômenos inorgânicos da luz (BOHR, 2008).

1.6 Estruturação das Atividades para as aulas

Apresenta-se, nesta seção, o Quadro 4, em que consta a estrutura das atividades organizadas para a aplicação nas aulas, assim como as informações relacionadas a estas aplicações.

Quadro 4: Estrutura das atividades e conteúdos organizados para as aulas.

IDENTIFICAÇÃO	
Instituição: Colégio Oxigênios	Turma: 2º a 3º ano do Ensino Médio
Nº de Alunos: 21	Disciplina: Física - Ciências da Natureza e suas tecnologias
Professor: Robson Antonio Leite	Bimestre: 1º bimestre / 2021
AULA 1	
Discussão inicial: apresentar a PD, informações em relação à autorização e aplicação. (5 min)	
Investigação e identificação dos subsunçores:	
➤ Atividade 1 – Entregar uma folha com a palavra Radiação Ultravioleta, solicitar aos alunos que busquem relacionar outras palavras que seja relevante ao tema, assim como qual a relação que tem com o tema central e escrevê-las na folha, construindo assim, um Mapa Conceitual Individual. (10 min)	
Obs.: Os alunos já tinham conhecimento de Mapas Conceituais, abordado em aulas anteriores. Modelo no Apêndice A.	
➤ Atividade 2 – Entregar uma folha com a palavra Radiação Ultravioleta, solicitar aos alunos, em grupos de 3 a 5, que busquem interrelacionar seus Mapas Conceituais Individuais, construindo assim, um Mapa Conceitual Coletivo - grupo. Recolher os Mapas (individuais e coletivo) ao final. (10 min)	
➤ Atividade 3 – Construir um Mapa Conceitual Coletivo – turma, no quadro. (15min)	
➤ Atividade 4 – Entregar para aos alunos responder o Questionário: A luz Ultravioleta e a Vida. (10 min) Formulário: A luz Ultravioleta e a Vida. Apêndice B.	
AULA 2	
➤ Atividade 5 – Leitura (em grupo) de textos científicos: (25 min)	
- As Origens da Ciência Moderna - Prof. Dr. Silvio Seno Chibeni. Notas de aula de Introdução à Filosofia da Ciência: IFCH Unicamp. Disponível em: https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/cienciaorigens.pdf	
- Objetivos da Ciência - Prof. Dr. Silvio Seno Chibeni. Notas de aula de Introdução à Filosofia da Ciência: IFCH Unicamp. Disponível em: https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/objetivosciencia.pdf	
➤ Atividade 6 – Debate crítico sobre a Física Moderna e Contemporânea. (25 min)	
AULA 3	
Aula expositiva:	
➤ Atividade 7 – Introdução a Óptica Geométrica e Ondas Eletromagnéticas. (10 min)	
➤ Atividade 8 – Espectro Eletromagnético. A Natureza da Luz. Fontes de Luz. (10 min)	
➤ Atividade 9 – Meios de propagação. Princípios da Óptica Geométrica. (10 min)	
➤ Atividade 10 – Apresentar os Fenômenos Ondulatórios e Corpusculares da Luz. (10 min)	

<p>➤ Atividade 11 – Vídeo: Cores de luz e pigmento e Aplicações. (10 min) Vídeo: AS CORES DAS COISAS Experimentoteca de Física - Amigos do MUDI-UEM. Disponível no YouTube: https://youtu.be/xeVhReGfNeM (10 min)</p>
<p>AULA 4</p>
<p>➤ Atividade 12 – Coletar dados do Aparato Experimental: Sensor de radiação Ultravioleta. Anotar no caderno horário da coleta, o IUV local aferido e as condições meteorológicas na hora da coleta. (25 min)</p> <p>➤ Atividade 13 – Utilizar os dados coletados para construir tabela. (25 min)</p> <p>➤ Atividade 14 – Tarefa: Coletar dados no aparato experimental: Sensor de radiação Ultravioleta, 3 vezes ao dia - entrada, intervalo e saída - nos dias que vai ao colégio. (1 semana)</p> <p>OBS: se for possível aplicação como atividade presencial. Está atividade pode ser adaptada como atividade remota.</p>
<p>AULA 5</p>
<p>➤ Atividade 15 – Utilizar os dados coletados e tabelados para confecção de gráficos. (30 min)</p> <p>➤ Atividade 16 – Discutir a variação temporal e atmosférica da radiação UV, seus efeitos e aplicações. (20 min)</p>
<p>AULA 6</p>
<p>➤ Atividade 17 – Apresentar o Efeito Fotoelétrico e a Teoria de Energia Quantizada. Investigar sobre a Energia de ionização e calcular a frequência mínima para ionização e o seu respectivo comprimento de onda. (30 min)</p> <p>➤ Atividade 18 – Propor com os alunos ações individuais e coletivas que melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global. (20 min)</p>
<p>AULA 7</p>
<p>➤ Atividade 19 – Entregar uma folha com a palavra Radiação Ultravioleta e solicitar aos alunos que construam um Mapa Conceitual Individual. Recolher os Mapas e confeccionar um novo Mapa Conceitual Coletivo – Turma. (20 min) - Entregar para aos alunos responder ao Questionário: A luz Ultravioleta e a Vida. (10 min)</p> <p>➤ Atividade 20 – Análise Final: Comparar os Mapas Conceituais e Questionários para verificação da Aprendizagem Significativa (Avaliação). (20 min)</p>
<p>AULA 8</p>
<p>➤ Atividade 21 – Avaliação Somativa: Simulado. (50 min)</p>

Fonte: o autor (2021).

Todo o processo de ensino-aprendizagem aqui elaborado e abordado deverá ser adaptado de acordo com a realidade de cada série e colégio, pelo docente interessado em sua utilização. Desde os processos de elaboração até a avaliação,

eles devem ser contínuos, uma vez que não podemos fazer “uma receita para se ensinar e aprender”.

Neste sentido, entende-se que o binômio ensino-aprendizagem deve ser avaliado e reelaborado, levando em consideração os subsunçores existentes e suas modificações. Apresentamos, assim, algumas considerações importantes para a aplicação de algumas atividades realizadas nas aulas.

Segundo as Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Física: “A avaliação oferece subsídios para que tanto o aluno quanto o professor acompanhem o processo de ensino-aprendizagem. Para o professor, a avaliação deve ser vista como um ato educativo essencial para a condução de um trabalho pedagógico inclusivo.” (PARANÁ, 2008, p. 80). Considerando a sua dimensão diagnóstica, a avaliação é um instrumento tanto para que o professor conheça o seu aluno, antes que se inicie o trabalho com os conteúdos escolares, quanto para o desenvolvimento das outras etapas do processo educativo.

Para tanto, inicialmente, é preciso identificar os conhecimentos dos estudantes, sejam eles espontâneos ou científicos, pois ambos interferem na aprendizagem, no desenvolvimento dos trabalhos e nas possibilidades de revisão do planejamento pedagógico. Assim, a avaliação oferece subsídios para que tanto o aluno quanto o professor acompanhem o processo de ensino-aprendizagem. Por isso, a avaliação precisa ser contínua, permanente, cumulativa e diagnóstica, visando acompanhar o desempenho no presente e orientar o futuro, bem como modificar práticas insuficientes, apontando possibilidades de mudança, priorizando e aumentando efetivamente a aprendizagem.

Isso posto, pretende-se alcançar os objetivos com os instrumentos propostos nesta PD e avaliar de forma diagnóstica, formativa e somativa. Também, almeja-se que o aluno possa acomodar, adaptar, ampliar, aprimorar, assimilar, ressignificar, e tenha uma equilibração majorante de seus conhecimentos relacionados à Radiação Ultravioleta, como o conhecimento da importância para a Vida, a presença no cotidiano e sua relação com a Física Clássica (Eletromagnetismo) e a Física Moderna (Quântica).

Assim, nas subseções a seguir, são apresentados os processos de avaliação para algumas atividades realizadas em aulas.

Considerações acerca da Atividade 1, 2, 3 e 4

Uma das maneiras mais eficientes de se empregar os mapas conceituais é utilizando-os não só como ferramentas de aprendizagem, mas como ferramentas de avaliação, incentivando, assim, os alunos a usarem padrões de aprendizagem significativos (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Para Moreira (2012), como instrumento de avaliação da aprendizagem, os mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento.

Os Mapas Conceituais, desenvolvidos nas atividades 1, 2 e 3 têm como objetivo a avaliação diagnóstica dos subsunçores dos alunos, visando um planejamento melhor da aplicação da PD, assim como o formulário, (Apêndice B) Atividade 4, que também foi instrumento de avaliação diagnóstica.

Considerações acerca das Atividades 5 e 6

O ato de ler e interpretar se compõe como ferramenta primordial para que o indivíduo construa seu conhecimento, reflita e realize múltiplas inferências (PEREIRA *et al*, 2014). Neste sentido, a leitura de textos científicos e o debate crítico consiste em uma exposição de ideias do tema determinado. Este é um trabalho realizado em grupo, todos da turma devem participar, cada um lendo uma parte do texto.

Esta atividade possibilita um processo sistemático e aprofundado de leitura, análise, interpretação de textos científicos, a fim de aproximar os alunos aos conhecimentos produzidos pela academia, em especial aqueles que trazem uma melhor compreensão das ciências de suas aplicações na melhoria da qualidade de vida ou no que subsidia o exercício da cidadania de forma crítica e cientificamente pautada, e não apenas porque “cai no vestibular”.

Os alunos que almejam realizar um curso universitário devem desenvolver a competência e o hábito de fazer leituras de apreensão de textos mais complexos, uma vez que na próxima etapa terão que ser mais autônomos na aquisição do domínio dos conteúdos acadêmicos, sendo então um processo de avaliação formativa.

De acordo com Neves *et al.* (2007), os docentes de todas as disciplinas devem oportunizar aos alunos inúmeras situações de leitura, a fim de que percebam que os livros fazem parte de um universo que propicia conhecimento, prazer, diversão e criticidade.

Cabe destacar que, na atualidade, o livro, impresso ou em sua versão online, enfrenta a forte concorrência das mídias e das redes sociais que disputam a atenção do estudante, portanto, o processo de mobilização dos afetos do estudante, para que ele atue verdadeiramente como aprendiz, demanda cada vez mais um processo de convencimento por parte dos integrantes da escola e da família sobre o papel das aprendizagens para ampliação da visão de mundo e compreensão de uma realidade, cada vez mais complexa.

Afinal, neste, há o desenvolvimento de uma rede neural rica e de base cognitiva ampla, abastada de subsunçores que se somam à plasticidade neural do sujeito. Estas são condições fundamentais para que o aluno tenha um pensamento fluido, possibilitando que esteja apto a exercer, no futuro, profissões que no momento sequer existem.

Considerações acerca das Atividades 12, 13 e 14

Nestas atividades, de coleta de dados do Aparato experimental, o processo de avaliação é contínuo, permanente, cumulativo e formativo. Nele se trabalha a autonomia dos alunos, que se dá dirigindo o acompanhamento e o desempenho no presente, e orientando para futuros trabalhos em campo, bem como modificar práticas insuficientes em sala de aula, apontando possibilidades de mudança.

Visa-se em especial, a nova estrutura do currículo para o Ensino Médio, que passa a ser composto por duas partes: a Formação Geral Básica (FGB) e os Itinerários Formativos (IF) (PARANÁ, 2021). Possibilitando, assim, o aumento da efetividade do processo de ensino-aprendizagem dentro e fora de sala de aula.

