

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**PAULO DA CONCEIÇÃO**

**APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE INTENSIDADE ÓPTICA  
UTILIZANDO O FOTÔMETRO DE BUNSEN**

**MEDIANEIRA**

**2021**



PAULO DA CONCEIÇÃO

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE INTENSIDADE ÓPTICA  
UTILIZANDO O FOTÔMETRO DE BUNSEN

Significant Learning of the Concept of Optical Intensity Using the Bunsen  
Photometer

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Shiderlene V. de Almeida  
Coorientador: Prof. Dr. Leandro H. da Silva

MEDIANEIRA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Medianeira**



PAULO DA CONCEICAO

**APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE INTENSIDADE ÓPTICA UTILIZANDO O  
FOTÔMETRO DE BUNSEN**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 22 de Fevereiro de 2021

Prof.a Shiderlene Vieira De Almeida, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Alex Sandre Kilian, Doutorado - Universidade Estadual de Maringá (Uem)

Prof Fabio Rogerio Longen, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 22/02/2021.

Dedico esse trabalho a minha família, que  
me incentivou e me apoiou em todos os  
momentos dessa jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por estar sempre comigo, em toda minha trajetória de estudos. Sou grato por Ele me dar forças e ânimo, me lembrando todos os dias que sou capaz de fazer tudo aquilo que Ele colocou em minhas mãos.

Agradeço a minha esposa Tatiane e meus filhos Paulo Henrique e Beatriz pelo incentivo e compreensão nos momentos necessários e, pelo apoio incondicional para a conclusão deste trabalho.

Aos professores do curso de Mestrado, em especial a minha orientadora, professora Dra. Shiderlene Vieira de Almeida e ao coorientador professor Leandro Herculano da Silva, pela motivação e sabedoria com que me instruíram na construção desse trabalho.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Polo UTFPR, Campus Medianeira, pela cooperação e ensinamentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e – pelo apoio financeiro dado ao programa de Mestrado em ensino da Física, polo UTFPR, Campus Medianeira – Paraná.

Também sou grato pelos colegas e amigos que o curso me proporcionou, pois nos momentos difíceis, me apoiaram e participaram de alguma forma durante esse período.

Agradeço também meus alunos que mesmo em meio a uma situação adversa, de aulas remotas, se dispuseram a participar da interação e aplicação do produto educacional proposto.

Por fim, agradecer a todos que por algum motivo contribuíram para a elaboração, construção, aplicação e conclusão deste trabalho.

Meu muito obrigado a todos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

Mas o SENHOR disse: Você pode fazer isso porque eu o ajudarei.

(Juízes 6:16)

## RESUMO

CONCEIÇÃO, Paulo da. **Aprendizagem Significativa do Conceito de Intensidade Óptica Utilizando o Fotômetro de Bunsen**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2021.

O presente estudo refere-se à realização de um produto educacional para construção e aplicação de um Fotômetro de mancha de óleo, conforme experiência do químico alemão Robert Bunsen (1811-1899). Optou-se por organizar uma Sequência Didática na qual fossem contempladas atividades de retomada de conteúdos teóricos sobre Ondas Eletromagnéticas – Luz até a construção e aplicação do Fotômetro de mancha de óleo. Como referencial teórico, utiliza-se a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1918-2008). A sequência didática foi aplicada para alunos da 2º série do Ensino Médio de uma escola pública estadual de Foz do Iguaçu, região oeste do Paraná. As atividades desenvolvidas aconteceram de forma remota por meio do *Google meet* e do *Google classroom* uma vez que as aulas presenciais encontram-se suspensas em função da Pandemia do novo corona vírus. Durante a aplicação do produto educacional, os alunos participantes se mostraram interessados no experimento e relataram que foram aulas diferentes e inovadoras em comparação as aulas tradicionais. Sendo o produto de fácil aplicação e o baixo custo para a construção do Fotômetro de mancha de óleo são características que o tornam acessível, independente de um laboratório específico de Física. A partir do estudo realizado, conclui-se que o produto educacional proposto é adequado para mostrar e verificar que a partir de uma fonte de luz conhecida e suas características de luminosidade podemos determinar as características de outra fonte de luz e que sua aplicação é viável e pode ser utilizado de forma a contribuir para uma aprendizagem significativa dos alunos.

**Palavras-chave:** Fotômetro. Conceito de Intensidade Óptica. Ensino.

## ABSTRACT

CONCEIÇÃO, Paulo da. **Significant Learning of The Concept of Optical Intensity Using the Bunsen Photometer**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2021.

The present study refers to the realization of an educational product for the construction and application of an oil stain photometer, according to the experience of the German chemist Robert Bunsen (1811-1899). It was decided to organize a Didactic Sequence in which activities to resume theoretical content on Electromagnetic Waves - Light was contemplated until the construction and application of the Oil Stain Photometer. As a theoretical framework, David Ausubel's Theory of Meaningful Learning (1918-2008) is used. The didactic sequence was applied to students in the 2nd grade of high school at a public school in Foz do Iguaçu, in the western region of Paraná. The activities carried out took place remotely through Google meet and Google classroom since the face-to-face classes are suspended due to the Pandemic of the new coronavirus. During the application of the educational product, the participating students showed interest in the experiment and reported that they were different and innovative classes compared to traditional classes. Since the product is easy to apply and the low cost for the construction of the Oil Stain Photometer are characteristics that make it accessible, regardless of a specific Physics laboratory. From the study carried out, it is concluded that the proposed educational product is suitable to show and verify that from a known light source and its luminosity characteristics we can determine the characteristics of another light source and that its application is viable and can be used in a way to contribute to meaningful learning of the students.

**Keywords:** Photometer. Concept of Optical Intensity. Teaching.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A Aprendizagem Significativa na visão cognitiva clássica de Ausubel.....	27
Figura 2: Mapa Conceitual da Aprendizagem Significativa. ....	28
Figura 3: Logo do Aplicativo Aula Paraná. ....	35
Figura 4: Logo Google Meet.....	36
Figura 5: Logo Classroom. ....	37
Figura 6: “Newton observado a propagação retilínea de um feixe de luz que penetra por uma fresta da janela”. ....	39
Figura 7: Ondas eletromagnéticas. ....	40
Figura 8: Fonte de Luz. ....	41
Figura 9: Luz do Sol entre as árvores. ....	42
Figura 10: Posição da sombra de um objeto.....	43
Figura 11: Luz visível. ....	43
Figura 12: Cores do Espectro.....	45
Figura 13: Curva de sensibilidade do olho. ....	46
Figura 14: Definição do ângulo plano $\alpha$ em relação ao arco de uma circunferência de raio $r$ , e do ângulo sólido $\omega$ em relação à área $A$ em uma esfera de raio $r$ . ....	47
Figura 15: Espectro eletromagnético, seu comprimento de ondas ( $\lambda$ ) em metros.....	48
Figura 16: Características das radiações componentes do espectro visível. Como as cores são subjetivas, pois dependem da sensibilidade de cada olho humano, a definição é um pouco arbitrária. ....	49
Figura 17: Iluminação em uma superfície.....	51
Figura 18: Intensidade $S$ diferente de $I$ . ....	52
Figura 19: Ilustração 1 do Fotômetro de Bunsen. ....	56
Figura 20: Ilustração 2 do Fotômetro de Bunsen. ....	56
Figura 21: Ilustração 3 Fotômetro de Bunsen. ....	57
Figura 22: Lâmpadas de diferentes características.....	61
Figura 23: Bocais (plafonir pequenos) construídos. ....	61
Figura 24: Extensões e régua de energia. ....	62
Figura 25: Réguas e Fita Métrica. ....	62
Figura 26: Materiais e Ferramentas ....	63
Figura 27: Fotômetro de baixo custo.....	65
Figura 28: Aplicação do fotômetro de mancha de óleo a tarde: Lâmpada x Sol .....	66

Figura 29: Imagem da sala do Google Classroom .....	69
Figura 30: Imagem da lousa: Cálculos da potência Sol .....	71
Figura 31: Aplicação do fotômetro de mancha de óleo a noite .....	72
Figura 32: Aplicação do fotômetro de mancha de óleo a tarde .....	72
Figura 32.1: Aplicação do fotômetro de mancha de óleo a tarde.....	73
Figura 32.1: Aplicação do fotômetro de mancha de óleo a tarde.....	73
Figura 33: Fotômetro de mancha de óleo, prático (baixo custo) .....	74
Figura 34: Imagem do ponto de óleo com a lâmpada atrás do cartão .....	75
Figura 35: Imagem do ponto de óleo com a lâmpada na frente do cartão .....	75
Figura 36: Imagem do ponto de óleo entre as lâmpadas (no meio) .....	76
Figura 37: Imagem do ponto de óleo.....	77
Figura 38: Imagem da lousa dos cálculos da potência do Sol.....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cores do Espectro visível.....	44
Tabela 2 - Materiais utilizados para o Fotômetro. ....	60
Tabela 3 - Materiais e ferramentas utilizados na construção do Fotômetro. ....	62
Tabela 4 - Experimento de estimativa de potências: resultados. ....	67
Tabela 5 - Resultados de experimentos de energia solar. ....	68

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1	O ENSINO DA FÍSICA .....	17
2.2	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	25
2.3	AS NOVAS ABORDAGENS DE ENSINO REMOTO .....	32
<b>3</b>	<b>ONDAS E SUAS PROPRIEDADES</b> .....	<b>38</b>
3.1	A LUZ .....	38
3.2	FONTES DE LUZ .....	41
3.3	LUZ E SUA PROPAGAÇÃO .....	42
3.4	LUZ VISÍVEL: SOL E LUZ.....	43
3.5	FOTOMETRIA.....	45
3.6	LEIS DA FOTOMETRIA .....	48
3.7	FLUXO .....	53
3.8	O FOTÔMETRO DE BUNSEN: COMPARANDO INTENSIDADE DE DUAS FONTES DE LUZ.....	55
<b>4</b>	<b>PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	<b>58</b>
4.1	SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	59
4.2	RELATO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	69
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>79</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>81</b>
	<b>APÊNDICE A – Produto Educacional</b> .....	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ensinar Física é tão antigo quanto a evolução dessa ciência, porém o ensino de Física como conteúdo no sistema de educação básica é recente e ainda se depara com alguns desafios, entre eles, a baixa carga horária da disciplina nos cursos de Ensino Médio e a metodologia utilizada no processo de ensino e aprendizagem desde a formação do professor até sua atuação em sala de aula (MOREIRA, 2014).

Para que o ensino permita aos alunos uma aprendizagem significativa é necessário que o professor considere em suas práticas pedagógicas os conhecimentos prévios dos seus alunos. Pois, na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, ocorre uma interação entre o novo conhecimento adquirido e as ideias preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA, 2006). Nas situações de aquisição de novas aprendizagens estas estão ligadas a uma ideia específica e relevante (AUSUBEL, 2000).

O processo de ensino e aprendizagem no ano de 2020, no Brasil e no mundo, foi impactado pela pandemia do novo coronavírus (Covid-19), uma nova configuração de ensino, dessa vez remoto, fez-se necessária. Com isso, professores, alunos, famílias e escolas tiveram que se adaptar à novas práticas pedagógicas com a utilização de recursos tecnológicos e digitais como as ferramentas *Google meet* e *Classrrom*.

Diante disso, apresenta-se esse estudo que trata da realização de um produto educacional, uma sequência didática para a construção de um fotômetro de mancha de óleo, com base na experiência do químico Robert Bunsen (1811-1899). A aplicação do produto aos alunos do 2º ano do Ensino Médio se deu através da utilização das novas tecnologias de ensino adotadas pelo governo do Paraná na interação com os alunos do Ensino Fundamental anos finais e Ensino Médio.

A sequência didática tem como objetivo organizar atividades conectadas entre si, a partir de um planejamento, com delimitação de cada etapa do procedimento metodológico que será utilizado na prática pedagógica, para promover uma aprendizagem significativa no processo de ensino e aprendizagem (OLIVEIRA, 2013 apud BATISTA, et al., 2016).

A pesquisa parte da seguinte problemática: como desenvolver um produto educacional, organizado em uma sequência didática, com conteúdos que levam em consideração os conhecimentos prévios dos alunos em relação à física, para ampliar sua compreensão desta ciência através de conceitos da fotometria e da luz no Ensino Médio com aulas teóricas e práticas utilizando as novas tecnologias do ensino remoto?

A sequência didática está organizada em quatro etapas. O primeiro momento se faz através de atividades, para que o professor tenha um espaço amplo de diálogo com os alunos para tirar dúvidas e auxiliá-los ao longo da pesquisa de conceitos básicos da fotometria e luz. A segunda etapa diz respeito à atividade de montagem, com materiais de baixo custo e fácil acesso, dos kits para experimento. A terceira etapa condiz com uma atividade de investigação e comparação do kit produzido para o experimento, para a realização prática do produto. Na quarta realizou-se uma atividade de investigação e esclarecimento, em que foram feitas as comparações entre diferentes fontes de luzes com potências diferentes, verificação do fotômetro de mancha de óleo produzido. Essa etapa é a que permite uma reaprendizagem, retomada de conceitos e novos conhecimentos para uma aprendizagem significativa.

Ademais, esse estudo também apresentará uma organização por capítulos, em que o primeiro dá o embasamento teórico utilizado para compreender como e quão importante é o processo de ensino e aprendizagem e sua concepção significativa no ensino de física, pois trata-se de uma disciplina recente nos currículos da educação básica no Ensino Médio e que necessita de pesquisas, mudanças e valorização. Será apresentado os conceitos e aspectos científicos do ensino da física, da legislação brasileira vigente para a educação desta disciplina, além disso, abordar-se a quais e como são utilizadas as novas ferramentas do processo escolar nesse período de ensino remoto, a distância.

Será abordado também conceitos fundamentais da física sobre as ondas eletromagnéticas, luz, fontes de luz, fotometria de Bunsen e leis da fotometria, fundamentais para a elaboração desse estudo.

Por fim, demonstra-se a execução do produto educacional, sua aplicação, materiais, metodologia e a prática pedagógica de toda sua aplicação nas quatro etapas da sequência didática apresentada. A elaboração da sequência didática foi através das novas tecnologias para o ensino remoto, porém sua aplicação pode se

efetivar no retorno das aulas presenciais em espaços diversos da instituição de ensino, tratando-se de um experimento de fácil acesso e aplicação para promover a aprendizagem significativa nos alunos sobre as diferentes intensidades de fontes de luz no ensino da física.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O ENSINO DA FÍSICA

O ensino de Física é tão antigo quanto a evolução desta ciência, porém, o Ensino de Física na educação é relativamente recente, tendo seu início no século XIX, em que foram elaborados os primeiros materiais didáticos de Física (MATTOS; GASPAR, 2002, apud GASPAR, 2007).

Ainda de acordo com Gaspar (2007), as primeiras ideias para a efetivação do Ensino de Física se deu em 1956, com a criação do Projeto Physical Science Study Committee (PSSC) nos Estados Unidos, que foi incentivado após o lançamento do Sputnik I pela União Soviética, primeiro satélite artificial da Terra, que fez com que os norte-americanos passassem a se interessar por providências emergenciais para reverter a dianteira tecnológica assumida pela URSS, através da educação dos seus estudantes nas ciências e matemática. No projeto, a Física é apresentada não como um conjunto de fatos, mas como um processo de evolução, para que os homens pudessem compreender a natureza do mundo físico (GASPAR, 2007).

Esse projeto de Ensino de Física (PSSC) teve uma grande repercussão no ensino de física no Brasil na década de 60. No Brasil, na década de 70 muitos projetos curriculares nacionais para o Ensino de Física em nível médio surgiram como propostas pedagógicas para as escolas. Tais como: “Projeto de Ensino de Física PEF (IFUSP), Física Auto-Instrutiva FAI (GETEF, USP) e Projeto Brasileiro para o Ensino de Física PBEF (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências FUNBEC)” (PENA; FILHO, 2008, p. 425).

Moreira (2000) ressalta que o PSSC foi um marco para o Ensino de Física, pois, foi uma renovação do currículo de Física para o ensino médio em nível internacional. A primeira edição foi publicada em 1960, traduzido para o português em 1963, pela editora da Universidade de Brasília. “Era um projeto curricular completo, com materiais instrucionais educativos inovadores e uma filosofia do ensino de Física, destacando procedimentos físicos e a estrutura da física” (MOREIRA, 2000, p. 94).

Gaspar (2007) explica que o PSSC estava dividido entre uma nova proposta curricular de física e na ênfase de que o aluno só conseguiria aprender a ciência através da atividade experimental.



Porém, os projetos utilizados no Brasil para sanar as dificuldades no ensino da física, inclusive o PSSC, não obtiveram sucesso diante da realidade educacional do país na época (PENA; FILHO, 2008).

Como explica Moreira (2000, p. 94) “(...) o paradigma dos projetos não durou muito. É pouco provável que grandes projetos curriculares estejam, atualmente, em uso, em sua plenitude, em escolas de ensino médio, mesmo no país onde foi criado o PSSC”.

“Quer dizer, os projetos foram muito claros em dizer como deveria ensinar a Física (experimentos, demonstrações, projetos, “hands on”, história da Física, ...), mas pouco ou nada disseram como aprender-se-ia esta mesma Física” (MOREIRA, 2000, p. 95). Para o autor o ensino e a aprendizagem são interdependentes, mesmo que os materiais sejam bons para quem os elaboram, a aprendizagem não é uma consequência natural desse processo (MOREIRA, 2000).

Na década de 70 o Brasil buscava uma mudança radical no ensino médio e através da Lei 5.692/1971 instituiu o ensino profissionalizante obrigatório nas instituições de ensino médio. Porém, a iniciativa além de não obter sucesso, ainda contribuiu para debilitar ainda mais o ensino médio. Sem sucesso a lei de ensino profissionalizante foi revogada pela lei 7.044/1982. “Entretanto, o currículo de Física resistiu à implantação dos projetos baseados no trabalho experimental e na “tecnologia de ensino” e ignorou a tentativa de instituir o ensino profissionalizante” (CHIQUETTO, 2011, p. 8). Dessa forma, o ensino médio voltou-se ainda mais para fórmulas e resoluções de problemas numéricos, adotando programas de vestibulares como norteadores do ensino nos currículos escolares (CHIQUETTO, 2011, p. 8).

O movimento pelo ensino de física no Brasil se isolou do restante do mundo, pois enquanto outros países buscavam novas propostas a partir de experiências como o PSSC, elaborando tendências inovadoras para o ensino, aqui devido à concorrência por vagas na universidade, o antigo método brasileiro não apenas se consolidava, como se aperfeiçoava a partir da experiência de cursinhos, permanecendo até os dias atuais (CHIQUETTO, 2011).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB - Lei 9.394/1996, estabelece que a educação básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio) deverá seguir uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC), para nortear os currículos dos sistemas e redes de ensino e das práticas pedagógicas em

instituições públicas e privadas do Brasil. Conforme artigo 26 da LDB Lei 9.394/1996:

Art. 26. Os currículos da educação infantil, do ensino fundamental e do ensino médio devem ter base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e em cada estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e dos educandos (Redação dada pela Lei nº 12.796, de 2013) (BRASIL, 1996).

A BNCC é um documento de caráter normativo que define as aprendizagens que os alunos devem adquirir ao longo da educação básica, é orientada por princípios éticos, políticos e estéticos dispostos nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2018, s/p.). “A Base estabelece conhecimentos, competências e habilidades que se espera que todos os estudantes desenvolvam ao longo da escolaridade básica<sup>1</sup>”.

Na Base Nacional Comum Curricular o Ensino Fundamental está orientado por áreas do conhecimento e componentes curriculares para os anos iniciais do 1º ao 5º ano e para os anos finais do 6º ao 9º ano. A área de Ciências da Natureza é aplicada no currículo de Ciências (BRASIL, 2018).

O conhecimento de física no Ensino Fundamental no Brasil se dá a partir dos componentes do currículo de Ciências, que inclui ramos da Astronomia, Biologia, Física, Química e Geociências, nesta área do conhecimento “estudam diferentes conjuntos de fenômenos naturais e geram representações do mundo ao buscar compreensão sobre o Universo, o espaço, o tempo, a matéria, o ser humano, a vida, seus processos e transformações” (BRASIL, 1998).

A LDB Lei 9.394/1996 estabelece no artigo 35-A que:

A Base Nacional Comum Curricular definirá direitos e objetivos de aprendizagem do ensino médio, conforme diretrizes do Conselho Nacional de Educação, nas seguintes áreas do conhecimento: I – linguagens e suas tecnologias; II – matemática e suas tecnologias; III – ciências da natureza e suas tecnologias; IV – ciências humanas e sociais aplicadas (Redação dada pela Lei nº 13.415, de 2017) (BRASIL, 1996).

A BNCC para o ensino médio está organizada por essas áreas do conhecimento dispostas na LDB, porém, a organização por áreas não exclui as disciplinas e suas especificidades. “Em função das determinações da Lei nº

---

<sup>1</sup> Informações retiradas do site do Ministério da Educação, que conceitua a Base Nacional Comum Curricular: MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Base Nacional Comum Curricular. 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>>, acesso em: 29 de nov. de 2020.

13.415/2017, são detalhadas as habilidades de Língua Portuguesa e Matemática, considerando que esses componentes curriculares devem ser oferecidos nos três anos do Ensino Médio” (BRASIL, 2018, p. 32). Mas, se apresentam sem indicação de seriação, com o objetivo de garantir as instituições de ensino flexibilidade na elaboração do currículo e propostas pedagógicas adequadas à sua realidade (BRASIL, 2018).

Cada área do conhecimento está ligada a competências específicas, relacionado a um conjunto de habilidades que representam as aprendizagens fundamentais garantidas na BNCC (BRASIL, 2018) são elas:

As áreas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Biologia, Física e Química), Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (História, Geografia, Sociologia e Filosofia), Matemática e suas Tecnologias (Matemática) seguem uma mesma estrutura: definição de competências específicas de área e habilidades que lhes correspondem. Na área de Linguagens e suas Tecnologias (Arte, Educação Física, Língua Inglesa e Língua Portuguesa), além da apresentação das competências específicas e suas habilidades, são definidas habilidades para Língua Portuguesa (BRASIL, 2018, p. 33).

Na BNCC o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias tem por objetivo ensinar além de conceitos e conteúdos, mas buscar através de um olhar articulado da Biologia, Física e Química, definir competências e habilidades que possibilitam a ampliação e sistematização das aprendizagens fundamentais desenvolvidas no Ensino Fundamental (BRASIL, 2018). “No que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza (BRASIL, 2018, p. 547).

Essa área de conhecimento do Ensino Médio tem por finalidade a elaboração, interpretação e aplicação de modelos explicativos para fenômenos naturais e sistemas tecnológicos que são essenciais do fazer científico, além da identificação de irregularidades invariantes e transformações. As competências e habilidades dessa área privilegiaram conhecimentos conceituais, considerando a continuidade à proposta do Ensino Fundamental, no ensino de Física, Química e Biologia, adequadas ao Ensino Médio (BRASIL, 2018, p. 548).

Dessa forma, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe um aprofundamento nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Os conhecimentos conceituais associados a essas temáticas constituem uma base que permite aos estudantes

investigar, analisar e discutir situações-problema que emergjam de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Dessa forma, os estudantes podem reelaborar seus próprios saberes relativos a essas temáticas, bem como reconhecer as potencialidades e limitações das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2018, p. 548).

Essa Base Nacional Comum Curricular de 2018 já foi elaborada de acordo com a Lei nº 13.415, de 15 de fevereiro de 2017, que fez alterações na LDB de 1996, principalmente, em relação ao Ensino Médio, incluindo formação técnica e profissional ao currículo nas áreas do conhecimento.

A primeira edição da Base Nacional Comum Curricular de 2015, apresentou a divisão da composição curricular por áreas do conhecimento, apresentou por tópicos: áreas de linguagens (para o Ensino Fundamental e Ensino Médio), componente curricular de língua portuguesa, componente curricular de língua estrangeira moderna, componente curricular de arte, componente curricular de educação física; área de matemática (para o Ensino Fundamental e Ensino Médio); área de ciências da natureza (para o Ensino Fundamental), componente curricular de ciências (para o ensino Fundamental) e área de conhecimento de ciências da natureza (para Ensino Médio), componente curricular de biologia, componente curricular de física e componente curricular de química, para o Ensino Médio; área de ciências humanas (para Ensino Fundamental e Médio), componente curricular de história, componente curricular de geografia (para Ensino Fundamental e Médio), componente curricular de ensino religioso (para Ensino Fundamental) e componentes curriculares de Sociologia e Filosofia (para o Ensino Médio). Diferente da estrutura da última versão da BNCC de 2018 que está dividida pelas etapas da Educação Básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio) e não por áreas do conhecimento como esta primeira.

Na Base Nacional Comum Curricular de 2015, no componente curricular de física está descrito que:

Os conceitos e modelos da Física nos ajudam a descrever e a interpretar o mundo à nossa volta, sejam sistemas naturais ou equipamentos tecnológicos. Como corpo organizado de conhecimentos, a Física representa uma maneira de dialogar com o mundo, uma forma de “olhar o real”, que apresenta características peculiares, como a proposição de representações, modelos, leis e teorias com alto grau de abstração, sofisticação, consistência e coerência internas; o uso de metodologias e de linguagem próprias; a busca de relações de causa e de efeito. O

conhecimento conceitual assim construído – que pode ser articulado com a Química e a Biologia – representa uma grande conquista da humanidade, cujo direito à aprendizagem deve estar garantido ao longo do processo de escolarização de crianças, jovens e adultos (BRASIL, 2015, p. 204).

O documento ressalta ainda que para a compreensão desses conhecimentos organizados se deem em sua dinamicidade histórica e social, para que a Física seja percebida como um conhecimento que foi produzido a partir do complexo contexto das relações sociais, em consonância com o desenvolvimento tecnológico. Sendo a física uma construção humana, por ela deve ser representada, considerando o passado e o presente em suas diversas interpretações, para a compreensão dessa ciência como instituição social. Trabalhar a física em conjunto ciência, tecnologia e sociedade amplia a percepção do papel da física enquanto saber social. A física traz consigo saberes sociais, que permitem posicionamentos críticos frente às situações tecnocientíficas da atualidade, que estão relacionadas a diversos interesses e grupos sociais (BNCC, 2015). A Base reforça ainda que,

conhecimento físico na forma de leis, conceitos, grandezas e relações matemáticas só ganha significado se utilizado em problemáticas reais, tornando-se, assim, um instrumento de participação mais consciente e consistente na sociedade, propiciando, por exemplo, avaliar os efeitos biológicos da radiação em um exame de radiografia ou tomografia, o uso de diferentes fontes de energia elétrica e seus efeitos ambiental e socioeconômico ou mesmo compreender o funcionamento de eletrodomésticos e os cuidados que devem ser tomados em sua instalação e utilização. A Física insere-se no contexto mais amplo da nossa cultura, podendo ser percebida também como cultura. O conhecimento científico dialoga com outros elementos da cultura representados, por exemplo, em produções da literatura, das artes plásticas, do teatro e da música. Assim, os contextos histórico e social, e também o contexto cultural, se constituem como cenários para a produção de sentidos e significados para o conhecimento da Física e das outras ciências (BRASIL, 2015, p. 205).

O ensino da Física no documento deve estar atrelado a sua constituição, com caráter social. Estimular a curiosidade dos alunos, numa perspectiva investigativa de aprendizagem. A Física também possui sua linguagem própria, a compreensão de suas leis incorpora os conhecimentos da matemática, para interpretação da realidade, leis e teorias, abordando desde equações simples à complexas, envolvendo aspectos qualitativos e quantitativos da Matemática (BRASIL, 2015).

Entre os termos utilizados na Física que podem ser encontrados em nosso cotidiano e marcam a sua forma de linguagem, estão: massa, energia, calor, matéria, força, entre outros. “Nesse aspecto, faz-se necessário estar atento ao

caráter polissêmico da linguagem, para que diferenças de significado sejam apontadas e não se tornem obstáculos à aprendizagem” (BRASIL, 2015, p. 206).

Dessa forma, orienta-se o ensino de física na BNCC de 2015, que apresenta as seguintes unidades de conhecimento para organização do currículo da física para o Ensino Médio: Movimentos em sistemas e processos naturais e tecnologias; Energia em sistemas e processos naturais e tecnológicos; Eletromagnetismo em sistemas e processos naturais e tecnológicos; Comunicação e informação em sistemas e processos naturais e tecnológicos; Matéria e radiação em sistemas e processos naturais e tecnológicos; Terra, Universo e Vida (BRASIL, 2015, p. 207-208).

Na atual BNCC (2018) a área de conhecimento de Ciências da Natureza e suas Tecnologias apresentam aprofundamentos nas temáticas: Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Tais conhecimentos conceituais são associados a essas temáticas e possibilitam aos estudantes investigar, analisar e discutir situações-problemas presentes nos diversos contextos socioculturais. Além de permitir a compreensão de leis, teorias e modelos aplicados na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais. Além disso, é importante considerar também, diferentes cosmovisões, que envolvem conhecimentos e saberes de povos e comunidades tradicionais “reconhecendo que não são pautadas nos parâmetros teórico-metodológicos das ciências ocidentais, pois implicam sensibilidades outras que não separam a natureza da compreensão mais complexa da relação homem-natureza” (BRASIL, 2018, p. 548).

O documento apresenta competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos

contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p. 553).

As competências específicas apresentadas nessa área do conhecimento na BNCC de 2018 não apresenta uma especificação própria do ensino da física, apenas por área do conhecimento envolvendo Biologia, Química e Física, conforme a legislação atual.

As Diretrizes Curriculares Estaduais para o Ensino de Física do Paraná (2008) apresentam o ensino de física a partir de discussões com professores da disciplina no Ensino Médio. Esse conhecimento tem como objetivo estudar o universo e toda a sua complexidade, propõe aos estudantes o estudo da natureza. “Ressalte-se que os conhecimentos de Física apresentados aos estudantes do Ensino Médio não são coisas da natureza, ou a própria natureza, mas modelos elaborados pelo Homem no intuito de explicar e entender essa natureza” (SEED-PR, 2008, p. 38).

As diretrizes do Paraná apresentam a fundamentação teórico-metodológica para o ensino de física a partir de três grandes sínteses que compõem o quadro conceitual de referência para a disciplina de física no final do século XX e início do século XXI, são elas: Movimento, Termodinâmica e Eletromagnetismo, compreendidos como os conteúdos estruturantes para o ensino de física (SEED-PR, 2008).

Tais conteúdos podem ser aprofundados e contextualizados em relações interdisciplinares, a partir de uma abordagem que contemple os avanços e perspectivas da física em novas pesquisas, o que a demonstra como uma ciência em construção (SEED-PR, 2008).

Os conteúdos estruturantes podem apresentar, eventualmente, uma relação de interdependência, o que faz com que, em alguns momentos, o trabalho pedagógico com um determinado conteúdo básico<sup>27</sup> ou específico, envolva referenciais teóricos de mais de um estruturante. Por exemplo, a luz, considerada a sua dualidade e o fenômeno em estudo, pode ter um tratamento de partícula, objeto de estudo do movimento, e um tratamento ondulatório, objeto de estudo constituído no eletromagnetismo (PIETROCOLA, 2005 apud SEED-PR, 2008, p. 58).

Porém, a luz dada em sua natureza eletromagnética, pode ser conceituada no campo de estudo do eletromagnetismo. Determinado (...) “conteúdo básico ou específico é objeto de estudo dos três conteúdos estruturantes. É o caso do princípio

da conservação da energia que, embora desenvolvido na Termodinâmica, está presente também no estudo de Movimento e de Eletromagnetismo” (SEED-PR, 2008, p. 58).

A proposta curricular para o ensino de física é composta de conteúdos básicos, derivados das três sínteses, para promover uma cultura científica mais abrangente possível, porém, cabe ao professor e a matriz curricular da escola elaborar os conteúdos específicos que irão compor o seu Plano de Trabalho Docente, nas séries do Ensino Médio (SEED-PR, 2008).

## 2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

David Ausubel, professor Emérito da Universidade de Columbia em Nova Iorque, médico psiquiatra em formação, dedicou sua carreira à psicologia educacional. Contribuiu com sua teoria para a compreensão acerca da aprendizagem significativa. Para ele trata-se de um processo em que “uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica” (MOREIRA, 1999, p. 153), que Ausubel define como conceito subsunçor presente na estrutura cognitiva do ser humano (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem significativa para Ausubel ocorre quando a nova informação aporta-se em conceitos ou proposições relevantes que são preexistentes na estrutura cognitiva do sujeito aprendiz (MOREIRA, 1999, p. 11).

Como reafirma Tironi et al (2013, p. 3) “A teoria de Ausubel pressupõe que a aprendizagem é significativa quando uma nova informação (conceito, ideia, suposição) adquire significado para o aluno”. Para que tal informação seja aprendida é necessário que se estabeleça uma analogia com os conhecimentos preexistentes que se encontram nas estruturas cognitivas do aprendiz (TIRONI et al., 2013).

Pelizzari et al. (2002) explicam que, para que a aprendizagem significativa se efetive é necessário que ocorra um processo de modificação do conhecimento, “em vez de comportamento em um sentido externo e observável, e reconhecer a importância que os processos mentais têm nesse desenvolvimento” (PELIZZARI, et al., 2002, p. 38).