Na atividade 14, utilizamos uma proposta de quadro (Apêndice C) para coletar os dados relevantes (Figura 2), gerando análises posteriores que resultarão em gráficos (Figura 3).

Essa proposta foi desenvolvida e aplicada para auxiliar o processo de coleta de dados, porém não foi obrigatório utilizá-la, assim, os alunos tiveram a autonomia de

desenvolver seus próprios quadros para anotações dos dados aferidos no aparato experimental. Esta atividade teve valor atribuído para ser realizada, nota que contribuiu como atividade avaliativa no bimestre aplicado.

DATA	HORA	TEMPO ATMOSFÉRICO	ÍNDICE UV
05/03	8h	Nublado – Nuvens leves	2
05/03	10h	Nublado – Nuvens leves	2
05/03	12h	Chovendo	1
06/03	8h	Nublado	2
06/03	10h	Algumas Nuvens	3
06/03	12h	Poucas Nuvens	9
07/03	8h	Sem Nuvens	3
07/03	10h	Sem Nuvens	6
07/03	12h	Nublado	2
08/03	8h	Sem Nuvens	4
08/03	10h	Sem Nuvens	5
08/03	12h	Nublado - Nuvens Leves	
09/03	8h	Sem Nuvens	3
09/03	10h	Nuvens Nublado - Leves	6
09/03	12h	Nuvens Leves	9
10/03	8h	Sem Nuvens	3
10/03	10h	Sem Nuvens	7
10/03	12h	Nuvens Leves	11
11/03	8h	Sem Nuvens	3
11/03	10h	Sem Nuvens	6
11/03	12h	Nublado - Poucas Nuvens	9
12/03	8h	Sem Nuvens	3
12/03	10h	Sem Nuvens	6
12/03	12h	Poucas Nuvens	8

Figura 2: Imagem do quadro-guia e escala IUV, com anotações dos dados.

Fonte: o autor (2021).

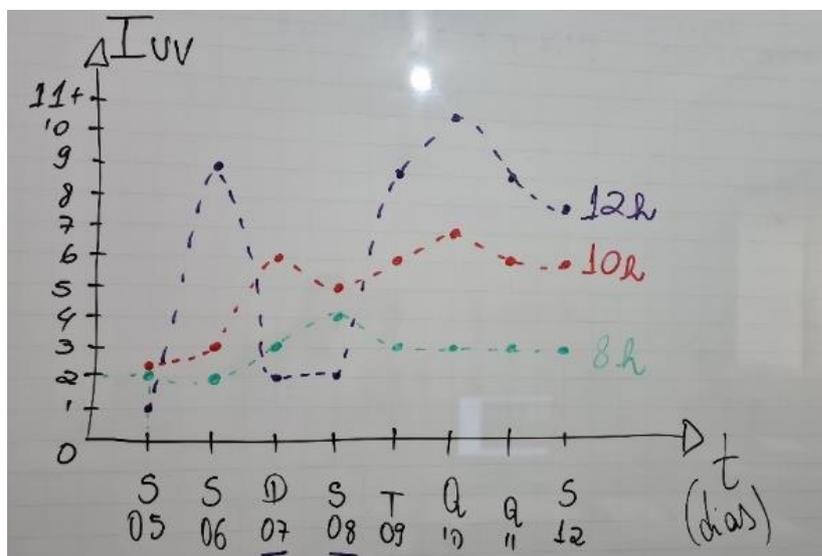
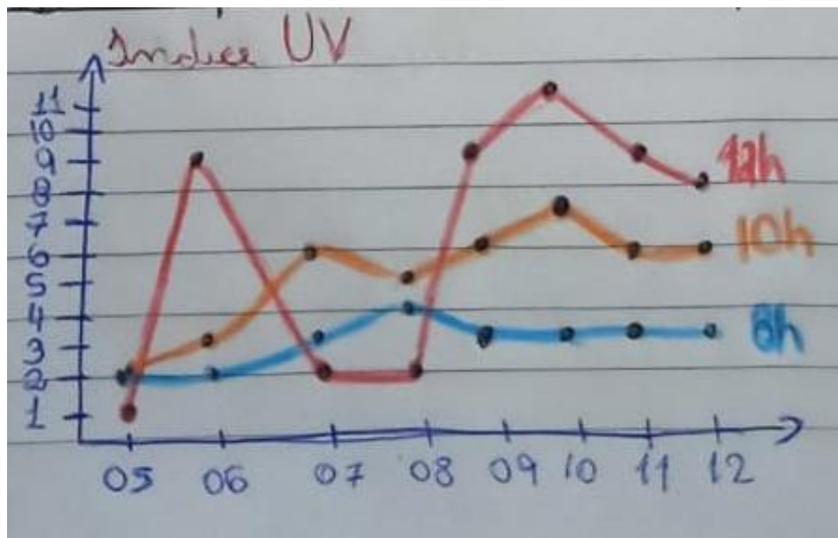


Figura 3: Imagens fotográficas dos gráficos construídos com os dados anotados e tabelados, aferidos pelo aparato experimental. A) Gráfico feito por um aluno. B) Gráfico feito pelo professor.

Fonte: o autor (2021).

Considerações acerca das Atividades 19 e 20

Neste momento, o Mapa Conceitual é usado como um instrumento avaliativo de comparação e verificação. Assim, compara-se os Mapas Conceituais Individuais iniciais e finais, assim como os Mapas Conceituais Coletivos inicial e final de cada turma, nos quais o professor e os alunos podem avaliar se ocorreram mudanças nos subsunçores, tendo em vista uma aprendizagem significativa crítica, como propõe Moreira (2000c; 2006b).

Aprender significativamente implica atribuir novos significados e estes têm sempre componentes pessoais. Afinal, a aprendizagem sem a atribuição de significados pessoais, sem relação com o conhecimento preexistente, é mecânica, não-significativa (MOREIRA, 2009, p. 8).

E conforme acrescenta Gasparin (2002), em *Uma didática para pedagogia Histórico-Crítica*, o aprendizado de conhecimentos científicos, a partir dos conhecimentos preexistentes, permite que o aluno faça transposições dos conhecimentos científicos para a sua vida, o que faz dele um cidadão capaz de apropriar-se e utilizar-se autonomamente os conceitos científicos no seu cotidiano.

Sempre se faz importante salientar que, quando utilizamos Mapa Conceitual, não existe o conceito de certo ou errado. Afinal, se tem uma ferramenta de avaliação contextual, uma vez que todo aprendizado é individualizado, depende de memórias vividas, i.e., dos subsunçores adquiridos no decorrer da vida de cada indivíduo. Neste sentido, é válido lembrar que a educação formal, feita na escola com organização estrutural, se complementa com a educação informal e a educação não-formal.

Logo, a avaliação realizada com o uso ferramental de Mapas Conceituais é de grande valia para o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que pode ser utilizada tanto como diagnóstico de aprendizagem do aluno como da prática pedagógica educacional do professor.

2 APARATO EXPERIMENTAL - UV-ômetro

Nesta sessão, apresentamos o aparato experimental, UV-ômetro, utilizado para a captação de dados de radiação ultravioleta solar, com objetivo de estimular a compreensão da radiação ultravioleta, do ponto de vista da Física e de suas repercussões, no meio ambiente e na saúde humana.

O UV-ômetro foi criado como parte do produto educacional e utilizado como tecnologia digital de informação e comunicação para o ensino de Física, feito com um Arduino (Figura 4) e outros componentes eletroeletrônicos.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de computação física com código aberto, que permite aos usuários criarem objetos eletrônicos interativos. Além do Arduino, utilizamos, um sensor UV, o qual foi instalado para absorver radiação solar, acoplado ao Arduino, que foi então programado e calibrado para fornecer o Índice Ultravioleta – IUV – (ou *UV Index*, do inglês, no padrão internacional), dado que foi coletado pelos alunos e é parte das atividades da proposta didática, como indicado na sessão anterior.

Aulas práticas empregando tais objetos, aliadas à fundamentação teórica, colaboram para o desenvolvimento de várias Competências Gerais da Educação Básica, previstas na BNCC, em especial as competências gerais 2, 5 e 7:

2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta. (BRASIL - BNCC, 2018 p. 9).

2.1 UV-ÔMETRO SOLAR: Equipamento com Arduino, sensor a RUV Solar e Escala de Índice IUV.

Com objetivo de colaborar com o desenvolvimento de atividades práticas viáveis para o Ensino de Física no Ensino Médio, propôs-se o desenvolvimento de um aparato experimental com valores acessíveis que capte a radiação ultravioleta (RUV) e forneça o Índice Ultravioleta (IUV).

Ademais, propôs-se a produção de um manual que permita a reaplicação do experimento, e propôs-se uma forma de abordagem interdisciplinar do tema envolvendo física, biologia/saúde, química e matemática.

Inicialmente, realizou-se um estudo teórico sobre a RUV e suas aplicações (IRPA, 1991; ICNIRP, 2004; WHO, 2002; BRASIL – INPE, 2020; BRASIL – INCA, 2008; OKUNO; VILELA, 2005; KIRCHHOFF *et al*, 2000; FIOCRUZ, 2013; NASA SCIENCE, 2010; SILVA, 2008a; SILVA, 2008b), e, também, sobre aparatos já existentes que forneçam o IUV (BRASIL – INPE, 2020; ZHANG *et al*, 2013; THOMSEN, 2015; CORREA, 2005).

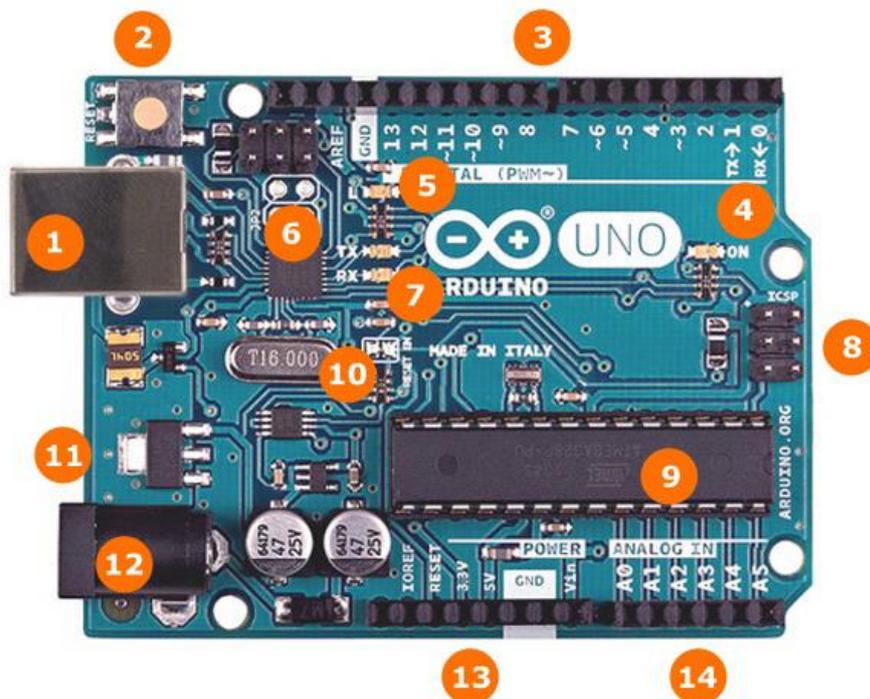
Na sequência, pesquisou-se sobre a disponibilidade de componentes e materiais que propiciassem a produção do aparato, uma das opções viáveis foi utilizar um Arduino como componente principal.