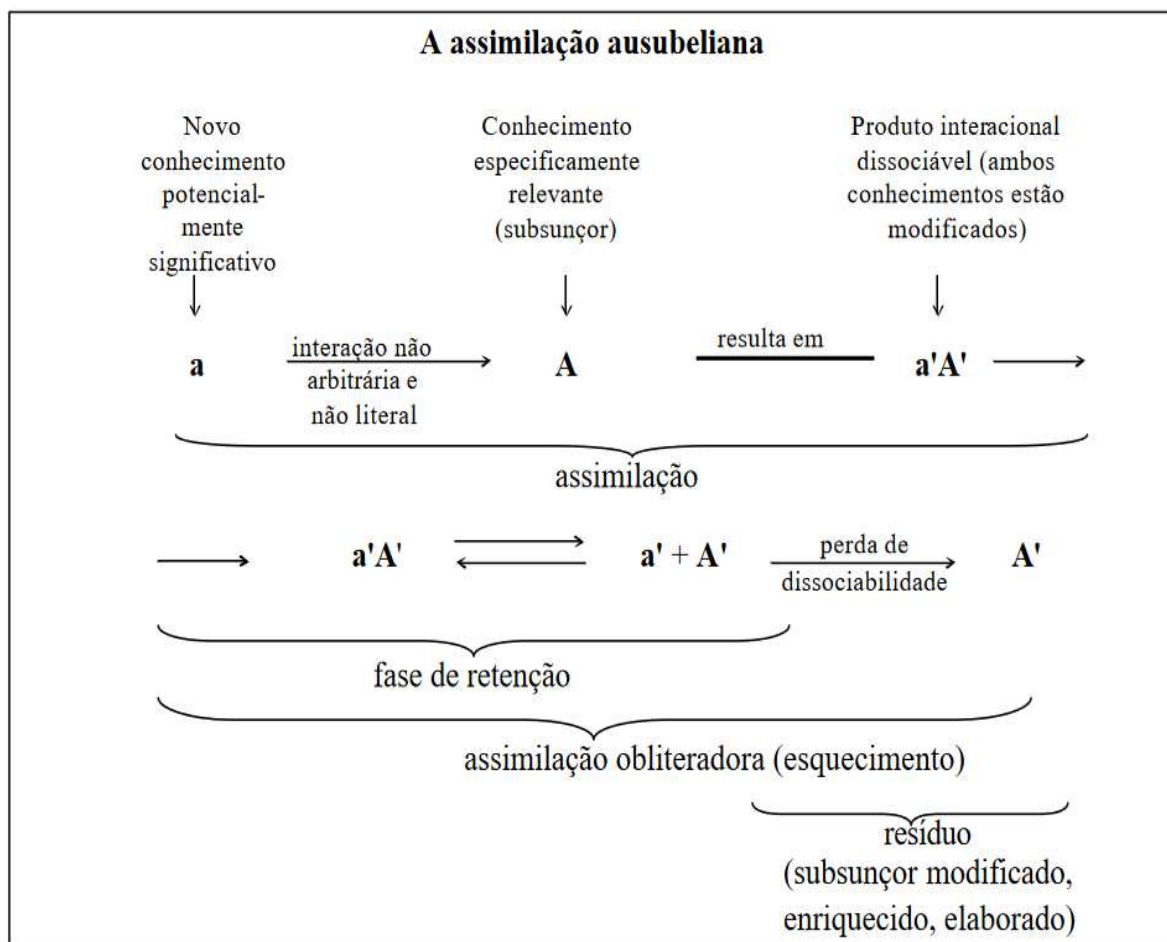


Para que a aprendizagem significativa aconteça são fundamentais duas condições: a primeira diz respeito à disposição do aluno em aprender, se o aprendiz quer apenas memorizar o conteúdo de maneira arbitrária e literal, a aprendizagem será mecânica; a outra diz respeito ao conteúdo escolar a ser aprendido, que deve ter um caráter potencialmente significativo, “ou seja, ele tem que ser lógica e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem” (PELIZZARI et al., 2002, p. 38) cada aprendiz filtra os conteúdos de acordo com a importância que a aprendizagem destes tem ou não para eles (PELIZZARI et al., 2002).

Moreira (2005) apresenta a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel numa visão cognitiva clássica, apresentada por Ausubel na década de sessenta e reiterada recentemente nos anos 2000. “O núcleo firme dessa perspectiva é a interação cognitiva não-arbitrária e não-litera entre o novo conhecimento, potencialmente significativo, e algum conhecimento prévio, especificamente relevante, o chamado subsunçor” (MOREIRA, 2005, p. 1) preexistente na estrutura cognitiva do educando.

Nessa perspectiva Moreira (2005) apresenta um esquema que corresponde à aprendizagem significativa subordinada, caso mais comum. “No entanto, quando um conceito ou proposição potencialmente significativo mais geral e inclusivo do que ideias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva é adquirido a partir destes, e passa a assimilá-los, a aprendizagem é dita superordenada” (MOREIRA, 2005, p. 1-2). E quando as aprendizagens de conceitos não são subordinadas e nem capazes de subordinar é considerada combinatória. Na aprendizagem significativa o esquecimento é uma continuação natural, mas que deixa resíduos, ou seja, um subsunçor modificado, pois, os novos conhecimentos mesmo que subsumidos, de alguma maneira estão no subsunçor e facilitarão a reaprendizagem. Conforme o esquema elaborado por Moreira (2005):

Figura 1: A Aprendizagem Significativa na visão cognitiva clássica de Ausubel.

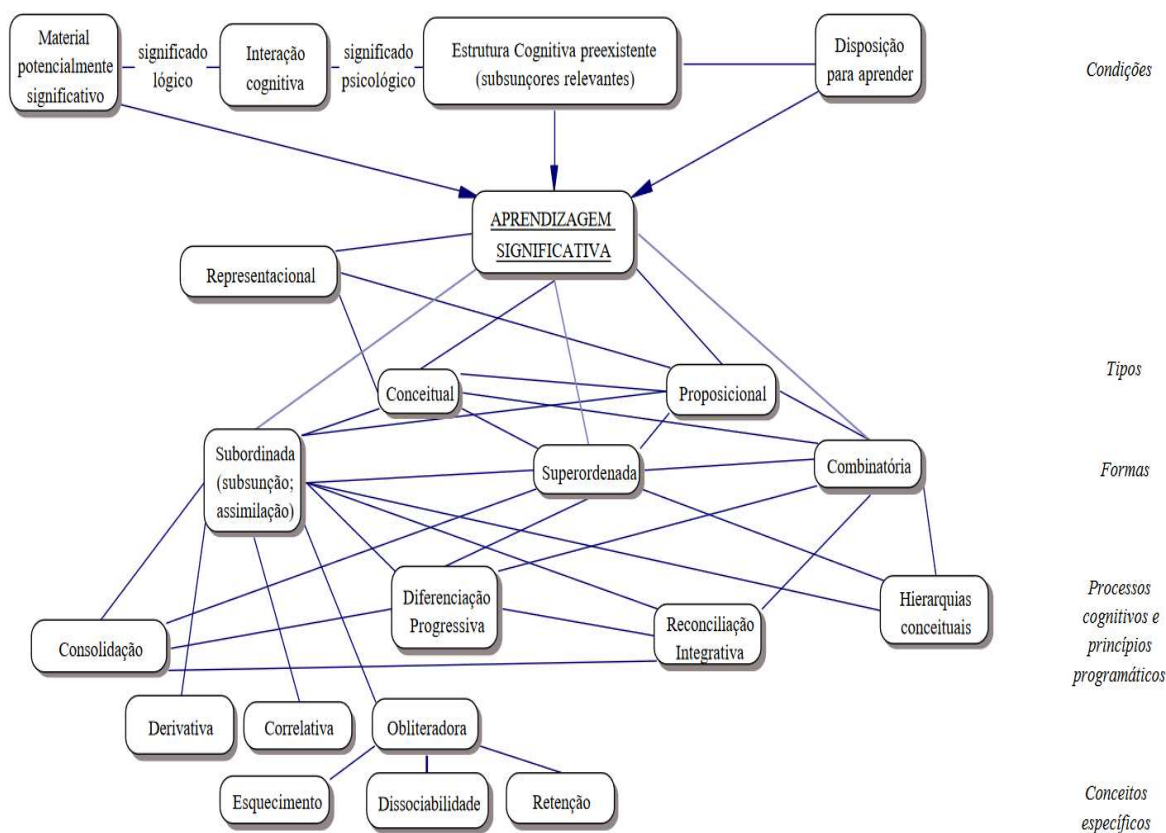


Fonte: Moreira (2005, p. 2).

Moreira (2005) afirma que a aprendizagem significativa ocorrerá mediante a potencialidade dos materiais utilizados para o ensino e dos subsunçores especificamente relevantes que os alunos já possuem em suas estruturas cognitivas. Além disso, o aprendiz precisa estar pré-disposto a aprender.

Nesse estudo é fundamental apresentar, para a compreensão do processo de aprendizagem significativa, o mapa conceitual elaborado por Moreira (2005), apresentado na Figura 2.

Figura 2: Mapa Conceitual da Aprendizagem Significativa.



Fonte: Moreira (2005, p. 3).

A aprendizagem significativa pode ser por representações, conceitos ou proposições. A aprendizagem por representações é realizada através de símbolos e o que eles representam, mais voltado para crianças que associam o conceito com o símbolo (SILVA; CLARO; MENDES, 2017). Na teoria de Ausubel a aprendizagem por representações é:

A aprendizagem representacional (tal como a atribuição de um nome) aproxima-se da aprendizagem por memorização. Ocorre sempre que o significado dos símbolos arbitrários se equipara aos referentes (objetos, acontecimentos, conceitos) e tem para o aprendiz o significado, seja ele qual for, que os referentes possuem (AUSUBEL, 2000, p. 1).

Tal aprendizagem é significativa, pois as proposições de equivalências representacionais relacionam-se de forma não-arbitrária às estruturas cognitivas que quase todas as pessoas possuem desde o primeiro ano de vida (AUSUBEL, 2000).

A aprendizagem por conceitos pode ser por dois tipos: formação de conceitos e assimilação de conceitos, "(...) é uma aprendizagem inicial em que ocorre uma

aquisição espontânea e indutiva de ideias gerais sobre um assunto. A assimilação de conceitos é um processo que se quando o aluno já possui os atributos criteriais do conceito por meio de uma definição” (SILVA; CLARO; MENDES, 2017, p. 5).

Dessa forma, os alunos assimilam o novo conhecimento a suas estruturas cognitivas.

Também é evidente que (1) os seres humanos interpretam experiências perceptuais ‘embruto’ em termos de conceitos particulares nas suas estruturas cognitivas e (2) que os conceitos constituem os alicerces quer para a aprendizagem por recepção significativa de proposições declarativas, quer para a criação de proposições significativas para a resolução de problemas (AUSUBEL, 2000, p. 2).

Ausubel explica que, devido os conceitos apresentarem nomes, torna-se mais fácil a aprendizagem. “Os nomes dos conceitos adquirem-se através da aprendizagem representacional significativa depois de se terem adquirido os significados dos próprios conceitos” (AUSUBEL, 2000, p. 2).

A aprendizagem por proposições precisa de conhecimentos prévios de símbolos e conceitos, com a finalidade de promover uma compreensão sobre a proposição (SILVA; CLARO; MENDES, 2017).

De acordo com Ausubel (2000, p. 3),

A aprendizagem proposicional pode ser subordinada (de subsunção), subordinante ou combinatória. A aprendizagem de subsunção ocorre quando uma proposição ‘logicamente’ significativa de uma determinada disciplina (plausível, mas não necessariamente válida em termos lógicos ou empíricos, no sentido filosófico) se relaciona de forma significativa com proposições subordinantes específicas na estrutura cognitiva do aluno. Tal aprendizagem pode denominar-se derivativa, caso o material de aprendizagem apenas exemplifique ou apoie uma ideia já existente na estrutura cognitiva. Denomina-se correlativa, se for uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de proposições anteriormente apreendidas.

A subordinante ocorre quando uma nova informação se relaciona com ideias específicas da estrutura cognitiva preexistente ou com um conjunto de ideias que antecederam de forma relevante na estrutura cognitiva do aprendiz. Já a aprendizagem por proposicional combinatória ocorre quando uma proposição significativa não se relaciona com ideias subordinantes e nem subordinadas, mas com uma combinação de conteúdos relevantes, ou menos relevantes, da estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL, 2000).

Ainda de acordo com Ausubel (2000),

A interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados verdadeiros ou psicológicos. Devido à estrutura cognitiva de cada aprendiz ser única, todos os novos significados adquiridos são, também eles, obrigatoriamente únicos (AUSUBEL, 2000, p. 1).

A aprendizagem significativa não é uma simples ligação entre a nova informação e os elementos da estrutura cognitiva preexistentes, esse é o tipo de aprendizagem por memorização, que ocorre em uma aprendizagem não integradora. Na significativa, a aquisição das informações novas quando adquiridas transforma as que foram aprendidas recentemente e do aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva, em que estão ligadas as novas informações. Na grande parte das situações de aprendizagem as novas informações estão ligadas a uma ideia específica e relevante (AUSUBEL, 2000).

Ausubel chama os conceitos e proposições de ideias. Na aprendizagem significativa, ocorre uma interação seletiva entre o novo conteúdo de aprendizagem e os conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL, 2000, p. 3). Ele chama de ancoragem esta ligação com as ideias ao longo do tempo. No processo de subordinação, essas ideias subordinantes que preexistem na estrutura cognitiva dão ancoragem para a aprendizagem de novas informações (AUSUBEL, 2000).

Para Ausubel o armazenamento de informações na mente do ser humano é altamente organizado, capaz de formar uma hierarquia conceitual, “na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a conceitos, ideias, proposições mais gerais e inclusivos” (MOREIRA, 2006, p. 16) essa aprendizagem significativa se dá através da interação.

Ao contrário da aprendizagem significativa, Ausubel explica a existência da aprendizagem mecânica, trata-se de aprendizagem automáticas, que não tem ligação com conceitos importantes preexistentes na estrutura cognitiva, uma aprendizagem que serve somente para avaliação depois é esquecida (MOREIRA, 2006).

Em Física, como em outras disciplinas, a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos pode ser tomada como exemplo típico de aprendizagem mecânica. Talvez aquela aprendizagem de “última hora”, de véspera de prova, que somente serve para a prova, pois é esquecido logo após, caracterize também a aprendizagem mecânica. Ou, ainda, aquela típica argumentação de aluno que afirma ter estudado tudo, e até mesmo “saber de tudo”, mas que, na hora da prova, não consegue resolver problemas ou

questões que impliquem usar e transferir esse conhecimento (MOREIRA, 2006, p. 16).

Para Hornes et al. (2009) na aprendizagem significativa ocorre interação entre os novos conhecimentos e os prévios, que permitem enriquecer e elaborar cada vez mais os conceitos estudados. Na Física, os currículos escolares insistem em uma fragmentação de conteúdos/conhecimentos, que não permitem a relação necessária para promover uma aprendizagem significativa.

No ensino da Física essa ligação entre os conhecimentos científicos é possível, se houver liberdade para elaboração dos conteúdos, visto que no ensino médio os alunos já possuem conhecimentos prévios que serão aperfeiçoados, tornando mais fácil essa continuidade de conceitos que permitem uma aprendizagem significativa (HORNES, et al., 2009).

Ao analisar o ensino de Física é possível observar que o mesmo tem focado na memorização devido ao grande conteúdo que utiliza as fórmulas matemáticas, sem priorizar a compreensão dos fenômenos (LOSS; MACHADO, 2005 apud SILVA; SALES, 2018).

Silva e Sales (2018) ressaltam a necessidade de formação dos professores, pois, no ensino da física é necessário formular práticas pedagógicas que possibilitem transformações nas estruturas cognitivas dos alunos, para isso é necessária uma evolução conceitual no processo de aprendizagem.

Moreira (2014) em relação ao ensino de Física, reafirma a importância da formação dos professores e de melhores condições de trabalho, além do aumento da carga horária da disciplina, passou de 6 horas/aula para 2 ou menos e que pode diminuir ainda mais se incorporada à Ciências da Natureza. “As interfaces entre disciplinas são importantes, atividades interdisciplinares ou multidisciplinares também, mas daí a “fundir” disciplinas como Física, Química e Biologia em uma só é um absurdo pedagógico” (MOREIRA, 2014, p. 11).

Além disso, é notório que os professores de Ensino Médio têm dificuldades com os conteúdos de Física, principalmente os de Física Moderna e Contemporânea. Há, no entanto, muitas críticas à ênfase em conteúdos na formação de professores. Mas, sem conteúdo de Física, como ensinar Física? O problema é que esses conteúdos devem ser adquiridos significativamente. E aí voltamos ao fraco, e desvalorizado, ensino universitário que fomenta a aprendizagem mecânica do conteúdo pelo conteúdo. Na formação de professores de Física muitos conteúdos de Física, clássicos e contemporâneos, devem ser trabalhados, mas de uma

visão de transferência didática e de aprendizagem significativa (MOREIRA, 2014, p. 11).

Moreira (2014) apresenta que os conteúdos do currículo para o ensino de Física não são suficientes para uma aprendizagem significativa, pois é preciso incorporar ao ensino da física, novos métodos, as novas tecnologias da informação e comunicação, além de acrescentar ao currículo aspectos epistemológicos, históricos, sociais e culturais. Para o autor trata-se de um desafio que precisa ser enfrentado para dar aos professores melhores condições de trabalho e aos alunos melhores condições de aprendizagem.

Dessa forma, trataremos no tópico a seguir sobre as novas técnicas de ensino a distância que têm sido utilizadas nas aulas de Física e de outras disciplinas, diante do cenário atual em que a educação se encontra devido à pandemia do novo coronavírus (Covid-19), que trouxe desafios e possibilidades para o ensino, como veremos a seguir.

### 2.3 AS NOVAS ABORDAGENS DE ENSINO REMOTO

Em dezembro de 2019 houve a transmissão de um novo Coronavírus (SARS-CoV-2), em Wuhan na China, gerando a Covid-19, doença causada pelo novo coronavírus, que pode causar desde casos de infecções assintomáticas à quadros graves (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020)<sup>2</sup>. O vírus possui uma rápida disseminação, é altamente transmissível de pessoa para pessoa, de forma acelerada espalhou-se pelo mundo.

Entre as medidas de proteção contra o novo Coronavírus o distanciamento social está entre elas e devido à pandemia do vírus muitos setores da sociedade, principalmente, locais públicos com grande aglomeração de pessoas tiveram que ser fechados como medidas preventivas de contaminação, como é o caso das escolas. A educação vem enfrentando desafios devido ao novo coronavírus, entre eles está a nova prática de ensino remoto. “De repente, estudantes, professores, funcionários e gestores já não podem estar lado a lado dividindo o espaço de uma instituição de

---

<sup>2</sup> MINISTÉRIO DA SAÚDE. COVID-19. 2020. Disponível Em: <<https://coronavirus.saude.gov.br/sobre-a-doenca#o-que-e-covid>>, acesso em: 2 de nov. de 2020.

ensino e todos passam a vivenciar a experiência inédita do ensino remoto em massa” (CASATTI, 2020, p. 1)<sup>3</sup>.

Em 16 de março de 2020 o governo do Estado do Paraná anunciou medidas para enfrentamento do novo coronavírus, entre elas está a suspensão, por tempo indeterminado, das aulas presenciais em todas as instituições de ensino do Estado<sup>4</sup>.