Assim, pesquisou-se e avaliou-se materiais periféricos que complementassem o Arduino para que ele pudesse ser utilizado na aferição do IUV e vários materiais para construir uma estrutura de proteção para o aparato que não interferisse significativamente com o seu funcionamento.

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar. As placas Arduino são capazes de ler entradas - luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem do Twitter - e transformá-la em uma saída - ativando um motor, ligando um LED, publicando algo online. Você pode dizer à sua placa o que fazer enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador da placa. Para fazer isso, você usa a linguagem de programação Arduino (baseada em Wiring), e o Software Arduino (IDE), baseado em Processing.

Ao longo dos anos, o Arduino tem sido o cérebro de milhares de projetos, de objetos do cotidiano a instrumentos científicos complexos. Uma comunidade mundial de criadores - estudantes, amadores, artistas, programadores e profissionais - reuniu-se em torno desta plataforma de código aberto, suas contribuições somaram uma quantidade incrível de conhecimento acessível que pode ser de grande ajuda para novatos e especialistas. (ARDUINO, 2021, online).

O Arduino, modelo Uno, pode ser adquirido em lojas de eletrônicos, assim como, os demais equipamentos e componentes que são necessários para a confecção do aparato experimental, os materiais utilizados para a elaboração estão listados no Quadro 5. Nele estão descritos os materiais necessários, a quantidade para cada um dos itens e os locais de obtenção desses elementos.



- | | | | |
|---|------------------------------------------------------------|----|------------------------------------------|
| 1 | Conector USB para o cabo tipo AB | 8 | Porta ICSP para programação serial |
| 2 | Botão de reset | 9 | Microcontrolador ATmega 328 |
| 3 | Pinos de entrada e saída digital e PWM | 10 | Cristal de quartzo 16Mhz |
| 4 | LED verde de placa ligada | 11 | Regulador de voltagem |
| 5 | LED laranja conectado ao pin13 | 12 | Conector fêmea 2,1mm com centro positivo |
| 6 | ATmega encarregado da comunicação com o computador | 13 | Pinos de voltagem e terra |
| 7 | LED TX (transmissor) e RX (receptor) da comunicação serial | 14 | Entradas analógicas |

Figura 4: Imagem fotográfica do Arduino Uno com a indicação dos seus componentes.

Fonte: adaptado de Multilógica-Shop (2021, p. 47).

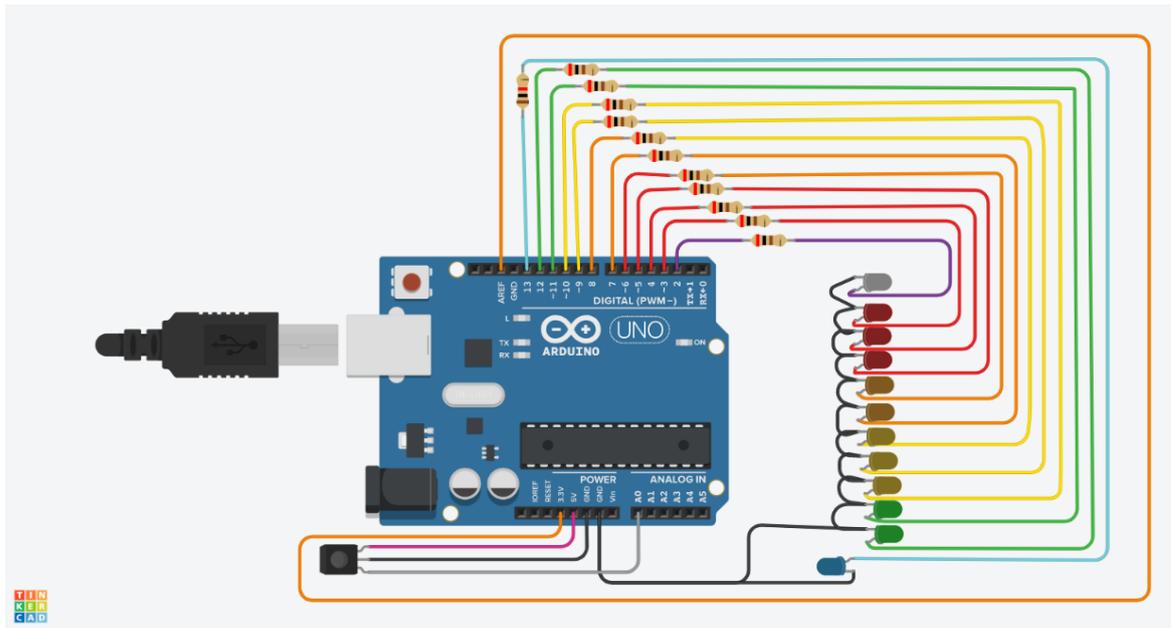


Figura 5: Cópia de tela do site: <https://www.tinkercad.com/dashboard>, esquema com Arduino e outros componentes, esquema eletrônico desenvolvido pelo autor.

Fonte: o autor (2021).

Junto dessa etapa, foi realizada um esquema de montagem (online) da parte eletrônica com auxílio do site: <https://www.tinkercad.com/dashboard> (Figura 5), e o código de programação foi desenvolvido – também online – com o auxílio do site: <https://create.arduino.cc/editor>, assim como com o programa de licença livre Arduino – esse offline –, disponível para *download* no site: <https://www.arduino.cc/en/software>.

2.2 Materiais utilizados

Quadro 5: Lista de materiais utilizados no UV-ômetro².

Descrição do material	Quantidade	Obtenção do material
Arduino® e cabo de conexão USB.	01	Lojas de componentes eletrônicos.
Fonte de alimentação para Arduino® (9V-1A)	01	Lojas de componentes eletrônicos.
Sensor UV (GYML8511)* para Arduino®	01	Lojas de componentes eletrônicos.
LEDs coloridos	Diversos	Lojas de componentes eletrônicos.
Cabos, resistores, e conectores	Diversos	Lojas de componentes eletrônicos.
Tubo termo retrátil	2 m	Lojas de componentes eletrônicos.
Liga para solda eletrônica (Fluxo RA)	200g 1 mm	Lojas de componentes eletrônicos.
Ferro de solda eletrônica	01	Lojas de componentes eletrônicos.
Vidro de relógio de pirex® de 70mm de diâmetro**	01	Lojas de produtos para laboratórios.
Placa de Poliestireno “isopor” (50 x 100 x 1 cm)	01	Lojas de embalagens ou papelaria.
Placa de Acrílico (3 mm, tam. A4)	01	Loja de produtos acrílicos
Caixa montagem painel elétrico quadro comando (20 x 20 x 12 cm)	01	Lojas de materiais elétricos.
Cabo PP e conectores	Diversos	Lojas de materiais elétricos.
Arte frontal em Adesivo	01	Empresa de Comunicação visual

Fonte: o autor (2021).

* Foi utilizado o sensor UV GYML8511 porque seu fotodiodo é sensível para UVA e UVB.

** Pode ser substituído por uma lâmina ou cúpula de quartzo ou até um vidro de relógio (cristal).

² Os dois únicos itens fundamentais são: o Arduino e o sensor UV (recomenda-se que sejam novos). Para os demais pode ser utilizados “matérias de segunda mão” (reciclagem), como, por exemplo, a fonte pode ser de um celular, a caixa metálica pode ser uma usada, assim como os outros materiais.

2.3 Especificações do sensor de Luz Ultravioleta (UV GYML8511)

O sensor de Luz Ultravioleta, UV GYML8511, é de fácil uso, com custo acessível, e é ideal para projetos de detecção de RUV. Ele funciona, basicamente, para capturar raios UV e emitir um sinal analógico, na forma de tensão elétrica, referente à quantidade de radiação ultravioleta detectada na entrada, o qual pode ser convertido para uma outra linguagem.

Com o Arduino, podemos transformar estes dados analógicos de entrada em dados digitais de saída, podendo fazer relatórios e/ou utilizar para informar o IUV de outras maneiras, *i.e.*, para acender LEDs indicados em uma escala, como foi feito neste trabalho, ou em um *display* LCD. Utilizamos este modelo por ser o que melhor detecta a radiação nas faixas de UVA e UVB, uma vez que outros modelos como o UVM30A ou GUVA-S12SD e não capta UVB e nem toda a UVA. (LAPIS, 2013)

Este sensor detecta a radiação solar dentro das frequências (ν) de $1.071 \rightarrow 750$ THz, ou seja, com comprimento de onda (λ) de $280 \rightarrow 400nm$, com uma resposta espectral mais eficiência em ν : 821 THz; ou λ : $365nm$, ou seja, ele é sensível no espectro, quanto a classificação de danos à saúde, *UVB* e com a maior parte do espectro *UVA*. (LAPIS, 2013)

O sensor emite uma voltagem (tensão elétrica) analógica linearmente relacionada à intensidade da radiação UV medida (mW/cm^2). Para um funcionamento correto, temos que conectar a saída do módulo a um canal ADC (conversor analógico-digital) de um microcontrolador, como o Arduino, para aferir a intensidade da luz UV. (LAPIS, 2013).

Principais Características do sensor:

- Tensão de operação: $3,3 \sim 5 V$;
- Corrente de saída: $5 mA$;
- Potência dissipada: $30 mW$;
- Raios de detecção: *UVA e UVB*;
- Tempo de resposta de saída: $1 ms$;
- Dimensões: $12 \times 13 \times 5 mm$;
- Massa: $0,085 kg$;
- Temperatura de operação:
– $20 \sim 70 ^\circ C$;
- Temperatura de armazenagem:
– $30 \sim 85 ^\circ C$

2.4 Esquema de montagem do UV-ômetro solar

O sensor, responsável por captar RUV (GYML8511) foi conectado através dos orifícios para conexão, conforme a Figura 6, fixados com solda eletrônica na placa do sensor, com 4 cabos condutores de corrente elétrica, cada um com 50 cm de comprimento e suas outras extremidades soldadas nas portas de entrada da placa de Arduino UNO, com auxílio do *Datasheet* – ficha de dados – (LAPIS, 2013). O Quadro 6 traz as conexões que foram feitas entre a placa do sensor RUV e a placa do Arduino.

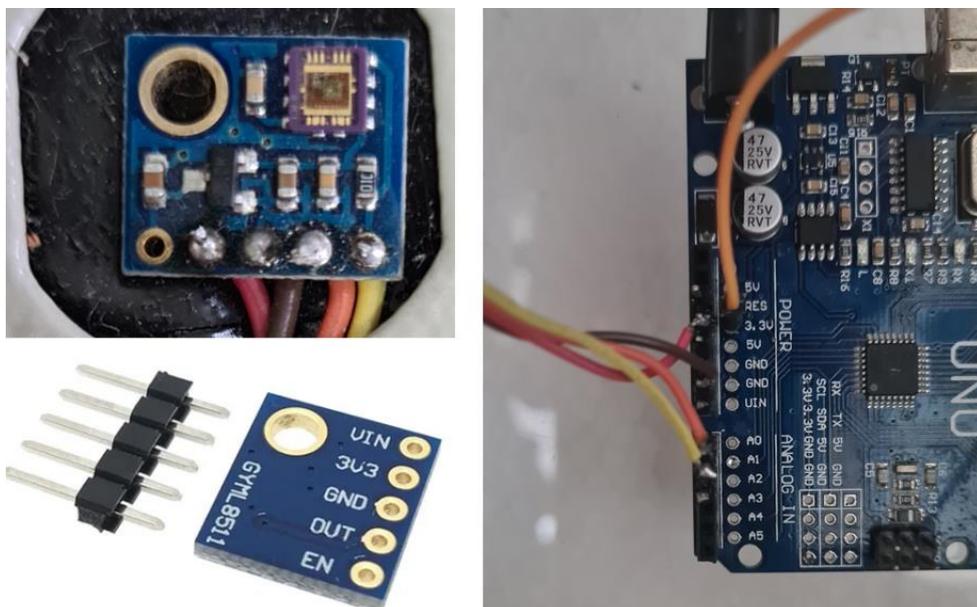


Figura 6: Imagens fotográficas do esquema de ligação dos fios do sensor ao Arduino.

a) Esquema ligação no sensor RUV. b) Esquema ligação no Arduino.

Fonte: o autor (2021).

Quadro 6: Esquema de ligação do sensor de radiação ultravioleta e a placa do Arduino.

Cor do fio condutor	Conexão sensor RUV	Conexão Arduino
---	VIN	SEM CONEXÃO
Vermelho	3V3	3.3V
Marrom	GND	GND
Alaranjado	OUT	A0
Amarelo	EN	A1

Fonte: o autor (2021).

Nas portas de saída foram soldados 12 cabos, com 30 cm de comprimento, os quais foram conectados aos resistores de 150 Ω (Figura 7a), e, em suas extremidades, foram acoplados 12 LEDs pelo ânodo (conector menor) (Figura 7b).

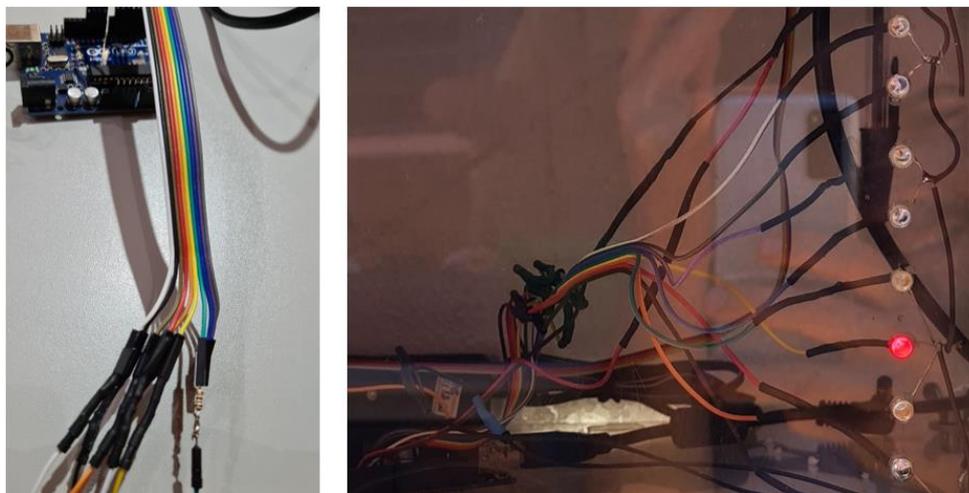


Figura 7: Imagens fotográficas do esquema de ligação dos fios nos resistores e LEDs.

a) Esquema ligação no resistor.

b) Esquema ligação no LED.

Fonte: o autor (2021).

Os 12 cátodos dos LED (conector maior) foram soldados ao um fio de 30 cm ligado na porta GND (terra) do Arduino. Em seguida, um fio de 7 cm foi soldado na porta AREF à porta 3,3 V (Figura 8), para a calibração da voltagem, com a própria voltagem fornecida pelo Arduino.

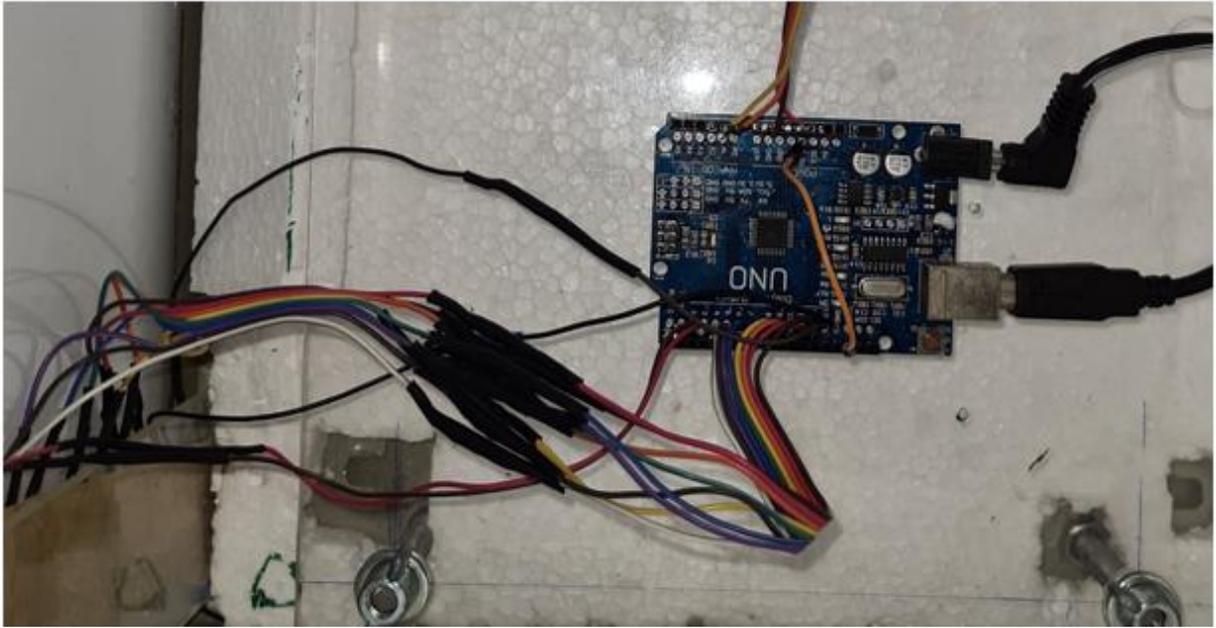


Figura 8: Imagem fotográfica das conexões dos fios do Arduino aos resistores e LEDs.

Fonte: o autor (2021).

Para carregar o código de programação (Anexo D), desenvolvido pelo autor, conectou-se o Arduino ao computador via cabo USB (Figura 9). Para a calibração, foram utilizados os dados do Quadro 7, adaptados de Zhang (2013, p. 3), os quais se fazem necessários para a calibração do sensor de radiação ultravioleta, que realiza a conversão dos dados analógicos emitidos pelo sensor para os dados digitais, saída do Arduino, por meio do código de programação.

Quadro 7: Índices UV Correspondentes ao Sensor e ADC Saídas (Vcc = 3,0 V).

Voltagem de saída do sensor	saída ADC	IUV
0,993 V	291	0
1,073 V	314	1
1,153 V	337	2
1,233 V	360	3
1,313 V	383	4
1,393 V	406	5
1,473 V	429	6
1,553 V	452	7
1,633 V	475	8
1,713 V	498	9
1,793 V	521	10
1,873 V	544	11
1,953 V	567	12
1,033 V	590	13
2,113 V	613	14
2,193 V	636	15
2,273 V	659	16
2,353 V	682	17
2,433 V	705	18
2,513 V	728	19
2,593 V	751	20
2,673 V	774	21

Fonte: Adaptado de Zhang (2013, p. 3).

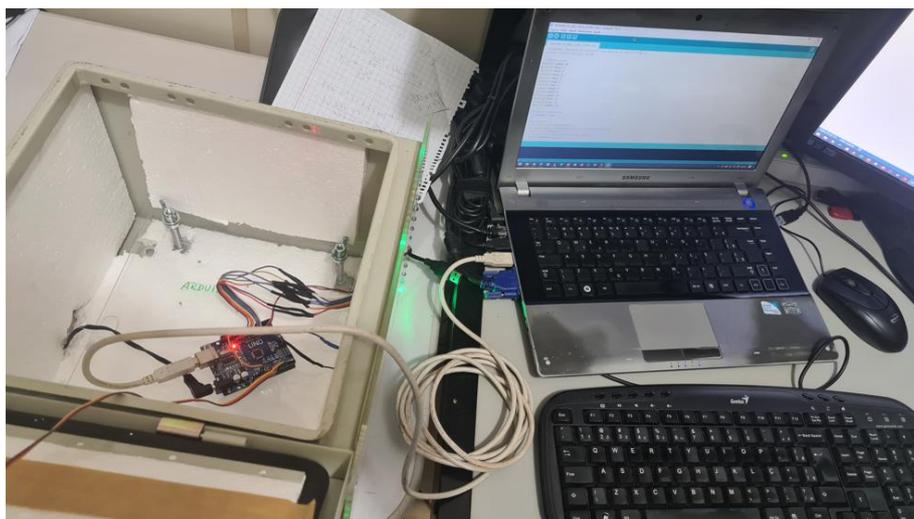


Figura 9: Imagem fotográfica da conexão Arduino ao computador via cabo USB, o computador é só usado para fazer modificações no programa do Arduino.

Fonte: o autor (2021).

A seguir, o aparato foi exposto à luz solar e teve seu funcionamento testado, ou seja, verificou-se se ele estava captando a RUV. Isso foi evidenciado pelo acendimento dos LEDs (Figura 10).

A calibração do aparato experimental foi conferida comparando os dados coletados, pelo equipamento proposto no estacionamento do Museu Dinâmico Interdisciplinar da Universidade Estadual de Maringá (MUDI-UEM – Bloco O33), com os dados oficiais da Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM - Bloco O01), encontrados *in loco* ou no sítio eletrônico do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC-INPE), disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>.

Faz-se importante comentar que a localização do terreno do MUDI-UEM é vizinha da ECPM, ou seja, a calibração teve uma alta confiabilidade, pois o aparato coletor dos dados oficiais estava cerca de 200 m de distância do ECPM, diminuindo as interferências atmosféricas, como a nebulosidade.

Os dados também podem ser verificados, para diversas regiões, por aplicativos para *Smartphones*, i.e., “*UV Index Global*” da *SulApp*, ou “*Índice UV Rastreador e Previsão – UVI Mate*” da *Full Stack Cafe Pty Ltd*, entre outras opções como: “*Previsão do tempo: The Weather Channel*”, da *International Business Machines Corporation (IBM)*, e o *AccuWeather*. Esses estão disponíveis para baixar nas lojas de aplicativos, contendo versões gratuitas e pagas.



Figura 10: Imagens fotográficas: (em cima, esquerda) caixa vista de cima mostrando o orifício com o sensor; (em cima, direita) eletrônica: led, cabos e Arduino; (abaixo) parte frontal do equipamento em preto e branco (desenvolvimento) e final em colorido.

Fonte: o autor (2021).

Na sequência, o aparato foi instalado em um quadro painel de comando elétrico hermético revestido internamente com isopor (Figura 11). Na parte interna foi colocada uma placa de acrílico suspensa 5 cm acima do fundo, por meio de porcas e parafusos, sobre a qual foi fixado o Arduino.

Retirou-se a fechadura da tampa e utilizou-se o orifício para exposição do sensor, o qual foi fixado com cola quente sobre uma placa de isopor (Figura 11). Por proteção, foi inserida, na parte lateral, uma nova fechadura, para que fosse possível o travamento mecânico da caixa protetora (Figura 12).