A Resolução SEED nº 1.016 – 03/04/2020 “estabelece em Regime Especial as atividades escolares na forma de aulas não presenciais, em decorrência da pandemia causada pelo COVID-19”, publicada no Diário Oficial nº 10663 de 6 de abril de 2020. (SEED-PR, 2020). O artigo 1º estabelece “(...) em caráter excepcional, o regime especial para a oferta de atividades escolares na forma de aulas não presenciais, em conformidade com o disposto na Deliberação n.º 01/2020 – CEE/PR, exarada em decorrência da pandemia causada pelo COVID-19” (SEED-PR, 2020, p. 1).

No Artigo 3º está disposto que as atividades escolares não presenciais são utilizadas pelo professor para interagir com o aluno através de: “orientações impressas, estudos dirigidos, *quizzes*, plataformas virtuais, correio eletrônico, redes sociais, *chats*, fóruns, diário eletrônico, videoaulas, audiochamadas, videochamadas e outras assemelhadas” (SEED-PR, 2020, p. 1).

Os artigos 6º e 7º apresentam as formas de atividades escolares não presenciais e os meios de disponibilizar videoaulas gravadas pelos professores aos alunos:

Art. 6.º São atividades escolares não presenciais:

I -as ofertadas pela mantenedora e/ou pela instituição de ensino, sob responsabilidade do professor da turma ou do componente curricular, de maneira remota e sem a presença do professor e do estudante no mesmo espaço físico;

II -metodologias desenvolvidas por meio de recursos tecnológicos, inclusive softwares e hardwares, adotadas pelo professor ou pela instituição de ensino e utilizadas pelos estudantes com material ou equipamento particular, cedido pela instituição de ensino, ou mesmo público;

III – as incluídas no planejamento do professor e contempladas na proposta pedagógica curricular da instituição de ensino;

IV – as submetidas ao controle de frequência e participação do estudante;

V – as que integram o processo de avaliação do estudante.

---

<sup>3</sup> CASATTI, Denise. Ensino remoto na pandemia pode transformar educação. Jornal da USP, Campus Ribeirão Preto – USP. 2020. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/universidade/ensino-remoto-na-pandemia-pode-transformar-educacao/>>, acesso em: 03 de dez. de 2020.

<sup>4</sup> GOVERNO DO PARANÁ. Governo do Estado anuncia medidas para enfrentamento ao coronavírus. 2020. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=106130>>, acesso em: 03 de dez. de 2020.



Art. 7.ºA Secretaria de Estado da Educação e do Esporte, como mantenedora da Rede Pública Estadual de Ensino, disponibilizará videoaulas gravadas pelos professores da utilizando os seguintes meios:

I – TV aberta, com transmissão ininterrupta de todas as disciplinas constantes no currículo de cada ano/série;

II -Aplicativo “Aula Paraná” gratuito para IOS e Android, contendo material das aulas, com possibilidade de interação em tempo real com um ou mais professores da turma na qual o aluno encontra-se regularmente matriculado, mediante sincronia automática via plataformas de gerenciamento de dados.

§ 1.ºAs videoaulas de que trata o caput deste artigo serão disponibilizadas na forma de 5 (cinco) aulas diárias de 45 (quarenta e cinco) a 50 (cinquenta) minutos, de acordo com o currículo da série/ano.

§ 2.ºAs videoaulas serão ministradas por professores da Rede Estadual de Ensino, selecionados por meio de ato específico. (SEED-PR, 2020, p. 1).

No art. 8º o documento dispõe que para o ensino não presencial será disponibilizado aos professores e alunos três canais abertos com cobertura estadual, que contemplam cinco aulas diárias, respeitando a distribuição curricular de cada disciplina, com um canal para 8º e 6º ano, um para 9º e 7º ano e outro para o Ensino Médio (SEED-PR, 2020, p. 1). Além disso, no artigo 9º está previsto que o aplicativo “Aula Paraná” disponibilizado para professores e alunos, não terão custo para os usuários e está disponível para Android e IOS (SEED-PR, 2020, p. 2).

Art. 10. Serão disponibilizados os serviços Google Classroom e Google Forms, vinculados ao e-mail @Escola, disponível a todos os estudantes e professores da rede estadual de ensino, que consiste em uma sala de aula virtual sincronizada com o aplicativo Aula Paraná, permitindo ao professor autonomia em organizar de forma didática os materiais complementares da respectiva disciplina por meio de fóruns, imagens, vídeos, links, quizzes, etc. (SEED-PR, 2020, p. 2).

O governo do Estado do Paraná, por meio da Secretaria de Estado da Educação e do Esporte disponibilizou suporte técnico para aqueles que tem dificuldades de utilizar ou acessar o aplicativo. Na Figura 3 é possível observar a logo do aplicativo “Aula Paraná” disponível nas lojas de aplicativos do sistema operacional Android e IOS:

Figura 3: Logo do Aplicativo Aula Paraná.



Fonte: Google Play.

Em setembro de 2019 o aplicativo “Aula Paraná” ganhou uma versão turbo, com 15 novas ferramentas para auxiliar no ensino remoto, entre elas o intensivo para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e aulas online de inglês, sistema de correção ortográfica, aulas de programação, mais aulas ao vivo e uma plataforma de Matemática gamificada<sup>5</sup>. Nessa reportagem, o secretário de educação do Estado afirma que:

"O professor através da ferramenta Google Meet ele não paga nada do celular dele para conversar com os alunos e enxergar o rosto deles. Ele também vai contar agora com a Redação Paraná, que usa a inteligência artificial para ajudar ele na correção. Toda a parte de ortografia, gramática, a própria inteligência artificial corrige e fica para ele a parte mais nobre da redação que é a argumentação" (RPC Paraná; G1 Paraná, 2020, p. 1).

O Google Meet é um aplicativo de videochamada, utilizado em web navegador ou através de download do aplicativo, o mesmo está disponível para qualquer pessoa com uma conta google, que pode criar uma reunião online com até

<sup>5</sup> RPC Curitiba e G1 Paraná. Aplicativo ‘Aula Paraná’ ganha nova versão com ferramentas que pretendem aumentar interação e aprendizagem dos alunos. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pr/parana/educacao/noticia/2020/09/17/aplicativo-aula-parana-ganha-nova-versao-com-ferramentas-que-pretendem-aumentar-interacao-e-aprendizagem-dos-alunos.ghtml>>, acesso em: 03 de dez. de 2020.

cem participantes, com duração de até uma hora. As empresas, escolas e outras organizações podem realizar reuniões com até 250 pessoas e ao vivo para até 100 mil espectadores do domínio<sup>6</sup>.

Figura 4: Logo Google Meet.



Fonte: Google Play

Além desses aplicativos é utilizado também o Google Classroom é uma ferramenta de sala de aula online e gratuita. Para abrir a sala de aula é necessária uma conta google, o nome da turma é item obrigatório, outras informações são opcionais como: seção (informações básicas como horário e série/ano), assunto (disciplina ou área do conhecimento) e sala (localização da turma). Nesse aplicativo é possível criar atividades, do tipo tarefa, pergunta ou adicionar material. Para que os alunos tenham acesso à sala de aula no Classroom é necessário convidar os alunos ou fornecer-lhes um código para acesso (INOVAEH, 2019). Na figura 5 é possível observar a logo do Google Classroom.

---

<sup>6</sup> Disponível em: <<https://apps.google.com/intl/pt-BR/meet/how-it-works/>>, acesso em: 03 de dez. de 2020.

Figura 5: Logo Classroom.



Fonte: Google Play

Os aplicativos Google Meet e Google Classroom precisam de uma conta no google para acesso, porém, para os alunos que utilizam o aplicativo “Aula Paraná” os mesmos já estão vinculados para uso. Assim, como o aplicativo Google Forms, disponível para criação de formulários do google.

Essas são algumas das ferramentas tecnológicas utilizadas pelos professores do Estado do Paraná para as aulas online, durante esse período de ensino remoto e educação a distância. Apesar dos inúmeros desafios enfrentados, como a necessidade de aprendizagem rápida de como usar os aplicativos, tanto para os professores, quanto para os alunos. Tais ferramentas também trazem contribuições para as novas práticas de ensino, como explica Cordeiro (2020, p. 5):

A utilização das tecnologias embasadas em metodologias ativas pode favorecer o processo de ensino e aprendizagem de forma mais eficaz e autônoma, com foco no desenvolvimento humano em todas as suas vertentes e voltadas principalmente para a realidade na qual vivenciamos.

As metodologias de ensino tiveram que ser adaptadas à nova realidade educacional, o uso das tecnologias permite que os alunos tenham acesso a uma nova interação com os conteúdos de forma digital (CORDEIRO, 2020). As novas práticas de ensino, a partir do uso de novas tecnologias poderão ser utilizados pelos professores quando retornarem ao ensino presencial, como novas práticas de ensino.

### 3 ONDAS E SUAS PROPRIEDADES

#### 3.1 A LUZ

A luz tem uma grande importância na vida de todo o ser vivo, é fácil evidenciar isso na sua ausência, mais do que em sua presença. Um ambiente sem qualquer fonte de luz pode destacar sua magnitude, pois sem ela não conseguimos enxergar nada ao nosso redor.

Quando nos deparamos com lugares escuros, uma das primeiras reações que temos é de buscar algum tipo de iluminação, seja uma vela, uma lanterna ou algo que possa emitir tal luminosidade. “A importância da luz por si só justifica a necessidade de entender sua natureza e assim compreender mais sobre o mundo no qual vivemos” (MARTINS; PORTO, 2018, p. 18).

Explicar a importância da luz não é uma característica recente da sociedade. Na antiguidade, muitos questionavam sobre a importância da luz, as tentativas de explicação antecedem o pensamento racional, filósofos gregos buscavam desvendar os mistérios dos fenômenos observáveis da natureza (MARTINS; PORTO, 2018).

Na tentativa de sanar dúvidas e indagações que surgiam sobre tal conceito, grandes nomes da ciência discorreram e explanaram sobre tal temática:

Filósofos gregos, como Platão e Aristóteles, já se preocupavam em responder a perguntas do tipo: Por que vemos um objeto? O que é a Luz? Platão por exemplo, supunha que nossos olhos emitiam pequenas partículas que, ao atingir um objeto, tornavam-se visível. Aristóteles considerava a luz um fluido material que se propagava entre o olho e o objeto visto (LUZ; ÁLVARES; GUIMARÃES et al., 2016, p.119).

Dentre os diversos estudos realizados sobre a luz encontra-se a óptica geométrica, um dos ramos da física responsável por estudá-la e por trazer as noções de fenômenos luminosos. “O ramo da física que estuda a luz e os fenômenos luminosos é a Óptica que se subdivide em óptica geométrica que estuda a propagação e o comportamento da luz e óptica física que estuda a natureza da luz” (MARTINS; PORTO, 2018, p. 17).

Figura 6: “Newton observado a propagação retilínea de um feixe de luz que penetra por uma fresta da janela”.

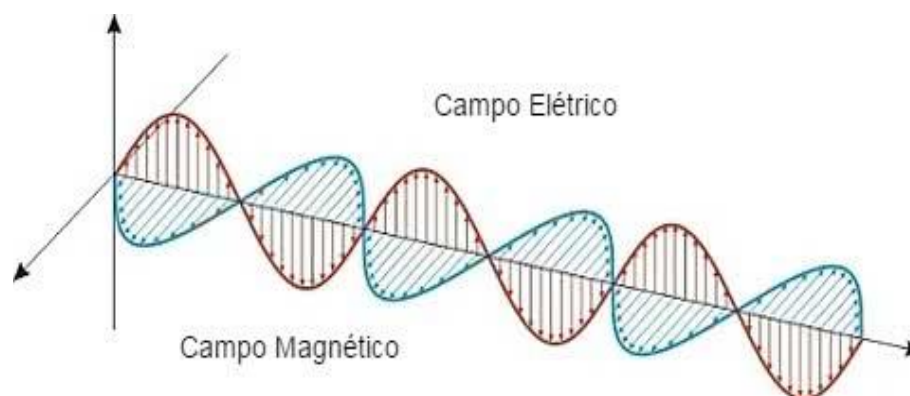


Fonte: (LUZ; ÁLVARES; GUIMARÃES, 2017, p. 119)

Na teoria de James Clerk Maxwell os fenômenos associados à luz podem ser entendidos a partir de eletromagnetismo. Para Maxwell a luz e as radiações infravermelhas e ultravioletas são as únicas ondas eletromagnéticas visíveis, a luz é formada pela propagação de um campo elétrico e um magnético (ALMEIDA, s/a.). Maxwell “preveu ainda a existência de ondas eletromagnéticas em um vasto espectro de frequências, sujeitas às mesmas leis de reflexão, refração e difração que eram conhecidas para a luz visível” (DARTORA; HEILMANN, 2019, p. 11).

Maxwell “encontrou o valor da velocidade  $c$  para o vácuo, com base em cálculos eletromagnéticos e pôde comparar com valores experimentais conhecidos da época” (DARTORA; HEILMANN, 2019, p. 11). A luz pode ser propagada a partir de diversos meios e sofrer alterações de velocidade ao passar de um meio para outro, no vácuo a velocidade máxima equivalente é de  $3,0 \times 10^8$  m/s (NEVES, 2019).

Figura 7: Ondas eletromagnéticas.



Fonte: Toda Matéria<sup>7</sup>

Maxwell “derivou as equações fundamentais do eletromagnetismo, que implicam a existência de ondas eletromagnéticas transversais a propagar-se a uma velocidade fixa, à velocidade da luz” (RIBEIRO et al., 2015, p. 7-8).

A propagação e interação da luz em determinados meios faz com que ela se caracterize como onda eletromagnética, porém em alguns fenômenos, como fotoelétrico a luz é caracterizada como uma partícula, um fluxo contínuo de partículas que transportam energia (NEVES, 2019).

Os físicos russos Alexander Staletov e alemão Heinrich Hertz no século XIX observaram “o efeito fotoelétrico que consiste na emissão de elétrons, por materiais metálicos, quando sobre eles incide um feixe de luz” (MARTINS; PORTO, 2018, p. 43).

Albert Einstein em 1905, apresentou o efeito fotoelétrico, ele propôs uma nova teoria corpuscular fundamentada em pacotes de energia (quanta), “denominou que os elementos de onda cuja energia é compartimentada em quanta de fóton. Cada fóton carrega um *quantum* de luz e a energia  $E$  de cada fóton é proporcional à sua *frequência*  $F$ ” (MARTINS; PORTO, p. 44). “Para Einstein, a luz não era uma onda eletromagnética, mas sim um pacote de energia dotado de características ondulatórias com comprimento de onda  $\lambda$  e corpusculares” (MARTINS; PORTO, 2018, p. 44). Coletivamente os fótons se assemelham às ondas, individualmente se comportam como partículas com energia, velocidade de propagação e certa localização no espaço, podendo colidir com elétron (MARTINS; PORTO, 2018).

<sup>7</sup> Blog Toda Matéria. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/ondas-eletromagneticas/>>, acesso em: 04 de dez. de 2020.

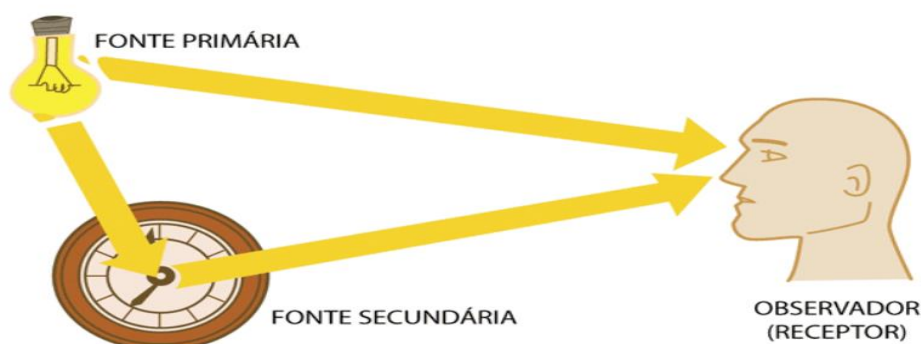
### 3.2 FONTES DE LUZ

Podemos dizer que a reflexão é o fator mais comum da emissão de luz. Geralmente, os corpos refletem a luz que recebem – chamados corpos iluminados, porém há muitas outras causas, por exemplo, um corpo aquecido a partir de determinada temperatura, torna-se luminoso. Na termodinâmica qualquer corpo, a qualquer temperatura, emite radiação eletromagnética (FERNANDES, s/ a.). Reações químicas podem gerar luz, como na chama de uma fogueira ou no piscapisca dos vaga-lumes; reações nucleares geram a luz do Sol e das estrelas.

Fonte de luz é todo corpo que tem a capacidade de emitir luz, todo corpo visível. Alguns corpos emitem luz própria e por isso são denominados de fonte de luz primária, como o Sol, lâmpadas elétricas, vela acesa. As fontes secundárias são corpos iluminados por fontes primárias, ou seja, que não possuem luz própria. As fontes secundárias constituem a classe de todos os objetos que, por reflexão, retransmitem a luz que recebem. Exemplos de fontes secundárias são os planetas e satélites do sistema solar, e de um modo geral todos os objetos que enxergamos que não emitem luz própria (FERREIRA, 2014, p. 12).

As fontes de luz também são classificadas como puntiforme ou extensa. Puntiforme é quando suas dimensões são desprezíveis em relação à distância em que são observadas, por exemplo, as estrelas quando observadas da terra. Extensa é quando suas dimensões não são desprezíveis em relação à distância em que são observadas, por exemplo, a lâmpada fluorescente (FERREIRA, 2014).

Figura 8: Fonte de Luz.



Fonte: Lutiano Freitas (2018).



### 3.3 LUZ E SUA PROPAGAÇÃO

Ao observar os fenômenos ao nosso redor, os objetos presentes em nosso meio, podemos perceber que eles emitem luz, são fontes de luz, assim como o Sol, uma lâmpada ou uma vela acesa, etc. outros que não emitem luz podem ser vistos, pois são iluminados por luz vinda de alguma fonte.