Na parte frontal da caixa foi adesivado o quadro-guia com as recomendações e medidas de proteção para os Raios UV para a saúde e a escala de IUUV (Figura 13), como recomendado pela Organização Mundial da Saúde. A seguir, perfurou-se a

parte frontal e acoplou-se os LEDs. Na parte pósterio-inferior fez-se um orifício para passagem do fio de energia da fonte e/ou cabo USB.

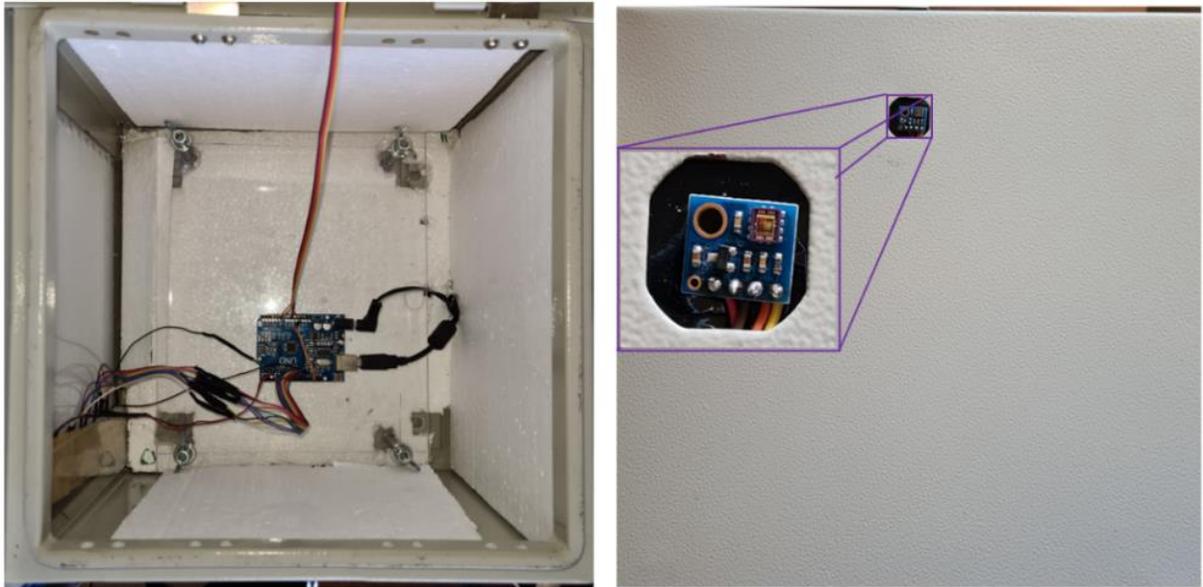


Figura 11: Imagens fotográficas: detalhes da caixa (quadro painel de comando elétrico).

a) Esquema interno de proteção.

b) Esquema da tampa, parte externa superior.

Fonte: o autor (2021).



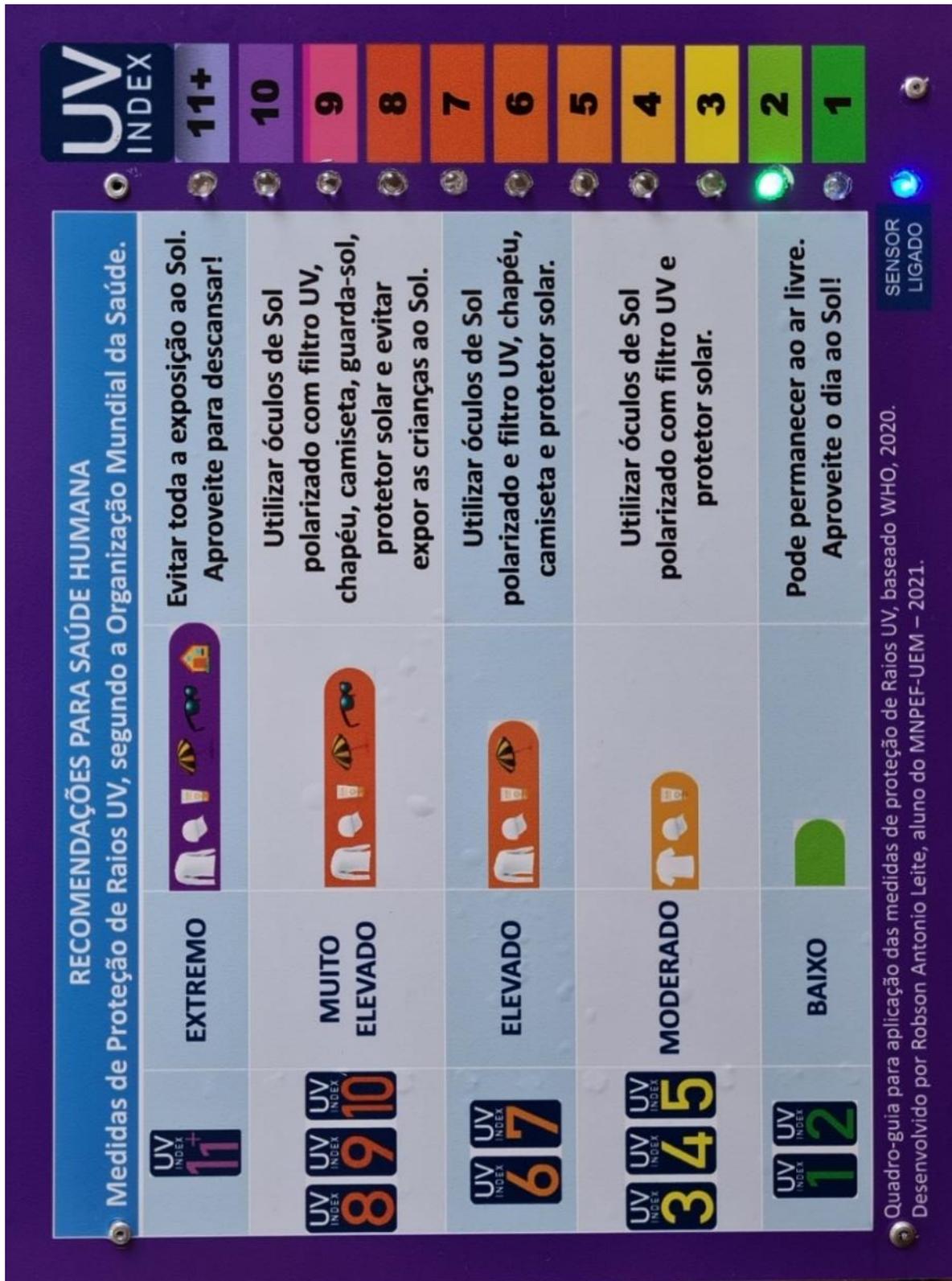
Figura 12: Imagens fotográficas da tampa com o sensor instalado e com a nova fechadura.

a) Esquema Externo De Proteção.

b) Fechadura Da Tampa.

Fonte: o autor (2021).

Figura 13: Imagem fotográfica do quadro-guia e escala IUV, parte frontal do aparato.



Fonte: o autor (2021).

CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL

Em síntese, o UV-ômetro foi criado e utilizado como tecnologia digital de informação e de comunicação para o ensino de Física, e feito com um Arduino e outros componentes eletroeletrônicos.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de computação física com código aberto que permite aos usuários criarem objetos eletrônicos interativos. Além do Arduino, utilizamos, um sensor UV, o qual foi instalado para absorver radiação solar, acoplado ao Arduino, que foi, então, programado e calibrado para fornecer o índice ultravioleta – IUV – (*UV Index*, do inglês, no padrão internacional), dado que foi coletado pelos alunos e que é parte das atividades da proposta didática, como indicado na sessão anterior.

Aulas práticas empregando tais objetos, aliadas à fundamentação teórica, colaboram para o desenvolvimento de várias Competências Gerais da Educação Básica, prevista na BNCC, em especial as competências gerais 2, 5 e 7, ver página XXXXX:

A produção e a utilização do aparato de valor acessível mostraram-se viável e pode representar uma maneira prática de os estudantes perceberem as variações da radiação ultravioleta ao longo de um dia, em diferentes condições meteorológicas e em diferentes estações do ano motivando aprendizagens interdisciplinares de física, astronomia e cronobiologia. Isso representa uma forma de dar um aspecto prático aos conhecimentos teóricos sobre ondas eletromagnéticas, suas características e suas aplicações.

Os dados por eles obtidos podem ser o ponto de partida para discussões sobre as importâncias positivas e negativas da RUV para a saúde humana, em função de seus efeitos sobre as células e de seu papel na síntese de vitamina D.

Pode-se, também, motivar a compreensão de quando há necessidade de uso de protetores solares. Outrossim, os dados, coletados pelos estudantes, podem ser agrupados em tabelas e gráficos, servindo de base para diversos exercícios

matemáticos, como a própria confecção e interpretação dos dados e das curvas obtidas.

Procurou-se fazer, no presente trabalho, este aparato experimental para que o aluno possa ser um sujeito ativo e protagonista no processo de ensino-aprendizagem, partindo de sua base cognitiva e ampliando seus subsunçores e conseqüentemente suas habilidades de discutir, investigar, interpretar, construir e analisar como parte de sua rotina de estudo e de seu modo de aprender, bem como de transpor tais conhecimentos para o seu cotidiano, melhorando sua qualidade de vida. Além disso, visa-se que o aluno utilize tais conhecimentos como base para exercer sua cidadania de forma crítica e embasada por conhecimentos científicos.

BIBLIOGRAFIA

ARDUINO, *Guia: Introdução, online*, 2021. Disponível em:

<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 21 fev. 2021.

ARAÚJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

AUSUBEL, D. P, *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton. 1963. 685p.

_____. *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston. 1968.

_____. *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.

_____. *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 2000. 212p.

_____. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Plátano, Edições Técnicas, 2003. Tradução do original: *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*.

BATISTA, M. C.; *A experimentação no ensino de física: modelando um ambiente de aprendizagem*, 2009. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

BRASIL – INPE, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>. Acesso em: 20 jan. 2020.

BRASIL – BNCC, Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.

BOHR, N., *Física Atômica e conhecimento humano: ensaios 1932-1957*, Niels Bohr, tradução Vera Ribeiro. - Rio de Janeiro: Contaponto, 3ª. Imp. 2008.

CHIBENI, S.S., *As Origens da Ciência Moderna*. Notas de aula de Introdução à Filosofia da Ciência: Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/cienciaorigens.pdf Acesso em: 15 fev. 2021.

CHIBENI, S.S., *Objetivos da Ciência*. Notas de aula de Introdução à Filosofia da Ciência: Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: <https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/objetivosciencia.pdf> Acesso em: 15 fev. 2021.

CORRÊA, M. P., *Uma avaliação preliminar de medidas experimentais de albedo UVB*. IX Congremet, Buenos Aires, Argentina. Outubro 2005.

FIOCRUZ, invivo, Ciência, *Ultravioleta*, 2013. Disponível em: <http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inoid=125&sid=9>. Acesso em: 08 set. 2021.

GASPARIN, J. L., *Uma Didática para a Pedagogia Histórico-Crítica*. 3ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2002.

ISO 21348:2007, *Space environment (natural and artificial) — Process for determining solar irradiances*, Switzerland, 2007.

ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation)*. Health Physics, 87:171–186, 2004.

IRPA, *Guidelines on Protection against non-ionizing radiation*. A. S. DUCHÊNE, J.R.A. LAKEY, M. H. REPACHOLI, eds. New York: Pergamon, 1991.

KHAN ACADEMY, *Luz: ondas eletromagnéticas, espectro eletromagnético e fótons, online*, Biblioteca de Física, 2021. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/physics/light-waves#introduction-to-light-waves> Acesso em: 08 set. 2021.

KIRCHHOFF, V. W. J. H.; ECHER, E.; LEME, N. P.; SILVA, A. A., A variação sazonal da radiação ultravioleta solar biologicamente ativa, *Revista Brasileira de Geofísica*. 18 (1), 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2000000100006>. Acesso em: 10 jan. 2020.

KRASILCHIK, M., *Reforma e Realidade: o caso do ensino das ciências*. São Paulo em Perspectiva, São Paulo, v.14, n.1, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/spp/a/y6BkX9fCmQFDNnj5mtFgzyF/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 15 set. 2020.

LAPIS, Semiconductor, *ML8511 UV Sensor with Voltage Output*, Datasheet, FEDL8511-05, Issue Date: March 08, 2013. Disponível em: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/LightImaging/ML8511_3-8-13.pdf Acesso em: 21 dez. 2019.

LEITE, R. A.; FERREIRA, M. J. B.; MIRANDA NETO, M. H.; MELO, M. A. C., *Ensino de Ciências da Natureza: os movimentos da Terra, a Vida e o Cosmos*. In: SILVA, I.; MIRANDA NETO, M. H., *Plantas Mediciniais: utilização e noções sobre organismo humano*, Maringá, PR: Gráfica Clichetec, 2021.

MOREIRA, M.A., *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.

_____. *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: Visor, 2000a.

_____. O Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista Brasileira de ensino de física*. São Paulo. Vol. 22, n. 1. Mar., p 94-99, 2000b.

_____. *Aprendizagem significativa subversiva*. In: III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, 2000, Peniche. Atas do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, p. 33-45. 2000c.

_____. *Aprendizaje significativa crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005.

_____. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB, 2006a.

_____. *Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica*. 2006b. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/visaoclasicavisaocritica.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2021.

_____. *Mapas Conceituais & Diagramas V*, Editora do autor, Porto Alegre, 2006c. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro_Mapas_conceituais_e_Diagramas_V_COMPLETO.pdf Acesso em: 10 fev. 2021.

_____. *Subsídios Didáticos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências*, Instituto de Física, Porto Alegre: UFRGS, 2009.

_____. Al final, qué es Aprendizaje Significativo? *Revista Qurrriculum*, n. 25, 2012.

MUDI-UEM, Amigos do, *AS CORES DAS COISAS* |Experimentoteca de Física|. YouTube. (10min) Disponível em: <https://youtu.be/xeVhReGfNeM>. Acesso em: 15 fev. 2021.

MULTILOGICA SHOP, *Arduino: Guia Iniciante*, Open-Source Hardware, *online*, V.2, 2021. Disponível em: https://multilogica-shop.com/download_guia_arduino/ Acesso em: 21 fev. 2021.

NASA SCIENCE, *Tour of the Electromagnetic Spectrum: Ultraviolet Waves*. Science Mission Directorate. 2010. Disponível em: http://science.nasa.gov/ems/10_ultravioletwaves. Acesso em: 07 set. 2021.

NEVES, I. C. B.; SOUZA, J.; GUEDES, P.; SCHAFFER, N.; KLUSENER, R., *Ler e escrever: compromisso de todas as áreas*. 8 ed. Porto Alegre, RS: Ed. da UFRGS, 2007.

NOBEL, *The Nobel Prize in Physics 1921*. NobelPrize.org. Nobel Prize Outreach AB 2022. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1921/summary/> Acesso em: 7 abr 2021.

NOVAK, J.D., CAÑAS, A.J., A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los, *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan.-jun. 2010. Disponível em: https://eventos.unipampa.edu.br/seminariodocente/files/2011/03/Oficina-9-A_TEORIA_SUBJACENTE.pdf. Acesso em: 28 mar. 2021.

NRAO, *National Radio Astronomy Observatory*, *online*, 2021. Disponível em: <https://science.nrao.edu/> Acesso em: 27 mar. 2021.

SILVA, A.A., Medidas de Radiação Solar Ultravioleta em Belo Horizonte e Saúde Pública; *Revista Brasileira de Geofísica*, Vol. 26(4), 2008a.

SILVA, F.R., *Estudo da Radiação Ultravioleta na Cidade de Natal/RN*. 2008. 74 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Natal, 2008b.

OKUNO, E., VILELA, M. A. C., *Radiação Ultravioleta: Características e Efeitos* - Coleção Temas Atuais de Física, Editora Livraria da Física. Sociedade Brasileira de Física. São Paulo, 1ª ed., 2005.

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. *Currículo Básico para a Escola Pública do Estado do Paraná*, Curitiba: SEED, Imprensa Oficial do Estado do Paraná, 1990.

_____. Secretaria de Estado da Educação (SEED). *Diretrizes Curriculares da Educação Básica - Física*. Curitiba: SEED, 2008.

_____. Secretaria de Estado da Educação (SEED). *Currículo da Rede Estadual Paranaense – Ciências*. Curitiba: SEED, 2020.

_____. Secretaria de Estado da Educação (SEED). *Referencial Curricular Paranaense para o Novo Ensino Médio – versão preliminar (2)*. Curitiba: SEED, 2021.

PEREIRA, F.B., FRASSON, A.C., LIMA, S.A., A leitura do texto Científico, *Revista UNIABEU Belford Roxo*, V.7, N.15, janeiro-abril 2014. Disponível em: https://revista.uniabeu.edu.br/index.php/RU/article/view/1326/pdf_66. Acesso em: 20 fev. 2021.

THOMSEN, A., *Medidor de índice UV com Arduino*, Arduino, Projetos, blog. 2020. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/> Acesso em: 07 dez. 2020.

WHO, *Environmental Health Criteria 160* Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/39901/9241571608-eng.pdf?sequence=1> Acesso em: 21 mar. 2022.

ZHANG, X.; XU, W.; HUANG, M.C.; AMINI, N.; REN, F., See UV on Your Skin: An Ultraviolet Sensing and Visualization System, Bodynets, *8th International Conference on Body Area Networks*, 2013. Disponível em: <https://eudl.eu/doi/10.4108/icst.bodynets.2013.253701>. Acesso em: 17 fev. 2021.

Apêndice 1 – Mapa Conceitual Aplicado

Modelo utilizado para aplicação do Mapa Conceitual sobre Radiação UV

Nome do Colégio: _____ Componente Curricular: Física – Ciências da Natureza e suas Tecnologias.
Professor(a): _____ Turma: _____
Nome do(a) aluno(a): _____ Data da Atividade: ____/____/____

Elabore um mapa conceitual a partir de Radiação Ultravioleta.

**RADIAÇÃO
ULTRAVIOLETA**

Fonte: o autor (2021).

Apêndice 2 – Formulário

A luz ultravioleta e a vida: uma abordagem da Física no contexto da BNCC para Ciências da Natureza – Prof. Robson Antonio Leite

O teste traz afirmações que você pode marcar S (Sim), N (Não), ou NS (Não Sei) não ter conhecimentos para avaliar a afirmativa. Vale lembrar que buscamos somente fazer um levantamento dos conhecimentos prévios (subsunçores) e melhorar a metodologia das aulas.

Nome: _____ Série: _____

Colégio: _____ Data: ___/___/2021

Afirmações	S	N	NS
1. A luz é uma onda eletromagnética, portanto um tipo de energia.			
2. O som é uma onda eletromagnética, portanto um tipo de energia.			
3. A radiação ultravioleta é uma onda eletromagnética.			
4. A Luz, Raios X e Raios Gama são tipos radiações eletromagnéticas.			
5. Os raios ultravioletas podem ser divididos em UVA, UVB e UVC.			
6. As lâmpadas, assim como o Sol, emitem radiação eletromagnética na faixa do ultravioleta.			
7. O Sol emite grande quantidade de raios ultravioleta que são, em boa parte, filtrados pela camada de ozônio.			
8. A radiação infravermelha pode ser detectada pela nossa pele e detectada também pelos nossos olhos.			
9. Os raios gama são utilizados na medicina diagnóstica e em medicina no tratamento de câncer.			
10. As ondas eletromagnéticas podem sofrer absorção, reflexão, refração, difração, polarização e ressonância.			
11. A translação da Terra em relação ao Sol, por si só, é responsável pelas estações climáticas (primavera, verão, outono e inverno).			
12. O filtro solar impede que a radiação ultravioleta interaja com a pele.			
13. O encurtamento dos dias somado a redução na intensidade luminosa pode alterar o humor e em casos mais graves causar depressão.			
14. Ao comprar um protetor solar, para trabalhadores expostos a atividades ao ar livre, deveria pagar impostos ao governo.			
15. Radiação UV que podem causar sérios danos à saúde, como o câncer de pele, é a mesma que estimula a síntese de Vitamina D, essencial à vida.			
16. O mesmo fator ambiental que causa a queda das folhas de diversas árvores pode causar efeito inverno triste e depressão sazonal em humanos.			
17. O FPS (fator de proteção solar) indica o grau de proteção contra os raios UVB e o grau de proteção contra os raios UVA.			
18. Os seres vivos conseguem suportar pequenas doses de radiação ultravioleta, pois as células danificadas podem se regenerar.			
19. Lâmpadas que emitem UVC, quando ligadas diretamente sobre os vírus, inativam diversos vírus, inclusive o Sars-Cov-2 (Coronavírus).			
20. Ondas ultravioletas são usadas para identificar alguns tipos de materiais pela perícia policial.			

Apêndice 3 – Investimento no Aparato Experimental

Quadro A - Lista de materiais utilizados no UV-ômetro³, cotados em fev. 2020.

Descrição do material	Quantidade	Obtenção do material	Investimento (R\$)
Arduino® e cabo de conexão USB.	01	Lojas de componentes eletrônicos.	100,00*
Sensor UV (GYML8511) para Arduino®	01	Lojas de componentes eletrônicos.	60,00*
Fonte de alimentação (9V-1A)	01	Lojas de componentes eletrônicos.	45,00
LEDs coloridos	Diversos	Lojas de componentes eletrônicos.	25,00
Cabos, resistores, e conectores	Diversos	Lojas de componentes eletrônicos.	20,00
Tubo termo retrátil	2 m	Lojas de componentes eletrônicos.	10,00
Liga para solda eletrônica (Fluxo RA)	200g 1 mm	Lojas de componentes eletrônicos.	20,00
Ferro de solda eletrônica	01	Lojas de componentes eletrônicos.	50,00
Vidro de relógio de pirex de 70mm de diâmetro*	01	Lojas de produtos para laboratórios.	15,00
Placa de Isopor (50 x 100 x 1 cm)	01	Lojas de embalagens ou papelaria.	20,00
Placa de Acrílico (3 mm, tam. A4)	01	Loja de produtos acrílicos	40,00
Caixa montagem painel elétrico quadro comando (20 x 20 x 12 cm)	01	Lojas de materiais elétricos.	150,00
Cabo PP e conectores	Diversos	Lojas de materiais elétricos.	50,00
Suporte Estrutura metálica	01	Metalúrgica	50,00
			605,00

³ Os dois únicos itens fundamentais são: o Arduino e o sensor UV (recomenda-se que sejam novos). Para os demais pode ser utilizados “matérias de segunda mão” (reciclagem), como, por exemplo, a fonte pode ser de um celular, a caixa metálica pode ser uma usada, assim como os outros materiais.