A propagação da luz, pela óptica geométrica, é observada a partir da propagação retilínea, em que num meio homogêneo e transparente se propaga a luz em linha reta (QUARTIERI, 2015). Como quando a luz do sol passa pelas árvores em uma floresta (figura 9).

Figura 9: Luz do Sol entre as árvores.



Fonte: Aulas de Física e Química<sup>8</sup>.

A propagação retilínea é conhecida desde a antiguidade “(...) a lei da reflexão em espelhos planos, e o funcionamento de espelhos côncavos e convexos. Já eram também conhecidas as principais leis da perspectiva - que se baseia na propagação retilínea da luz - e da produção de sombras” (MARTINS; SILVA, 2015, p. 1). Pode-se dizer que a luz se propaga em linha reta, com isso é possível determinar o tamanho e posição da sombra de um objeto sobre um anteparo (MARTINS; SILVA, 2015) (figura 10).

---

<sup>8</sup> Disponível em: <[http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f\\_13.html](http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_13.html)>, acesso em: 04 de dez. de 2020.

Figura 10: Posição da sombra de um objeto.



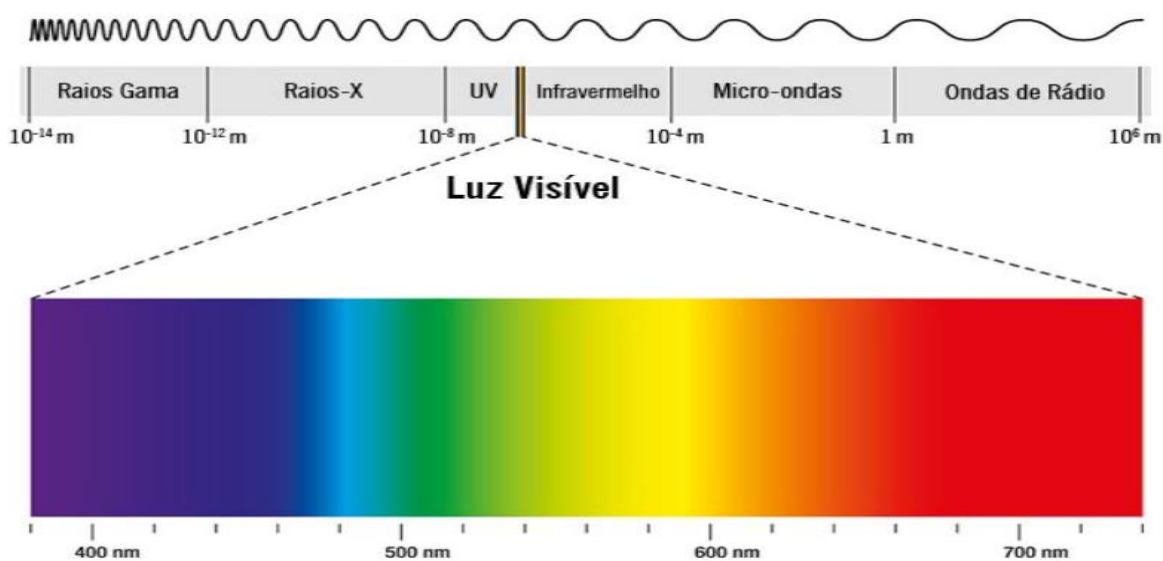
Fonte: Descomplica<sup>9</sup>.

### 3.4 LUZ VISÍVEL: SOL E LUZ

Segundo Guimarães (2013, p. 180) a região do espectro eletromagnético denominada luz visível é gerada por elétrons que, excitados, mudam de estado e ao retornarem ao estado inicial emitem radiação na forma de luz visível.

Sob a luz do Sol os objetos se apresentam nas mais variadas cores: vermelho, azul, verde, etc. (figura 11). Porém, se todos são iluminados pela mesma radiação, como isso ocorre?

Figura 11: Luz visível.



Fonte: Toda Matéria<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Disponível em: <<https://descomplica.com.br/artigo/optica-geometrica-e-espelhos-planos-aprenda-tudo-para-nao-vacilar-na-hora-da-prova/4pJ/>>, acesso em: 04 de dez. de 2020.

Em primeiro lugar, é preciso entender que a luz branca, que recebemos do Sol não é uma radiação monocromática, ou seja, não é formada por uma única radiação. A luz emitida pelo Sol é policromática, composta de várias radiações: vermelha, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta.

As sete cores compõem o espectro de luz visível e estão compreendidas entre as frequências de  $4 \cdot 10^{14}$  Hz, para o vermelho, e  $8 \cdot 10^{14}$  Hz, para a violeta. Os dois valores são aproximados, conforme pode-se observar na tabela 1 e na figura 12.

Tabela 1 - Cores do Espectro visível.

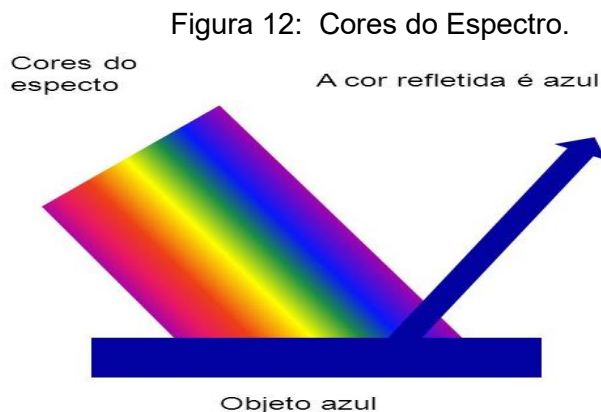
Cores do espectro visível		
Cor	Comprimento de onda	Frequência
vermelho	~ 625-740 nm	~ 480-405 THz
laranja	~ 590-625 nm	~ 510-480 THz
amarelo	~ 565-590 nm	~ 530-510 THz
verde	~ 500-565 nm	~ 600-530 THz
ciano	~ 485-500 nm	~ 620-600 THz
azul	~ 440-485 nm	~ 680-620 THz
violeta	~ 380-440 nm	~ 790-680 THz

Fonte: Portal da Cromoterapia<sup>11</sup>.

Além disso, os objetos não se comportam todos da mesma forma em relação às radiações refletidas. Se algum objeto refletir difusamente pela luz branca, somente o componente verde será visível ao olho humano, se for o azul, será visto apenas o azul e assim sucessivamente. Conforme figura 12.

<sup>10</sup> Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico/>>, acesso em: 04 de dez. de 2020.

<sup>11</sup> Disponível em: <<http://www.artecor.com.br/blog/a-cromoterapia-e-a-luz/cores-do-espectro-visivel-2/>>, acesso em: 04 de dez. de 2020.



Fonte: Ilha do conhecimento<sup>12</sup>.

O corpo branco reflete todas as cores componentes da luz branca e o corpo negro é o que absorve todas as cores que nele incidem. Com isso, vemos que a percepção das cores depende de diversos fatores, como a fonte de luz usada, a luz refletida difusamente e a nossa sensibilidade visual em relação à luz que recebemos.

### 3.5 FOTOMETRIA

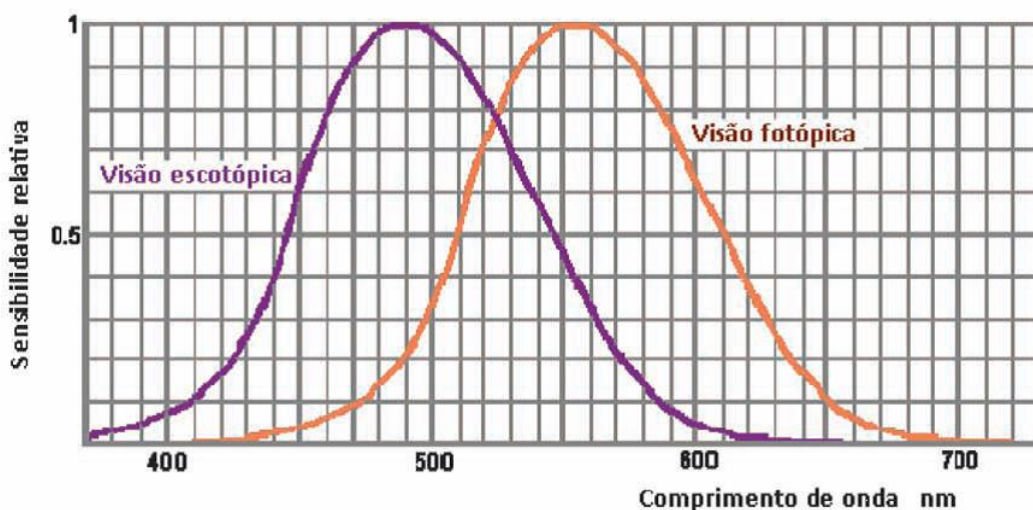
A fotometria é o ramo da ciência que tem por objetivo medir a luz, como a mesma é percebida pelo olho humano, em um intervalo de 360 nm até 730 nm. Tal conhecimento faz-se necessário, pois o olho humano responde de forma distinta para os diferentes comprimentos de onda, dessa forma, os valores medidos devem ser correlacionados com a sensação visual produzida por um olho humano normal exposto à mesma radiação (TOGUINHO FILHO et al., 2009).

A resposta visual humana é restrita a uma pequena faixa do espectro eletromagnético. Esta faixa do espectro está situada entre 380 e 770 nm, dependendo do observador. Para que as medições fotométricas por instrumentos tenham validade é necessário que os instrumentos possuam uma resposta semelhante a do olho humano (TOGUINHO FILHO; et al., 2009, p. 1).

A Comissão Internationale de Éclairage (CIE) estabeleceu uma curva de resposta do observador padrão. Apresentou duas curvas: uma para alta iluminância, visão fotópica e outra para baixa iluminância, visão escotópica, denominada  $V'(\lambda)$  (TOGUINHO FILHO, et al., 2009), conforme figura 13.

<sup>12</sup> Disponível em: <<https://ilhadoconhecimento.com.br/cores-da-natureza/>>, acesso em: 04 de dez. de 2020.

Figura 13: Curva de sensibilidade do olho.



Fonte: Voltimun (2017)<sup>13</sup>.

Malandrin (2011) explica que a fotometria trata sobre a intensidade das fontes luminosas. A intensidade luminosa equivale ao fluxo luminoso, que é emitido por unidade de ângulo sólido. “A intensidade será representada aqui pela letra  $I$  e sua unidade de medida é a candela, que é o mesmo que lúmen dividido por esferorradiano” (MALANDRIN, 2011, p. 3). Dessa forma, apresenta-se a seguinte equivalência entre as unidades de medida envolvida:

$$cd = \frac{lm}{sr} = lm = nW \quad (1)$$

Malandrin (2011, p. 4) define Candela e Esferorradiano:

- Candela: é a intensidade luminosa emitida por uma fonte de luz monocromática de frequência  $f = 540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ , que é a frequência da luz verde, cor cuja capacidade de absorção do olho humano é maior.
- Esferorradiano: ângulo sólido “ $w$ ” que, tendo vértice no centro de uma esfera subtende na superfície uma área “ $A$ ” igual ao quadrado do raio “ $r$ ” de uma esfera).

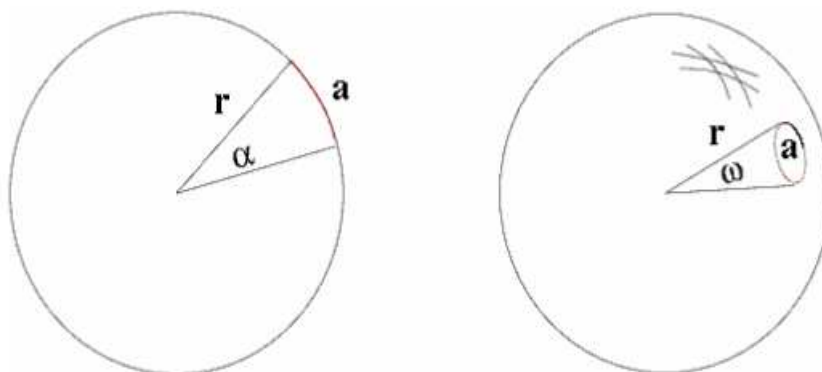
Dessa maneira, conclui-se as seguintes relações:

$$W = \frac{A}{r^2} = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi(sr) \quad (2)$$

<sup>13</sup> Disponível em: <<https://www.voltimun.pt/artigos/artigos-tecnicos/eficiencia-energetica-2>>, acesso em: 04 de dez. de 2020.

“Um ângulo sólido representa o ângulo cônico definido a partir do centro de uma esfera, normalizado pela razão entre a área da calota esférica  $A$  e o quadrado do raio  $r$  da esfera” (TOGUINHO FILHO, et al., 2009, p. 1).

Figura 14: Definição do ângulo plano  $\alpha$  em relação ao arco de uma circunferência de raio  $r$ , e do ângulo sólido  $\omega$  em relação à área  $A$  em uma esfera de raio  $r$ .



Fonte: Toguinho Filho (2009, p. 2).

Toguinho Filho et al. (2009, p. 2) apresenta alguns conceitos das grandezas da Física associados à fotometria e suas unidades:

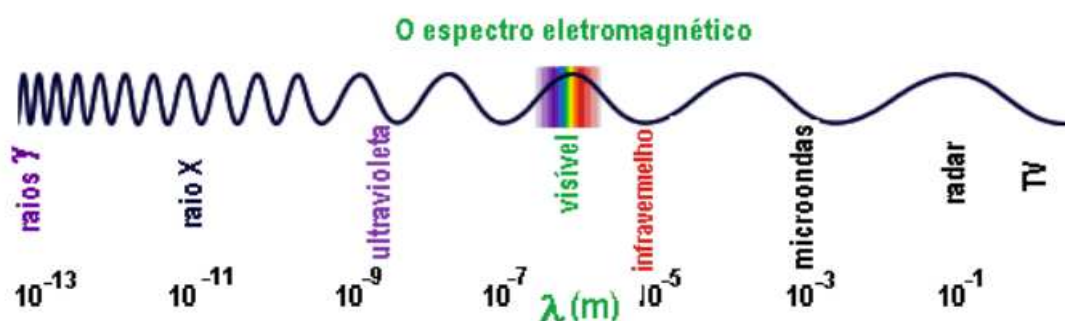
1. Energia – unidade derivada do SI, medida em joules (J).
2. Potência luminosa (fluxo luminoso) - unidade derivada do SI, é a taxa de fluxo da energia luminosa por unidade de tempo ( $\phi_v$ ), chamada lúmen (lm), sendo análoga à unidade de fluxo radiante (watt).
3. Intensidade luminosa - unidade básica do SI, é a potência luminosa por unidade de ângulo sólido ( $I_v$ ), medida em lm/sr, chamada candela (cd).
4. Iluminância (densidade do fluxo luminoso) - unidade derivada SI, é a potência luminosa incidente em uma superfície, por unidade de área ( $E_v$ ), medida em lm/m<sup>2</sup>, chamada lux (lx).
5. Luminância - potência luminosa por unidade de área projetada por unidade de ângulo sólido ( $L_v$ ), medida em lm/m<sup>2</sup>.sr, chamada Nit. Unidade utilizada para caracterizar emissores planos brilhantes ou superfícies refletoras.

Além desses conceitos, é necessário compreender o que é fonte puntiforme, ou pontual, que é quando suas dimensões são desprezíveis em relação ao ambiente ou uma fonte representada por um único ponto emitido por infinitos raios de luz (MALANDRIN, 2011).

### 3.6 LEIS DA FOTOMETRIA

A ciência da Física permite que as propriedades da luz, por exemplo das estrelas, sejam identificadas como: brilho, cor, sua composição química, temperatura, densidade, estrutura interna e outras informações (MÜLLER; SARAIVA; FILHO, 2001). O Espectro Eletromagnético serve como base para alguns cálculos da fotometria:

Figura 15: Espectro eletromagnético, seu comprimento de ondas ( $\lambda$ ) em metros.



Fonte: (MÜLLER; SARAIVA; FILHO, 2001).

O espectro eletromagnético, desde a radiação gama até as ondas de rádio, é utilizado como instrumento para observações astronômicas. Para identificar informações sobre a natureza física da fonte, através do estudo da distribuição de energia da radiação, apresenta-se a seguinte grandeza física, de acordo com Müller, Saraiva e Filho (2001, p. 3):

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$c = \lambda \nu$$

Onde:

$\lambda$  = comprimento de onda,

$\nu$  = frequência de onda,

$c \cong 300\ 000$  km/s, velocidade da luz no vácuo.

“O comprimento de onda da radiação visível vai aproximadamente de 3.900 Å (violeta) até cerca 7.800 Å (vermelho)” (MÜLLER; SARAIVA; FILHO, 2001, p. 3).  
Conforme figura abaixo:

Figura 16: Características das radiações componentes do espectro visível. Como as cores são subjetivas, pois dependem da sensibilidade de cada olho humano, a definição é um pouco arbitrária.

<b>Cor</b>	<b>Comprimento de onda (Å)</b>	<b>Frequência (10<sup>12</sup> Hz)</b>
violeta	3900 - 4550	659 - 769
azul	4550 - 4920	610 - 659
verde	4920 - 5770	520 - 610
amarelo	5770 - 5970	503 - 520
laranja	5970 - 6220	482 - 503
vermelho	6220 - 7800	384 - 482

Fonte: Müller, Saraiva e Filho (2001, p. 3).