Apêndice 4 – Programação para Arduino

Neste apêndice está apresentado o código de programação do Arduino.

```
//Programa: Medidor de Índice UV com Arduino e Sensor UV GYML8511
//Autor: Robson Antonio LEITE
```

```
// Define pins:
```

```
#define uvpin A0
#define ext1 2
#define ver3 3
#define ver2 4
#define ver1 5
#define hig2 6
#define hig1 7
#define med3 8
#define med2 9
#define med1 10
#define low2 11
#define low1 12
#define ledpw 13
```

```
// Define variables:
// read the input pin:
```

```
int sensor = analogRead(A0);
```

```
// the setup routine runs once when you press reset:
```

```
void setup() {
  analogReference(EXTERNAL);
```

```
// initialize serial communication at 9600 bits per second:
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
// make the pushbutton's pin an input:
```

```
pinMode(sensor, INPUT);
```

```
// Set LED pins as output:
```

```
pinMode(ledpw, OUTPUT);
pinMode(low1, OUTPUT);
```

```

pinMode(low2, OUTPUT);
pinMode(med1, OUTPUT);
pinMode(med2, OUTPUT);
pinMode(med3, OUTPUT);
pinMode(hig1, OUTPUT);
pinMode(hig2, OUTPUT);
pinMode(ver1, OUTPUT);
pinMode(ver2, OUTPUT);
pinMode(ver3, OUTPUT);
pinMode(ext1, OUTPUT);

}

// the loop routine runs over and over again forever:

void loop() {

// Flashes the operation LED:

digitalWrite(ledpw, HIGH);
delay(1000);
digitalWrite(ledpw, LOW);
delay(1000);

// read the input pin:

int sensor = analogRead(A0);

// print out the state of the button:

Serial.print( sensor );
Serial.print( 3.3 * sensor / 1024);
Serial.println(" V ");
delay(1000); // delay in between reads for stability

// Control the LEDs:

if (sensor > 291 && sensor <= 314) {
  digitalWrite(low1, HIGH); // IUV 1
}

else digitalWrite(low1, LOW);
if (sensor > 314 && sensor <= 336) {
  digitalWrite(low2, HIGH); // IUV 2
}

else digitalWrite(low2, LOW);
if (sensor > 336 && sensor <= 359) {
  digitalWrite(med1, HIGH); // IUV 3
}
}

```

```

}

else digitalWrite(med1, LOW);
if (sensor > 359 && sensor <= 382) {
  digitalWrite(med2, HIGH);          // IUV 4
}

else digitalWrite(med2, LOW);
if (sensor > 405 && sensor <= 427) {
  digitalWrite(med3, HIGH);          // IUV 5
}

else digitalWrite(med3, LOW);
if (sensor > 427 && sensor <= 450) {
  digitalWrite(hig1, HIGH);          // IUV 6
}

else digitalWrite(hig1, LOW);
if (sensor > 450 && sensor <= 473) {
  digitalWrite(hig2, HIGH);          // IUV 7
}

else digitalWrite(hig2, LOW);
if (sensor > 473 && sensor <= 495) {
  digitalWrite(ver1, HIGH);          // IUV 8
}

else digitalWrite(ver1, LOW);
if (sensor > 495 && sensor <= 518) {
  digitalWrite(ver2, HIGH);          // IUV 9
}
else digitalWrite(ver2, LOW);
if (sensor > 518 && sensor <= 541) {
  digitalWrite(ver3, HIGH);          // IUV 10
}

else digitalWrite(ver3, LOW);
if (sensor > 541 && sensor <= 1024) {
  digitalWrite(ext1, HIGH);          // IUV 11+
}

else digitalWrite(ext1, LOW);
}

```

Anexo A – Textos de Apoio

1. As origens da ciência moderna - Prof. Dr. Silvio Seno Chibeni (UNICAMP)

1.1. Ciência e filosofia

Desde a sua origem, o homem sempre cuidou de obter conhecimento sobre os objetos que o cercam. Esse conhecimento primitivo é motivado por algo externo à atividade cognitiva propriamente dita: a necessidade de controle dos fenômenos naturais, com vistas à própria sobrevivência biológica. A Grécia Antiga testemunhou, no entanto, o surgimento de uma perspectiva cognitiva nova: a busca do conhecimento pelo próprio conhecimento, por mera curiosidade intelectual. Aqueles que cultivavam essa busca do saber pelo saber foram chamados *filósofos*, “os que amam ou buscam a sabedoria”.

Naquela época e, em certa medida, por muitos séculos da era cristã, a filosofia englobava todos os ramos do conhecimento puro (em contraste com o que chamavam “artes” ou “técnicas”). Uma primeira tendência à especialização levou gradualmente à separação de uma grande área de investigação, que se ocupava dos fenômenos naturais, ou seja, aqueles que não dizem respeito ao homem, enquanto ser intelectual, moral, político, etc. Essa área, a que se chamou *filosofia natural*, experimentou grande impulso a partir do século XVII, quando passou a ser cultivada sob um novo enfoque metodológico. Foi justamente dessa nova filosofia natural que surgiu a ciência, como hoje a entendemos.

Hoje em dia costuma-se considerar pertencentes ao tronco principal da filosofia as disciplinas da estética, lógica, ética, epistemologia e metafísica, sendo que as duas primeiras mostram tendência à autonomização. De forma muitíssimo simplificada, pode-se dizer que a estética examina abstratamente a beleza e a feiura; a lógica investiga o encadeamento formal das proposições; a ética estuda questões relativas ao bem e ao mal, aos direitos e deveres; a epistemologia ocupa-se do conhecimento, suas origens, fundamentos e limites, enquanto que a metafísica procura especular sobre a natureza última das coisas. Fora esses ramos fundamentais, há ainda diversos outros ² que resultam de suas interconexões e especializações, como a filosofia política, a filosofia da linguagem, a filosofia da ciência, a teologia, etc.

1.2. Um novo método de investigar o mundo

Embora a caracterização precisa do novo método de investigação exija detalhamentos que não faremos aqui, dois de seus traços fundamentais merecem destaque: a *experimentação* e a *matematização*.

Os responsáveis pela criação da ciência moderna, entre os quais se destaca a figura de Galileo Galilei, acreditavam que os estudos anteriores em filosofia natural exibiam uma dependência excessiva de especulações metafísicas e um apego ilegítimo à opinião de autoridades, particularmente Aristóteles, cujas doutrinas dominavam a cena filosófica havia mais de 1800 anos. Os novos filósofos contrapunham a isso a observação da própria natureza. É nessa observação – a *experiência* – que se encontrariam os verdadeiros fundamentos do conhecimento da natureza.

Na constituição da nova ciência, tão importante quanto assentar as bases do conhecimento na experiência foi obter essa experiência de forma *controlada* e *sistemática*, por meio daquilo que se chamou experimentos. Para tomar um exemplo famoso daquela época, sabe-se que Galileo concebeu vários desses experimentos para observar como os corpos pesados caíam. Para ele, não bastava soltar uma pedra e olhar sua descida. Ele queria saber *quantitativamente* como ela o faz. Para tanto, concebeu o famoso experimento do plano inclinado, descrito em seu livro *Discursos e Demonstrações Matemáticas sobre Duas Novas Ciências* (1638). Com a inclinação, retarda-se a queda, facilitando a medição de tempos e distâncias. Esse experimento comprova a lei galileana da queda dos corpos, segundo a qual na queda o corpo percorre distâncias proporcionais ao quadrado dos tempos de queda.

Esse exemplo ajuda a ver vários outros pontos importantes na nova abordagem.

O primeiro é que um experimento só é concebido com vistas ao esclarecimento de um dado *problema*, previamente configurado na tradição de investigação. Nesse caso, o problema era dado pela suspeita de Galileo de que a tese aristotélica, de que os corpos mais pesados caem mais rápido do que os mais leves, estava errada. O experimento de Galileo permite resolver essa dúvida de forma objetiva.

Um segundo ponto é que os dados brutos de um experimento são pouco ou nada significativos se não forem *refinados intelectualmente*. No exemplo em análise, devesse, para chegar à lei de Galileo, “descontar” a interferência de causas espúrias, como o atrito e a imperfeição dos relógios da época (batimento do pulso e relógio d’água, inicialmente). Fazer isso sem mutilar fundamentalmente os resultados é algo que exige perícia e verdadeira genialidade.

Por fim, o exemplo destaca o segundo dos grandes traços da nova ciência, mencionados acima, a preocupação em obter uma descrição *quantitativa* dos fenômenos, por meio de sua *matematização*. Vale notar, como contraste, que na visão aristotélica, nem mesmo a física poderia ser matematizada. As leis físicas assumiam, segundo Aristóteles, um caráter puramente qualitativo.

Num ensaio publicado em 1623, intitulado *Il Saggiatore* (“O Ensaíador”), Galileo expressou, numa metáfora que se tornou famosa, sua nova proposta de estudo da

natureza, que, como estamos vendo, se tornaria fundamental no desenvolvimento da ciência moderna:

“A filosofia está escrita neste grandíssimo livro, que continuamente está aberto diante de nossos olhos (eu quero dizer o universo), mas que não se pode entender se não se aprende a entender a língua, e a conhecer os caracteres nos quais está escrito. Ele está escrito em língua matemática, e os caracteres são os triângulos, círculos, e outras figuras geométricas, sem cujos meios é humanamente impossível entender uma só palavra; sem eles [a filosofia] é um vão caminhar por um obscuro labirinto.” (Tradução de Henrique Fleming, em <http://www.hfleming.com/confgal2.html>.)

Uma das consequências desse novo enfoque de pesquisa foi a necessidade de um uso cada vez mais extenso de aparelhos de observação. Por exemplo, Galileo, ele próprio, pôs a óptica a serviço das observações astronômicas, construindo sua famosa luneta; construiu também o primeiro relógio de pêndulo. Essas observações instrumentais tiveram um papel crucial na implantação da nova ciência.

1.3. Uma nova visão de mundo

Até aqui, tratamos do surgimento da ciência moderna focalizando mais a questão do método de investigação da natureza. Mas, evidentemente, o surgimento da ciência, no sentido usual do termo hoje em dia, envolveu muito mais do que isso. Como veremos em outros tópicos desta série, o conhecimento científico não se resume à observação sistemática e registro de fenômenos, sendo encapsulado em teorias. Pois bem: a época de eclosão da ciência moderna (séculos XVI a XVIII) ficou marcada não somente pelo desenvolvimento de novos procedimentos de investigação, mas também pela descoberta de novos fenômenos e, principalmente, pelo desenvolvimento de novas teorias capazes de explicá-los. Tais teorias trouxeram uma nova visão científica do mundo, que contrastava fortemente com a visão então predominante, proveniente de uma mistura de elementos da filosofia antiga e da filosofia e religião medievais.

O núcleo das novas teorias da ciência foi constituído gradualmente, pelo trabalho de muitos cientistas e filósofos – sendo que essa distinção ainda não estava claramente delineada na época –, entre os quais estão o já citado Galileo, René Descartes, Christiaan Huygens, Robert Boyle e Isaac Newton. Com Descartes, sobretudo, desenvolveu-se uma perspectiva teórica que serviria como pano de fundo de toda a ciência, nos séculos XVII, XVIII e XIX. Essa perspectiva ficou conhecida como *mecanicismo*, visto que, nela, a base de *tudo* o que ocorre no mundo físico seriam processos mecânicos, ou seja, que envolvem o movimento de corpos.