Quando se trata de radiação a grandeza típica é uma constante chamada Intensidade Específica Monocromática  $I_v$ . O ângulo plano é caracterizado como a razão entre o arco e o raio de um círculo. Já o ângulo sólido é compreendido pela razão entre o elemento da área na superfície da esfera e seu raio ao quadrado (MÜLLER; SARAIVA; FILHO, 2001), conforme Figura 14:

Ângulo plano  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{a}{r}$$

Ângulo sólido  $\omega$ :

$$\omega = \frac{A}{r^2}$$

“O maior ângulo plano é aquele que subentende toda a circunferência do círculo, e vale  $2\pi$  radianos; o maior ângulo sólido subtende toda a área superficial da esfera, e vale  $4\pi$  esferorradianos (sr)” (MÜLLER; SARAIVA; FILHO, 2001, p. 4).

Já a intensidade Monocromática  $I_v$  é a quantidade de energia  $dE$ , por quantidade de tempo  $dt$ , por unidade de ângulo sólido  $d\omega$ , em um intervalo de



frequências  $dv$ , ao longo de certa direção  $\theta$ , conforme explica Müller, Saraiva e Filho (2001, p. 4):

$$I\nu|d\nu| = I\lambda|d\lambda| \quad (1.1)$$

O fluxo monocromático  $F\nu$  é a energia por unidade de tempo, intervalo de frequência e área que chega a ao detector.

$$F\nu = dEI(dt d\nu dA) \quad (1.2)$$

Quanto ao brilho aparente, expresso em termos de magnitude aparente  $m$  a definição é dada da seguinte forma:

$$m = -2,5 \log F + const \quad (2.1)$$

Para apresentar a intensidade luminosa “ $I$ ” quando produzida sobre uma superfície é diretamente proporcional à intensidade de foco e inversamente proporcional ao quadrado da distância, utiliza-se a seguinte equação de acordo com Malandrin (2011, p. 5):

$$I = \int \Phi dA = k \quad (3.1)$$

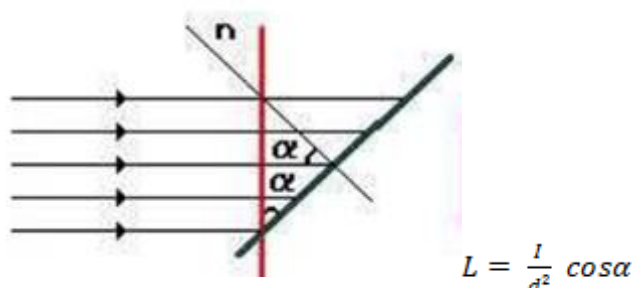
$$I = 4\pi d^2 \Phi \quad (3.2)$$

$$\Phi(d) = \frac{I}{4\pi d^2} \quad (3.3)$$

Nota-se que quando duas fontes de luz produzem a mesma intensidade em uma divisão, as intensidades de cada uma são proporcionais ao quadrado da distância entre a fonte luminosa e o anteparo. Para que os pontos da superfície apresentem a mesma luminosidade, o tamanho dela deve ser pequeno, a fonte deve

ser pequena para ser pontual. A luminosidade de uma superfície pode não ser normal, mas formar um ângulo com relação à direção perpendicular, dessa forma “a luminosidade produzida é igual ao produto da luminosidade normal pelo cosseno do ângulo formado pela direção de incidência e a normal à superfície” (MALANDRIN, 2011, p. 6).

Figura 17: Iluminação em uma superfície.



$$L = \frac{I}{d^2} \cos \alpha \quad L = \frac{I}{d^2} \cos \alpha \quad (3.4)$$

Fonte: Malandrin (2011, p. 6).

A luz quando é emitida igualmente em todas as direções, se expande esfericamente, como se a fonte estivesse centralizada em uma esfera “composta de  $4\pi$  ângulos sólidos unitários. O raio aumenta conforme a luz se propaga. A energia que atravessa a unidade de área da fonte, por unidade de tempo e por unidade de ângulo sólido, é chamada de intensidade específica” (MALANDRIN, 2011, p. 6).

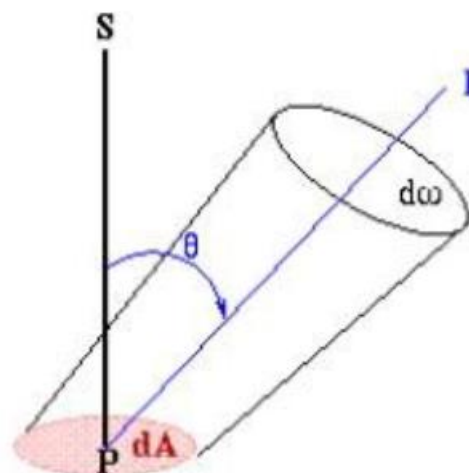
$$I_{\perp} = \frac{dE}{dt dA d\omega} \quad (3.5)$$

Não é sempre que a energia se propaga como num feixe de laser, nesse caso, a energia atravessa a unidade de área e é a mesma em todas as direções, dependendo do ângulo “ $\Theta$ ” entre a direção da propagação e a normal à área.

$$I_{\nu} = \frac{dE \cos \theta}{dt dA d\omega d\nu} \quad (3.6)$$

A intensidade específica não depende da distância da fonte luminosa.

Figura 18: Intensidade S diferente de I.



Fonte: Malandrin (2011, p. 6).

Na ilustração apresentada, a intensidade na direção de S é diferente do que a representada na direção de I. A intensidade específica medida em  $\text{Jm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}\text{Hz}^{-1}$  no sistema MKS e na unidade  $\text{erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}\text{Hz}^{-1}$  no sistema ergs.

A “Intensidade de um foco luminoso: O olho humano é sensível aos contrastes da luz, fato que faz com que a observação visual nos permita distinguir a intensidade luminosa, embora comparações entre intensidades sejam aproximadas”. O fluxo luminoso é o produto da iluminação normal de uma superfície por uma área iluminada e a eficiência luminosa é o quociente entre o fluxo luminoso e a potência consumida (MALANDRIN, 2011, p. 6).

Podemos também definir a intensidade específica monocromática por intervalo de comprimento de onda, lembrando que, por definição:

$$I\nu|d\nu| = I\lambda|d\lambda| \quad (3.7)$$

A intensidade específica integrada em todo o espectro de frequências é dada por:

$$I = \int_0^{\infty} I\nu d\nu = \int_0^{\infty} I\lambda d\lambda \quad (3.8)$$

### 3.7 FLUXO

O fluxo  $F$ , que é a energia por unidade de área e por unidade de tempo que chega ao detector, e é o que se mede em certa frequência, em um ponto e em uma dada direção, essa quantidade líquida de energia radiante cruzando a unidade de área, por unidade de tempo, e por intervalo de frequência e dada por (FILHO; SARAIVA, 2007, p. 1):

$$dF_v = \frac{dE \cos \theta}{dA dt dv} = I_v \cos \theta d\omega \quad (3.9)$$

Escrevendo o ângulo sólido explicitamente indicado:

$$F_v = \int I_v d\omega = \int_0^{2\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} I_v \cos \theta \sin \theta d\theta d\phi \quad (3.10)$$

O fluxo integrado no espectro das frequências é dada:

$$F = \int_0^{\infty} F_v dv = \int_0^{\infty} F_\lambda d\lambda \quad (3.11)$$

O fluxo, determina a potência através da fluxo superfície, e é dada pela unidade  $\text{erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , ou  $\text{watts/m}^2$ . Ao contrário da intensidade específica, o fluxo de radiação cai com o quadrado da distância, de forma que o que chega na Terra é muito menor do que o fluxo na superfície do astro, estando diluído por um fator de  $r^{1/2}$ . Para uma estrela esférica de raio  $R$ , o fluxo na superfície será:

$$F(R) = \frac{L}{4\pi R^2} \quad (3.12)$$

Com  $L$ , luminosidade e a energia total emitida por segundo em todas as direções.

$$L = 4\pi r^2 F(r) \quad (3.13)$$

O fluxo a uma distância  $r$  da estrela será:

$$F(r) = \frac{L}{4\pi r^2} \quad (3.14)$$

O fluxo  $F(r)$  é o fluxo integrado sobre toda a superfície da estrela, e a luminosidade da estrela  $L$  pode ser determinada diretamente multiplicando o fluxo dela proveniente pela área sobre a qual o fluxo se distribui, integrado sobre todas as frequências. Para objetos grandes porém não têm aparência de estrela, podemos definir o brilho superficial e que é o fluxo captado pelo observado dentro de um ângulo sólido unitário. Com uma área coletora de energia de um objeto com um determinado fluxo, de modo que o objeto parece mais brilhante quando visto pelo olho humano (FILHO; SARAVIA, 2007). Se uma estrela (Sol) tem um fluxo  $F_t$ , então aparecerá com um fluxo do objeto  $F_o$ , sendo dado por:

$$\frac{F_t}{F_o} = \frac{(Dt)^2}{(Do)^2} \quad (4.1)$$

A energia que atinge a Terra por unidade de área e de tempo, por definição de fluxo, é de:

$$F = \frac{L}{4\pi r^2} \quad (4.2)$$

Onde  $r$  é a distância do Sol à Terra, de 1 unidade astronômica (UA) de aproximadamente de 150 milhões de km,  $L = 3,9 \times 10^{33}$  erg/s. A Potência luminosa interceptada pela Terra, que tem uma seção reta  $\pi R^2$ , onde  $R$  é o raio da Terra  $R = 6400$  km, é dada por:

$$P = \pi R^2 F = \pi R^2 \frac{L}{4\pi r^2} \quad (4.3)$$

Considerando a rotação da Terra, o fluxo médio incidente é obtido dividindo a potência interceptada na Terra pela área total da Terra:

$$F = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{L}{16\pi r^2} = 3,5 \times 10^5 \text{ ergs s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \quad (4.4)$$

A Terra absorve 61% da luz incidente, refletindo os outros 39%. A energia absorvida aquece a Terra, que irradia como um corpo negro a uma taxa por unidade de área (MÜLLER; SARAIVA; FILHO, 2001). Será:

$$\sigma T^4 = 0,61F \quad (5.1)$$

O que resulta uma temperatura para a Terra de:

$$T = 249 \text{ K}$$

A distância para a luz mais brilhante é de 1,4 vezes a distância até a luz mais fraca. A luz é um dos muitos fenômenos que variam inversamente com o quadrado da distância da fonte. Considerando as equações acima onde  $P_1$  é a potência de uma fonte luminosa e  $P_2$  de outra, temos:

$$\frac{P_1}{4\pi R^2} = \frac{P_2}{4\pi r^2} \quad (6.1)$$

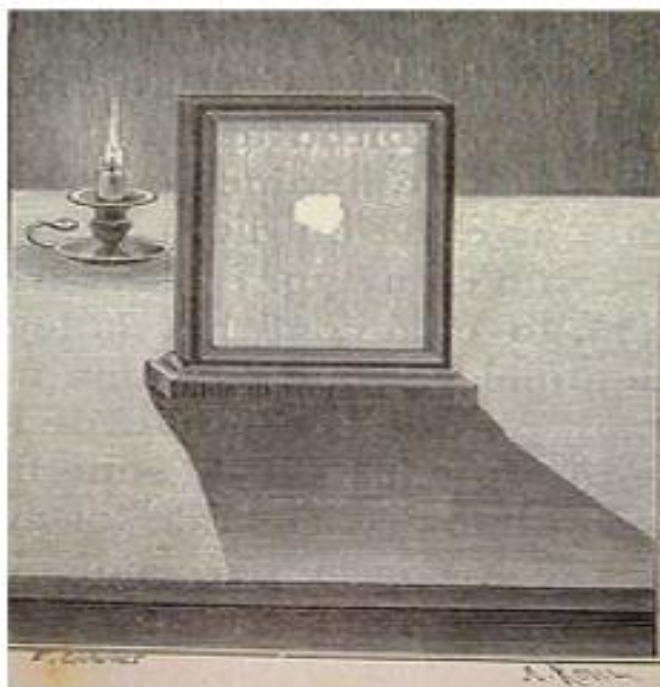
Com  $P_1$ , potência do Sol de raio  $R$  e  $P_2$ , potência de uma fonte luminosa de raio  $r$ .

### 3.8 O FOTÔMETRO DE BUNSEN: COMPARANDO INTENSIDADE DE DUAS FONTES DE LUZ

Robert Wilhelm Eberhard von Bunsen (1811-1899) químico alemão. “Em 1859, Bunsen desenvolveu um queimador no qual se observava a intensidade de emissão dos elementos de forma mais evidente” (NUNES, 2013, p. 1).

O fotômetro de Bunsen constitui-se da experiência original com o uso de papel branco com uma mancha de azeite e uma vela posicionada atrás do papel e a observação de um clareamento na mancha, em relação ao restante do papel (MALANDRIN, 2011).

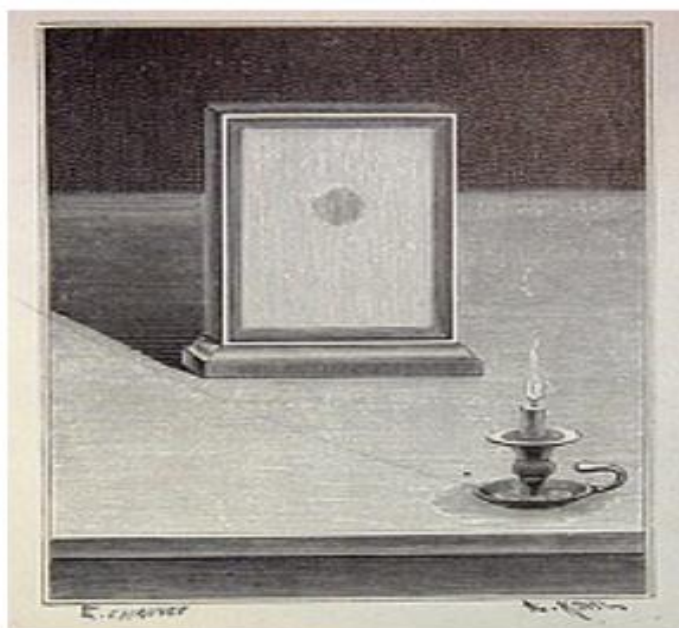
Figura 19: Ilustração 1 do Fotômetro de Bunsen.



Fonte: Malandrin (2011, p. 8).

Quando a vela é posicionada à frente do papel, observa-se um escurecimento da macha em relação ao restante do papel (MALANDRIN, 2011).

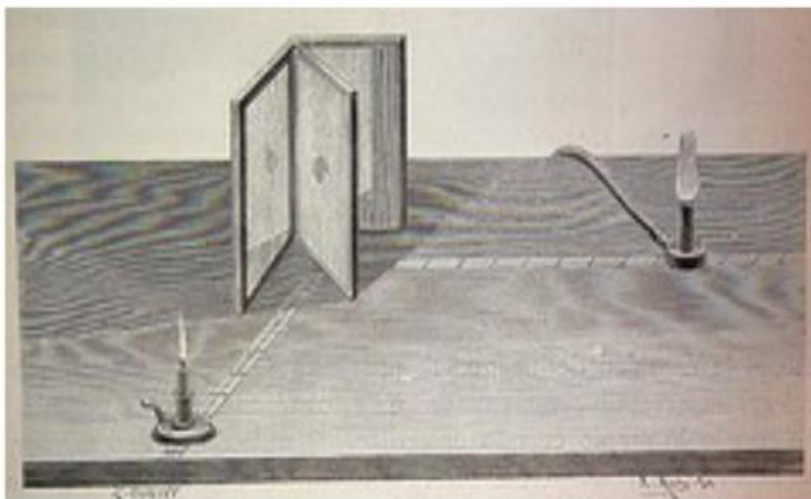
Figura 20: Ilustração 2 do Fotômetro de Bunsen.



Fonte: Malandrin (2011, p. 9).

Quando utilizadas duas velas iguais e à mesma distância do papel (entre as velas) observa-se ausência da mancha (MALANDRIN, 2011).

Figura 21: Ilustração 3 Fotômetro de Bunsen.



Fonte: Malandrin (2011, p. 9).

Dessa forma conclui-se:

- A luminosidade diminui com o quadrado da distância à fonte de luz;
- A luminosidade é máxima quando os raios de luz incidem perpendicularmente;
- Um objeto é iluminado quando recebe luz ou é uma fonte de luz;
- Nossa visão nos permite realizar uma análise comparativa entre dois objetos iluminados;
- Quanto mais perto de uma fonte luminosa um objeto está, mais luz ele recebe;
- Pode-se afirmar que dois objetos têm mesma intensidade luminosa quando, dispostos na mesma configuração em relação (MALANDRIN, 2011, p. 9-10).

O objeto sob as mesmas condições de distância e ângulo de incidência, iluminam da mesma forma o objeto (comparado na experiência de Bunsen quando temos a sensação de que a mancha de óleo desaparece, figura 17). (MALANDRIN, 2011).



#### 4 PRODUTO EDUCACIONAL

Os produtos educacionais têm como objetivo facilitar o processo de ensino e aprendizagem, por meio de novas abordagens e tecnologias, as quais permitem maior autonomia e podem impulsionar a criticidade e a reflexão dos discentes, bem como a construção dos conhecimentos científicos.

O produto educacional e a prática pedagógica, quando aproximados, possibilitam uma discussão de estudos críticos que abordam o “currículo como produção das escolas, mediando pedagogicamente o social e o político” (LOPES, 2007, p. 206, apud MOREIRA et al., 2018, p. 358), ampliando para a citação de produtos autorais dos profissionais da educação. É preciso ter em mente que o incentivo a criação de um produto educacional contribui para que o professor repense sua prática pedagógica, introduzindo competências diferenciadas das que se tem trabalhado para ensino dos componentes curriculares.

Assim, o professor, após seu processo de reflexão motiva-se para sua prática docente, fazendo com que seu aluno ganhe nesse processo. A prática pedagógica constitui-se (ou não) como um espaço interdisciplinar, exigindo a construção de saberes para além dos técnicos – científicos, nas estratégias como um desafio a ser enfrentado pelos educadores na dinâmica da reprodução ou transformação dos saberes (GAUTHIER, 1998).

O Produto Educacional abordado, foi organizado em uma sequência didática para facilitar o entendimento e buscar uma relação de proximidade entre a teoria e a prática no cotidiano, partindo dos conhecimentos prévios dos alunos em relação a física, enfatizando a importância da aprendizagem significativa no ensino da física em uma abordagem nos conteúdos da fotometria e da luz no ensino médio, sendo aulas teóricas/práticas por meio de ensino remoto, mas que poderia também ser aplicado em sala de aula presencialmente ou em um laboratório de ciências.

A sequência didática foi organizada em quatro momentos:

1ª Etapa - Retomando conceitos e apresentando o Fotômetro

2ª Etapa - Construindo o Fotômetro

3ª Etapa - Explorando o Fotômetro

4ª Etapa - Esclarecimentos e discussões

A sequência didática com atividades desenvolvidas durante as aulas remotas ou presenciais possuem um roteiro para cada atividade contendo procedimentos didáticos no qual os alunos deverão seguir para a realização das mesmas. Ao final de cada uma destas etapas poderão surgir dúvidas e serão esclarecidas pelo professor ao longo de cada aula, promovendo, assim, uma aprendizagem significativa ao longo da aplicação.

Os materiais utilizados nas atividades serão organizados pelo professor e ou disponibilizados uma lista prévia para que os alunos possam obter com baixo custo e dividir em grupos quando estes estiverem em aulas presenciais.

#### 4.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

##### **1ª Etapa: 01 aula (50 minutos) – Retomando conceitos e apresentando o Fotômetro**

###### Atividade 1:

A aula será iniciada organizando os conhecimentos prévios de Luz e sua forma de propagação, revisando todo um contexto histórico de como se originam. Partindo de conhecimentos empíricos do aluno até o científico.

Esta primeira atividade pode ser desenvolvida por meio de uma aula expositiva dialogada a partir da utilização de Slides, abordando os seguintes temas:

- A ideia da luz nos princípios filosóficos;
- A teoria da luz ser composta por partículas pequenas;
- O contexto contemporâneo de feixes;
- A luz como uma energia radiante (ondas eletromagnéticas), dada pela verificação experimental de sua teoria com os efeitos elétricos e magnéticos.
- A frequência e velocidade da luz;
- A luz visível e invisível ao olho humano;
- A forma das independências dos raios de luzes;
- A importância devida a essa energia para os seres terrestres;
- Abordar cada uma das pessoas que contribuíram para o esclarecimento do contexto da luz.

### Atividade 2: Extraclasse

1. Sugestão de um vídeo tutorial de como montar os itens que compõe o kit do fotômetro que pode ser postado no *Google classroom* ou com link no *youtube*;
2. Um Resumo postado no *Google classroom* dos temas abordados na aula;
3. Uma orientação no final da aula para os alunos lerem o resumo e assistirem ao vídeo tutorial de montagem dos kits para o desenvolvimento do fotômetro na 2ª etapa da sequência didática.

### 2ª Etapa: 01 aula (50 minutos) – Construindo o Fotômetro

A aula será iniciada apresentando os materiais e ferramentas necessários para a montagem dos kits que farão parte da construção do Fotômetro.

Para tal construção serão necessários os seguintes materiais:

Tabela 2 - Materiais utilizados para o Fotômetro.

Quantidade	Materiais
01	Mesa para apoiar o experimento.
01	Folha de sulfite branca.
01	Lâmpada incandescente de 150 w.
01	Lâmpadas incandescentes de 120 w.
02	Lâmpadas incandescentes de 100 w.
01	Lâmpada incandescente 70 w.
01	Lâmpada incandescente 60 w.
01	Lâmpada fluorescente de 23 w.
01	Lâmpada fluorescente de 9 w.
02	Lâmpadas usadas sem identificação de características.
04	Bocais/soquetes (tipo plafonier pequenos).
01	Fio duplo 1,5 mm de 2 m.
04	Pinos de tomadas (machos)
01	Extensão elétrica.
01	Régua de energia.

01	Fita métrica ou régua de 100 cm.
01	Régua de 30 cm.

Fonte: Autoria própria.

Figura 22: Lâmpadas de diferentes características



Fonte: Autoria própria.

Figura 23: Bocais (plafonir pequenos) construídos.



Fonte: Autoria própria.

Figura 24: Extensões e régua de energia.



Fonte: Autoria própria.

Figura 25: Réguas e Fita Métrica.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 - Materiais e ferramentas utilizados na construção do Fotômetro.

<b>Quantidade</b>	<b>Materiais e Ferramentas</b>
01	Chave Philips.
01	Chave de Fenda.
01	Alicate.
01	Fita Adesiva (Opcional).
01	Tesoura
01	Toalha pequena
01	Óculos de proteção
01	Um copo pequeno de óleo
01	Um cartão de papel sulfite com uma macha de óleo

Fonte: Autoria própria.

Figura 26: Materiais e Ferramentas



Fonte: Autoria própria.

Lembrando que os materiais e ferramentas apresentados podem ser divididos entre os alunos e/ou equipes que realizaram o fotômetro, proporcionando a divisão dos custos entre os membros que participarão das atividades. O professor pode sugerir que os alunos utilizem materiais que tenham em suas residências sem precisar efetuar a compra de muitos dos itens listados.

**Sugestão:** Como orientado na 2ª atividade da 1ª etapa o professor pode criar um vídeo tutorial com o passo a passo da montagem dos kits com o intuito de agilizar a construção do fotômetro. Ou esta montagem pode ser mediada pelo professor em sala de aula presencialmente ou de forma remota.

Para realizar a montagem de um kit do Fotômetro, começamos:

- Corta-se o fio duplo de 1,5 mm de espessura e 2 m de comprimento em quatro pedaços com 0,5 m de comprimento, conectando em uma das extremidades dos pedaços dos fios um bocal (plafonier pequeno) e na outra um pino de tomada.
- Coloque em três dos bocais, duas lâmpadas de 100 w e uma lâmpada de 60 w, apoiados em uma mesa, fixar dois dos bocais e separando-os com a régua ou fita métrica a uma distância de 100 cm uma da outra, a partir do centro do bulbo de cada lâmpada e ao lado de uma das duas extremidades fixar também o conjunto com a lâmpada de 60w, de modo que necessite retirar do de um dos bocais a lâmpada quente de 100w.
- Use a fita adesiva para fixar bem os bocais com as lâmpadas na mesa de apoio, para posicionar bem as lâmpadas a distância desejada para realizar o experimento.
- Cortamos o papel sulfite ao meio, criando os cartões de mesmas dimensões.
- Molhe a ponta do dedo na porção de óleo que se encontra no copo pequeno e em seguida, passe o dedo molhando cuidadosamente no centro de um dos lados do pedaço do papel sulfite com 1 cm no máximo, 2 cm de diâmetro, para criar um cartão de observação, use a toalha para limpar o excesso de óleo restante no dedo para não espalhar.
- Ligue os pinos dos dispositivos das lâmpadas na régua de energia, e conecta a régua a extensão antes de ligar na tomada.
- Ligar a extensão elétrica, conectando a uma tomada com tensão elétrica que é determinada nas características de funcionamento das lâmpadas.

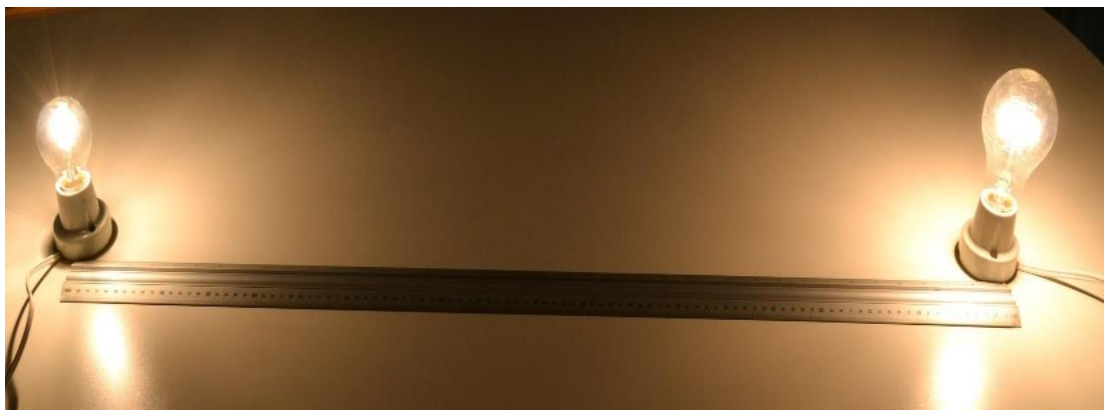
### 3ª Etapa – 01 aula (50 minutos) – Explorando o Fotômetro

Essa técnica utilizada no fotômetro de mancha de óleo pode comparar o brilho de duas fontes de luz, sendo uma com características desconhecidas dos fabricantes de lâmpadas, sendo possível encontrar assim essas características.

Podemos comparar também uma lâmpada fluorescente compacta de baixa potência, mas que nos dá muita luz (brilho) com uma lâmpada incandescente de maior potência do outro lado do fotômetro. Além de ver a diferença do brilho é possível medir seus valores numéricos (características do fabricante). Basta mudar a posição do cartão com a mancha de óleo, observando que quanto mais próxima da lâmpada estiver o cartão, menor será sua potência.

É possível também comparar uma lâmpada de maior potência, cuja suas características já são conhecidas suas características com a luz (potência) do Sol, movendo o cartão ao longo da régua, em uma posição que o ponto de óleo chega desaparecer. Sendo assim, aplicando a regra de proporcionalidade do inverso do quadrado das distâncias em relação suas potências, medir a potência do Sol.

Figura 27: Fotômetro de baixo custo



Fonte: Autoria própria.



Figura 28: Aplicação do fotômetro de mancha de óleo a tarde: Lâmpada x Sol



Fonte: Autoria própria.

#### Atividade:

Comparando a irradiância da potência luminosa em uma determinada área de diferentes fontes de luzes explorando a teoria do inverso do quadrado das distâncias, com medidas qualitativas e quantitativas e também a eficiência luminosa entre as lâmpadas incandescentes e fluorescentes.

1. Segure o cartão diretamente no caminho entre duas lâmpadas de iguais potências de modo que o lado do cartão fique de frente para uma das luzes. Ajuste a posição do cartão olhando o ponto de óleo;
2. Entre as lâmpadas mova o cartão primeiro aproximando de uma das luzes, observando que a luz passa com maior intensidade pelo ponto de óleo e quando afasta esse ponto fica mais escuro.
3. Isso acontece enquanto você move o cartão para frente e para trás entre as lâmpadas.
4. Mova o cartão entre as lâmpadas onde a mancha de óleo fica perto de desaparecer em relação a distância entre as lâmpadas.

5. Substitua em um dos lados a lâmpada de 100w por uma de 60w, o aluno verá que quanto menor a potência mais próximo dessa lâmpada o ponto de óleo chega desaparecer.
6. Com a relação de proporcionalidade entre a potência de uma lâmpada e o inverso do quadrado da distância entre a lâmpada e o cartão, verificará a teoria.
7. Posicione uma lâmpada incandescente em um dos lados e uma fluorescente no outro e observe a eficiência em relação a posição do cartão.
8. Com o objetivo de medir a irradiância do Sol, posicione uma lâmpada de 150w na extremidade da régua e compare a distância entre a lâmpada e o cartão no momento que o ponto de óleo desaparece.
9. Relacione a relação de proporcionalidade da teoria do inverso do quadrado da distância, poderá ter aproximadamente a potência do Sol.

#### 4ª Etapa – 01 aula (50 minutos) – Esclarecimentos e discussões

Podendo fazer diferentes comparações entre diferentes fontes de luz com potências diferentes na etapa 3, verificará que a mancha de óleo terá a funcionalidade de um fotômetro de óleo. Todas as observações serão anotadas e tabeladas para fique registrado os dados e os cálculos, para essa etapa de discussão e esclarecimento das dúvidas e também novas ideias de aplicação.

Tabela 4 - Experimento de estimativa de potências: resultados.

Lâmpada usada como padrão			Lâmpada usada como amostra			
Tipo de lâmpada	Potência(W)	Distância papel-lâmpada (m)	Tipo de lâmpada	Potência(W)	Distância papel-lâmpada (m)	Calculado Potência (W)

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 - Resultados de experimentos de energia solar.

Nome do professor				
Escola				
Dia e hora				
Tipo de Medição	Fontes de luzes		Resultados	
Experimento 1: Mancha de óleo	Tipo de lâmpada	Potência indicada (W)	Distância papel-lâmpada (m)	Calculado Energia solar (W)
Experimento 2: Até ao cartão	Tipo de lâmpada	Potência indicada (W)	Distância cartão (m)	Calculado Energia solar (W)

Fonte: Autoria própria.

1. Com os dados obtidos e quantitativamente comprovados.
2. Com os dados obtidos e qualitativamente comparados.
3. Discussão dos resultados.
4. Esclarecendo e retomando as teorias.
5. Abertura para ampla discussão.
6. Um fórum de debate.

De acordo com a proposta apresentada, tais atividades podem ser aplicadas em sala de aula, pátio do colégio e também no laboratório.

São experimentos simples de manipular e trabalhar de forma diferente do tradicional, tornando o ensino de física mais agradável e adequado a um processo de construção do conhecimento científico.

## 4.2 RELATO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Aos 21 dias do mês de outubro de 2020, na plataforma *Google classroom* deu-se o início da apresentação, interação e aplicação do produto educacional “Aprendizagem significativa de ondas eletromagnéticas: comparando fontes de energia”, para alunos da segunda série do ensino técnico em Agropecuária do Colégio Agrícola Estadual Manoel Moreira Pena em Foz do Iguaçu.

Devido à pandemia do Covid-19, os alunos estavam afastados da sala de aula, interagindo apenas por novas mídias, sendo usado a mesma plataforma que o governo estadual utilizado para interagir com todos os alunos, *Google classroom* e *Google meet* para vídeo chamadas.

Figura 29: Imagem da sala do Google Classroom



Fonte: Autoria própria.

No momento atual foi feito o convite para interagir com três turmas da segunda série do médio do Colégio, porém, apenas 23 alunos se dispuseram a acompanhar e a interagir com o projeto apresentado. O mesmo foi tralhado no

contra turno escolar em período noturno. Na sala criada no espaço virtual *Classroom*, foi disponibilizado para os alunos um roteiro de acompanhamento até a aplicação do experimento, junto com um vídeo explicando o funcionamento do produto educacional, exposto também um material de revisão a respeito do conceito de luz e sua forma de propagação. O tempo de interação contemplou quatro encontros de uma hora, que equivalem a quatro aulas em um momento normal da semana de aula.

No primeiro encontro via *Google meet*, foi trabalhado por meio de slides, explicações e discussões de conteúdos a respeito da luz, sua origem, sua propagação, e as condições que o ser humano pode observar essa condição de luminosidade através dos seus comprimentos de ondas. Os alunos interagiram, perguntando e compartilhando experiências e dúvidas do cotidiano, no final da aula foi pedido que todos assistissem ao vídeo postado do produto feito pelo professor no *classroom* para discussão na aula seguinte.

No segundo encontro foram apresentados os materiais necessários para confeccionar o fotômetro de modo compacto e simples de fazer. Logo foi realizado o experimento de comparar duas fontes de luzes de mesmas potências e transmitido através do notebook e também posicionando a câmera do celular para melhorar a visão dos alunos em relação ao experimento. Finalizada a apresentação, foi aberto um momento para discussão e para tirar dúvidas. Na sequência seguimos para parte matemática do projeto, visando calcular a potência de uma lâmpada usada, que não apresentava suas características de fábrica, por meio de uma proporção e relação de fotometria. Já tendo conhecido o funcionamento do produto educacional, dando assim a possibilidade de medir a potência do Sol, usando os mesmos procedimentos.

Feito a análise da teoria e prática referente ao propósito do produto educacional, foi lançado aos alunos o desafio de realizá-lo em suas residências, tomando todo o cuidado no uso da energia elétrica, tendo por base o que foi apresentado até o momento, medir em um dia de Sol, a sua potência.

No terceiro encontro, dois alunos relataram que fizeram o experimento, anotando todas as medidas, tiveram dificuldades em realizar os cálculos matemáticos, foi então que o professor com todos os alunos da sala, entrevistou e demonstrou os cálculos em uma lousa, determinando corretamente a potência do Sol.

Figura 30: Imagem da lousa: Cálculos da potência Sol

Handwritten calculations on a whiteboard showing the derivation of solar power from a lamp's power and distances.

9/11/20

Diagram showing a lamp (L) and the Sun (S) with distances  $d_1$  and  $d_2$ .

Given:  $P_L = 150\text{W}$ ,  $d_1 = 9,5\text{m}$ ,  $d_2 = 15 \cdot 10^{12}\text{m}$

Equation:  $\frac{P_L}{d_1^2} = \frac{P_S}{d_2^2}$

Calculation:  $\frac{150}{(9,5)^2} = \frac{P_S}{(15 \cdot 10^{12})^2}$

Result:  $P_S = 3,73 \cdot 10^{26}\text{W}$

Fonte: Autoria própria.

No quarto encontro realizou-se um debate sobre o produto educacional apresentado, onde de acordo com a opinião dos alunos, foi uma ótima técnica educacional relacionar o contexto da Física com a Matemática e também muito esclarecedora a compreensão dos fenômenos abordados.