No mecanicismo, o mundo corporal é caracterizado por um número muito pequeno de “*qualidades primárias*”, isto é, inerentes aos próprios corpos: extensão, forma, tamanho, movimento, impenetrabilidade, número e arranjo de partes. É a partir dessas qualidades que todas as demais, como as cores, os sons, os cheiros, os gostos, etc., deveriam ser explicados. Descartes e seus sucessores próximos lançaram, assim, um fértil *programa de investigação*, que forneceria material de pesquisa por vários séculos, nas mais diversas áreas da ciência, incluindo-se aí a química e a própria biologia. Inegavelmente, parte de sua excepcional fertilidade se devia justamente ao fato de propor uma base extremamente simples para o estudo dos corpos, uma base, além disso, que permitia a implementação plena de um dos dois ideais metodológicos principais da nova ciência, a matematização: formas e movimentos podiam ser tratados geometricamente, dentro da nova ciência mecânica desenvolvida pelos referidos pioneiros.

Um importante complemento, ou refinamento, da visão mecanicista de mundo foi introduzido por Newton. Ele obteve sucesso sem precedentes na formulação de princípios teóricos quantitativos precisos para a nova mecânica, mostrando ainda, de forma admirável, como lidar com a questão delicada da idealização e interpretação dos fenômenos, e como pôr a teoria mecânica a serviço da meta de prever e explicar toda uma rica variedade de fenômenos físicos a partir de pressupostos simples. Na mecânica Newtoniana, as leis básicas do movimento foram estabelecidas, com o auxílio de algumas noções físicas novas, como a de massa e força. E, entre as forças, cumpriu papel de destaque a força de gravitação universal. A assimilação filosófica

deste último elemento, inteiramente novo, causou muita discussão e mesmo perplexidade, visto que não estava clara – como talvez não esteja até hoje – a questão das causas da atração gravitacional. Seja como for, a nova mecânica funcionava muito bem na explicação e predição dos fenômenos naturais, e constituiu o modelo ou “paradigma” de toda a ciência moderna, até que alguns de seus princípios viessem a ser questionados e modificados no início do século XX.

2. Objetivos da ciência - Prof. Dr. Silvio Seno Chibeni (UNICAMP)

2.1. Ciência: Teoria e experiência

No tópico precedente, enfatizamos a importância da experiência, ou, mais particularmente, dos experimentos, para a ciência. É a experiência que constitui o fundamento de todo conhecimento científico do mundo físico. Além disso, a própria motivação para a busca de conhecimento científico quase sempre está ligada à observação de algum tipo de fenômeno, quer no âmbito do dia-a-dia, quer da própria ciência. (A palavra *fenômeno* significa, em sua origem grega, “aquilo que aparece”, isto é, aquilo de que temos experiência direta.)

No entanto, a mera observação e registro de fenômenos, por mais importante que seja, não constitui uma ciência. Para tanto, esse conhecimento experimental ou “empírico” (na linguagem filosófica) precisa ser integrado em uma *teoria*. A construção de teorias capazes de absorver e concatenar de forma sistemática o conhecimento empírico é uma das marcas principais da ciência, tal qual hoje entendida, e que ajuda a traçar a distinção do conhecimento científico relativamente a outras formas de conhecimento.

O estudo da demarcação entre ciência e não-ciência constitui um dos temas mais importantes de uma área da filosofia chamada *filosofia da ciência*, comportando desdobramentos complexos, que não serão abordados aqui. Diversos pontos a serem analisados neste tópico e nos próximos contribuirão, no entanto, para, de maneira simples, esclarecer a questão.

Antes de mais nada, é importante notar que, do ponto de vista da filosofia da ciência, a noção de teoria não tem o sentido pejorativo que usualmente recebe nos contextos ordinários, em que “teoria” se opõe a “prática”, no sentido de que a “prática” seria o que é certo e o que importa, enquanto que a teoria seria uma especulação incerta e, no fim das contas, dispensável. Não. Teorias são parte essencial da ciência. São elas que por assim dizer “carregam” o conhecimento científico em sua forma mais completa e sistemática. Das teorias depende, ademais, a consecução dos dois grandes objetivos da ciência, como veremos a seguir.

Outro ponto que convém deixar claro desde o início é que a razão de ser de uma teoria científica são os fenômenos. Se ela não estiver de algum modo conectada a fenômenos, não passará de uma ideia vazia de conteúdo científico. As conexões das teorias científicas com o plano da experiência, ou seja, com os fenômenos, são bastante complexas. Há, por um lado, os fenômenos que serviram de *motivação* para a formulação da teoria. Usualmente, esse papel motivador dos fenômenos cai no âmbito da psicologia do cientista, ou da comunidade científica, e não é considerado tão importante quanto o segundo papel dos fenômenos: o de *justificar* a aceitação ou rejeição de uma teoria científica, uma vez formulada por alguém. Na próxima seção já teremos condições de começar a ver como essa importante questão epistemológica pode ser abordada.

2.2. Objetivo 1: Predição de fenômenos

Um primeiro ponto importante para a análise da questão mencionada no final da última seção é que não há como provar teorias a partir de fenômenos, no sentido estrito do termo, tal qual usado na lógica ou na matemática. Simbolizando uma teoria por 'T' e um fenômeno (ou grupo de fenômenos) por 'F', teríamos então o esquema:

$$F \rightarrow T$$

(Leia-se, "F não implica T") No entanto, é possível em geral estabelecer a relação oposta, ou seja, é possível inferir fenômenos a partir de teorias:

$$T \rightarrow F$$

Essa relação é de fundamental importância. Ela mostra que uma teoria científica não é uma especulação solta, desvinculada da realidade experimental. Na linguagem filosófica, uma teoria científica genuína *tem implicações empíricas*.

Quando uma relação do tipo de $T \rightarrow F$ se estabelece, dizemos que a teoria prevê, ou *prediz* o fenômeno F. Esse esquema, na verdade, simplifica uma relação mais complexa, pois a inferência de F a partir de T requer que se especifiquem também as chamadas "*condições iniciais*" do problema, que são os fenômenos que descrevem a situação em que o objeto investigado se encontra, quando a previsão é feita. Deixaremos, porém, essa qualificação implícita na discussão que se segue.

Pois bem: a predição de fenômenos é um dos dois grandes *objetivos da ciência*. O cientista e, mais do que ele, também o tecnólogo, que recorre à ciência para intervir na natureza, está interessado em se antecipar ao desenrolar dos processos naturais, prevendo o que acontecerá, se tais e tais objetos estiverem dispostos de tal e tal modo. Por exemplo, ao soltarmos simultaneamente da mesma altura duas esferas de mesmo diâmetro, uma de chumbo e outra de madeira, queremos saber, de antemão, como elas cairão. Nesse caso, a teoria mecânica desenvolvida por Galileo poderia ser usada para fazer a previsão. Como já notamos no tópico anterior, essa teoria leva à previsão de que (desconsiderando-se o atrito com o ar) ambas as esferas cairiam juntas, percorrendo, ao longo da queda, espaços proporcionais ao quadrado do tempo de queda.

Quando uma teoria prediz corretamente um fenômeno, não podemos dizer que ela foi provada pelo fenômeno, é claro. Mas essa ideia contém uma intuição correta: que a teoria é, de algum modo, *confirmada* ou *corroborada* pela efetiva observação do fenômeno. Para ver isso, pense na situação oposta, em que a teoria prevê um fenômeno F e de fato se observa um fenômeno F*, incompatível com F. Neste caso, a teoria errou a predição, e deve, portanto, ser rejeitada, ou modificada, para que essa *refutação* ou *falseação* seja evitada.

A dinâmica de extrair predições a partir das teorias é, pois, essencial não somente para fins práticos – pôr a teoria a serviço da tecnologia – mas também para a própria *avaliação* da teoria. Esse processo a rigor não acaba nunca: novas predições podem sempre ser feitas; se se confirmarem, a teoria poderá continuar sendo aceita; caso sejam desmentidas pelos fatos, a teoria deverá ser abandonada ou modificada. Poderíamos então dizer que o preço que a ciência paga para avançar, por meio de

teorias que levam a novas predições, é expor-se permanentemente ao risco de algum fenômeno contradizer uma predição teórica, acarretando a necessidade de correções.

2.3. Objetivo 2: Explicação de fenômenos

O segundo dos dois principais objetivos da ciência é o de fornecer *explicações* para os fenômenos. Numa visão filosófica tradicional, adotada daqui em diante nestas notas, esse objetivo deve ser buscado apontando-se as *causas* dos fenômenos. Essa é uma tarefa que envolve mais problemas científicos e filosóficos do que a predição de fenômenos. É que em grande parte dos casos relevantes para a ciência essas causas não são itens disponíveis na experiência, como por exemplo o impacto de uma porta, que ordinariamente seria dado como a causa – e, portanto, a explicação – de um determinado som que se ouviu. A ciência precisa desse tipo simples de relação causal, evidentemente, mas em geral não se limita a ele. A curiosidade científica quer, por assim dizer, penetrar mais fundo na busca de causas.

É nesse ponto que as teorias se fazem, mais uma vez, necessárias. Além de seu poder preditivo – que, como vimos, depende da existência de uma implicação que vai da teoria ao fenômeno predito –, a maioria (embora não todas, como veremos depois) das teorias científicas da física, química e biologia contemporânea (para mencionar apenas as ciências consideradas básicas) se propõem a fornecer explicações para os fenômenos de que tratam. E fazem isso *postulando, a título de hipóteses, diversos entes, mecanismos e processos inobserváveis* que seriam, segundo a teoria, as causas daquilo que percebemos diretamente, ou seja, dos fenômenos.

Consideremos um exemplo simples. A lei de Boyle, segundo a qual em uma porção de gás mantida a temperatura constante a pressão é inversamente proporcional ao volume ($pV = \text{const.}$) é uma lei dita fenomenológica, pois nada mais expressa senão uma relação direta entre fenômenos (as leituras de manômetros, régua e termômetros), podendo em princípio ser confirmada pela observação cuidadosa e sistemática de fenômenos. Mas ela não explica *por que* o gás se comporta desse modo. Robert Boyle, que descobriu essa lei, no século XVII, queria também responder a essa questão. Para tanto, formulou um conjunto de hipóteses sobre a constituição do gás, depois chamado de “teoria cinética dos gases”. Grosso modo, propôs que um gás seria formado por corpúsculos microscópicos que se moveriam no espaço vazio, obedecendo a certas leis mecânicas. Assim, a pressão seria explicada pelo impacto de tais corpúsculos com as paredes do recipiente, a temperatura por sua “agitação”, etc. Com isso, conseguiu uma explicação quantitativa bastante plausível, e que continua, em seus traços gerais, sendo aceita ainda hoje. Essa explicação de Boyle inegavelmente foi uma contribuição importante para física; mas por outro lado suscitou o problema filosófico (ou mais propriamente epistemológico) de como sua teoria explicativa poderia ser justificada. A cruz da questão é que essa teoria envolve itens inobserváveis: não é possível verificar diretamente se o que a teoria diz sobre o gás é verdadeiro ou não. No tópico seguinte trataremos com mais detalhes desse problema epistemológico, bastante discutido pelos filósofos em nossos dias.