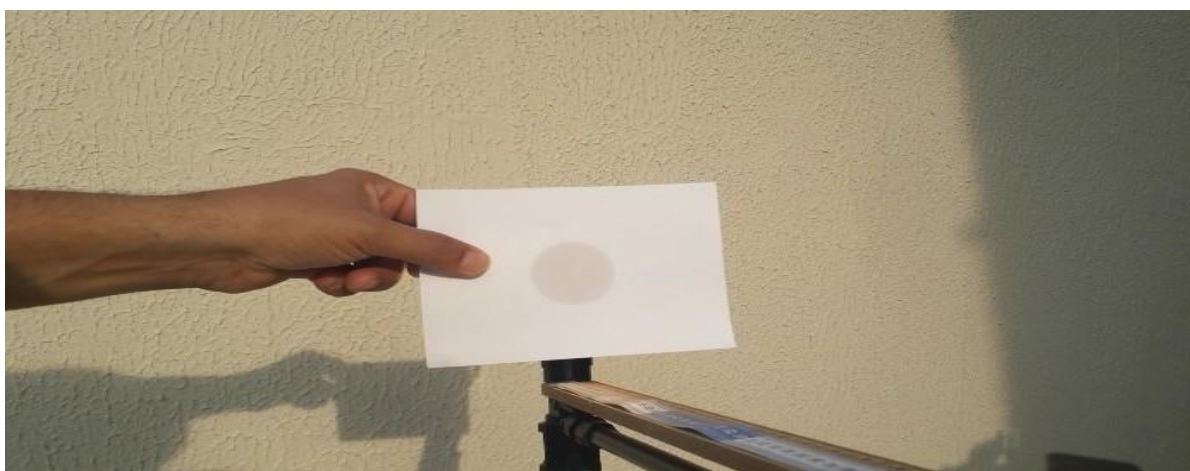
Essas aplicações foram realizadas de forma remota, liberado na própria sala do *Google Classroom* um link para os acessos das aulas (encontros) via *Google meet* (conforme Figura 29). Agendado os horários para os encontros remotos, um no período da noite e outro no final da tarde fora do momento de aula do Colégio, usando a câmera do notebook e também do celular logado ao mesmo link do *Google meet*, para visualizar melhor o movimento do cartão ao longo das fontes de luz das lâmpadas e do Sol, e visualizar melhor o ponto de óleo.

Figura 31: Aplicação do fotômetro de mancha de óleo a noite



Fonte: Autoria própria.

Figura 32: Aplicação do fotômetro de mancha de óleo a tarde



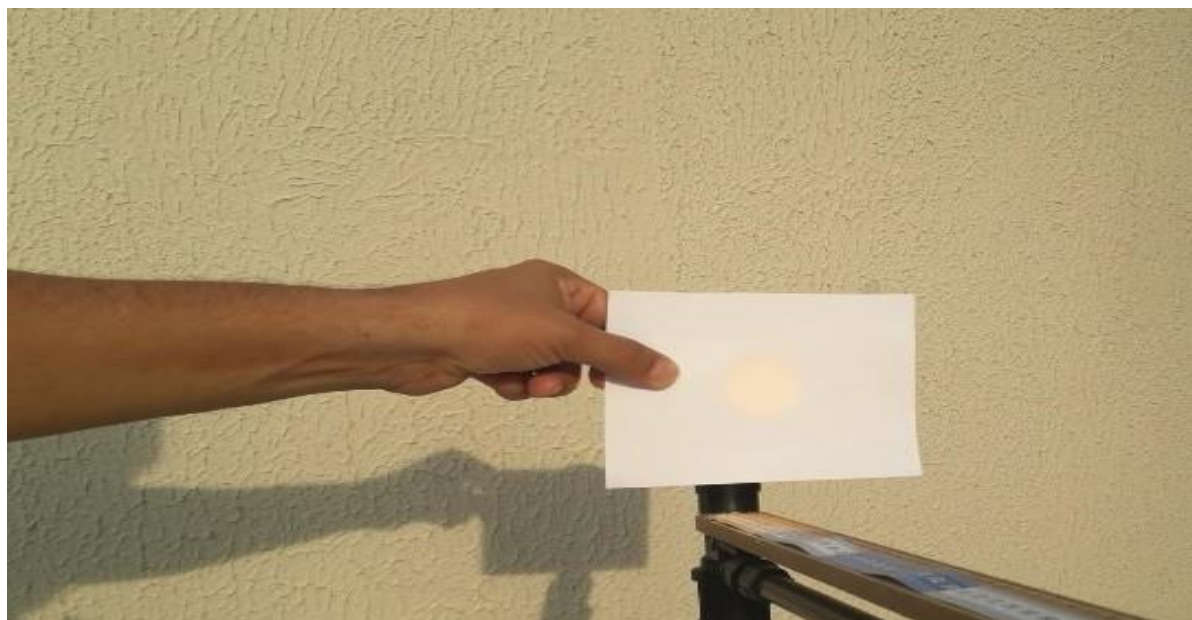
Fonte: Autoria própria.

Figura 32.1: Aplicação do fotômetro de mancha de óleo a tarde.



Fonte: Autoria própria.

Figura 32.2: Aplicação do fotômetro de mancha de óleo a tarde.



Fonte: Autoria própria.



Ao finalizar as explicações, foi orientado a construção do mesmo dispositivo de forma prática e de baixo custo, tornando então o fotômetro de mancha de óleo como um experimento de fácil aplicação.

Figura 33: Fotômetro de mancha de óleo, prático (baixo custo)

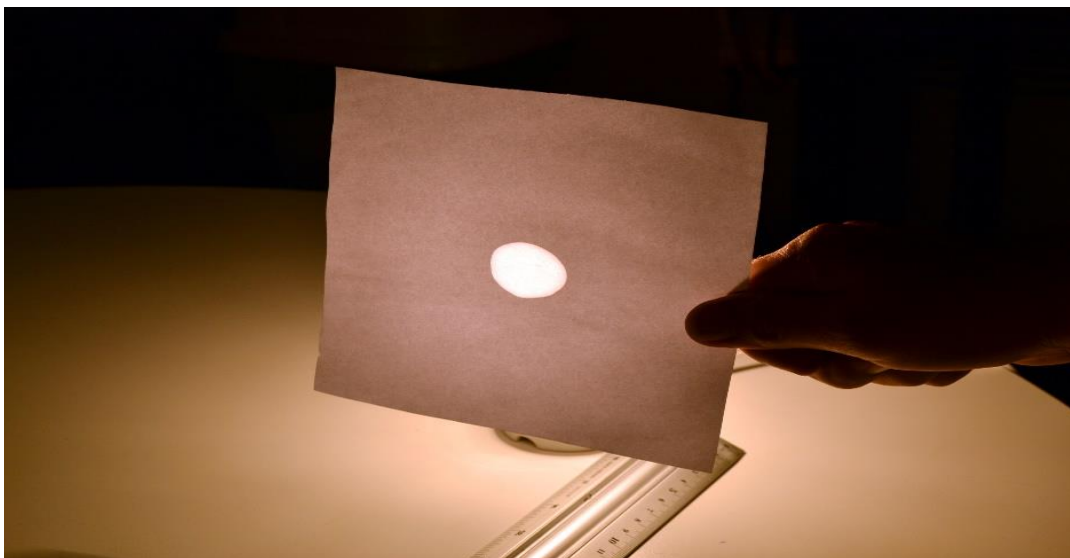


Fonte: Autoria própria.

Com o conjunto de duas lâmpadas de 100 w ligado a tensão elétrica ideal, fixo em uma mesa, separados pela régua de 100cm, posiciona-se ao lado da mesa, entre as lâmpadas (luz), mas não impedindo a luz entre elas. Segure o cartão com o ponto de óleo no caminho das duas luzes sobre a régua e ou fita métrica, de modo que possa movimentar ao longo desse caminho. Mantendo os olhos na mancha de óleo do cartão, a medida que aproxima ou afasta de uma das lâmpadas, observe que há um local entre as lâmpadas em que a mancha de óleo chega perto de desaparecer.

Mova o cartão para este local, anote a distância em relação as duas lâmpadas. Ao colocar o cartão próximo de uma das lâmpadas, a mancha de óleo permite que a luz de um lado do cartão vaze para o outro lado no ponto de óleo, enquanto fora do ponto de óleo a frente do cartão espalha a luz ao seu redor observa um ponto mais brilhante.

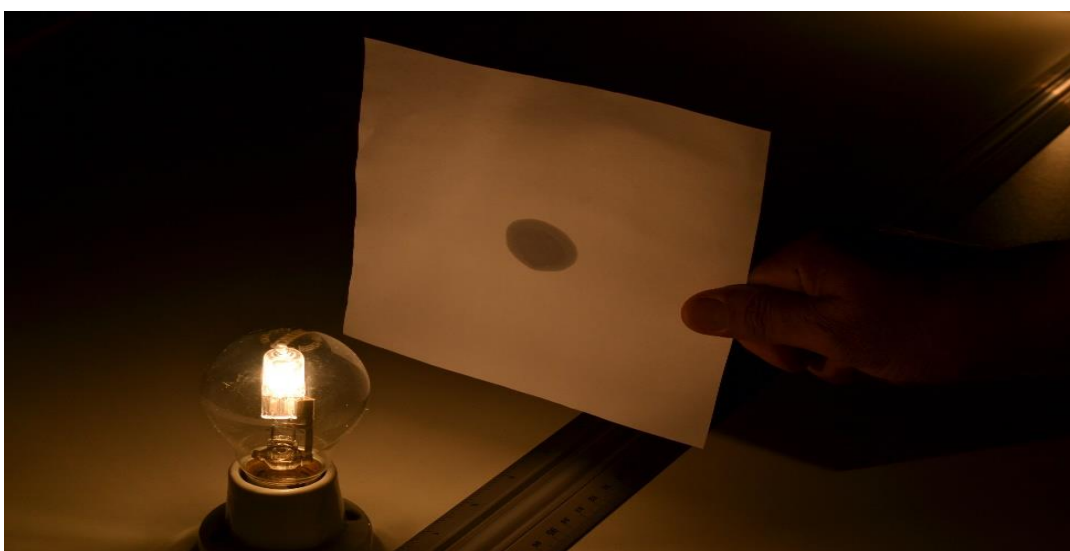
Figura 34: Imagem do ponto de óleo com a lâmpada atrás do cartão



Fonte: Autoria própria.

Se chegar mais perto da luz que está na frente do cartão, essa se espalha pela frente e é mais brilhante do que a luz que vem de trás, e verá uma mancha mais escura no centro.

Figura 35: Imagem do ponto de óleo com a lâmpada na frente do cartão

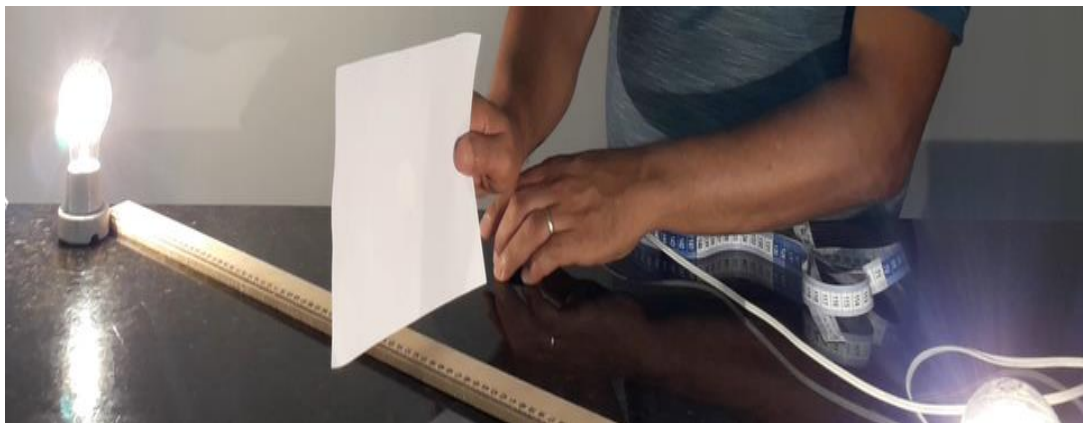


Fonte: Autoria própria.

Saberá que as fontes de luz têm o mesmo brilho (potência) quando localizar a posição do cartão que este ponto de óleo desaparece. Com o conjunto de duas

lâmpadas de 100w, a distância que o ponto de óleo desaparece é bem no meio do caminho, ou seja, a 50 cm uma lâmpada da outra.

Figura 36: Imagem do ponto de óleo entre as lâmpadas (no meio)

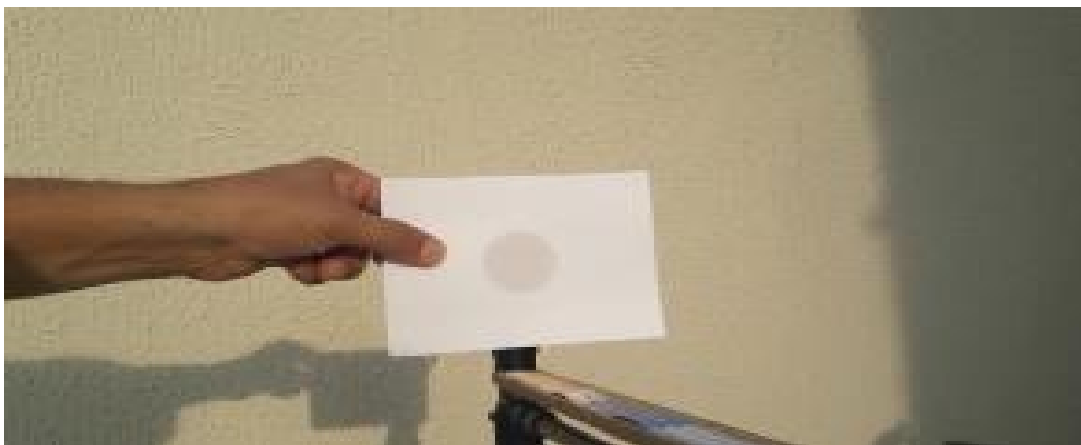


Fonte: Autoria própria.

Ao colocar duas lâmpadas de um lado de mesmas potências e uma do outro, observamos que o ponto de óleo desaparece quando se aproxima de uma intensidade de luz menor, ou seja, próximo do lado com uma lâmpada. Com essa técnica de comparação de potência, colocamos em uma das extremidades da régua uma lâmpada sem saber suas características, e descobrir sua potência comparando com as características de uma lâmpada, no outro lado do conjunto.

Utilizamos diferentes lâmpadas de diferentes características para verificar que o experimento funciona. Com isso criamos um comparador de intensidade de potências, chamado fotômetro de mancha de óleo. Podendo comparar a potência de qualquer fonte de luz.

Figura 37: Imagem do ponto de óleo



Fonte: Autoria própria.

Sendo assim comparamos a luz (potência) de uma lâmpada de 150w com a potência do sol. Ao medir a distância da lâmpada até o cartão, sabendo que a distância da terra ao sol é cerca de 150 milhões de quilômetros ( $1,47 \times 10^{13}$  cm), levamos essas medidas até a lousa. Representando a potência da lâmpada  $P_1 = 150\text{w}$ , a potência do Sol  $P_2$ , sendo distância do cartão até a lâmpada  $d_1 = 8,6$  cm e a distância Terra até o Sol,  $d_2 = 1,47 \times 10^{13}\text{cm}$ . Usando a relação de proporcionalidade:

$$\frac{P_1}{d_1^2} = \frac{P_2}{d_2^2}$$

(6.1)

Figura 38: Imagem da lousa dos cálculos da potência do Sol

$$\frac{P_1}{d_1^2} = \frac{P_2}{d_2^2}$$

$$\frac{150\text{W}}{(8,6\text{cm})^2} = \frac{P_{\text{sol}}}{(1,47 \cdot 10^{13}\text{cm})^2}$$

$$\frac{150\text{W}}{73,96\text{cm}^2} = \frac{P_{\text{sol}}}{2,1609 \cdot 10^{26}\text{cm}^2}$$

$$P_{\text{sol}} = \frac{150\text{W} \cdot 2,1609 \cdot 10^{26}}{73,96} = \frac{324,135 \cdot 10^{26}}{73,96} \approx 4,38 \cdot 10^{26}\text{W}$$

Fonte: Autoria própria.

Realizado os cálculos da potência do Sol, um dos alunos compartilhando sua ideia, falou da possibilidade de medir a potência da Lua, constatando que para fazer essa medida teria que usar uma lâmpada de baixa potência. Sendo assim, essa e outras dúvidas foram colocadas no último encontro (fórum). Dialogando sobre a medida da potência luminosa da Lua, o aluno pode concluir que quanto menor a fonte de luz, menor é a potência da lâmpada a ser comparada, visto que é possível fazer o experimento. Finalizado o encontro, tendo a oportunidade de refazer todo o processo de criação, montagem e aplicação novamente na terceira série, onde todos poderão participar de maneira presencial. Podendo vivenciar uma realidade muito diferente da remota que assim foi usada.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Mestrado Profissional abre espaço para a compreensão e aproximação da teoria e da prática, como um conjunto de aspectos necessários para a promoção de uma aprendizagem efetiva através da elaboração do Produto Educacional.

O ensino da física, mesmo diante de sua juventude na educação básica brasileira, corre riscos de ser cada vez mais comprimido do Ensino Médio no Brasil. Com isso, as pesquisas e estudos realizados até então demonstram a importância da aprendizagem dos conceitos e das grandezas físicas que permeiam o espaço em que vivemos.

Para que a Física, enquanto disciplina escolar, possa contribuir para a formação dos cidadãos, é necessário a elaboração e efetivação de métodos de ensino que partem dos conhecimentos prévios do aluno, de suas práticas sociais, a aprendizagem é significativa quando ela faz sentido, quando o novo conhecimento adquirido foi modificado por conhecimentos prévios presentes nas estruturas cognitivas dos alunos.

Para isso, é preciso elaborar, enquanto profissional, práticas pedagógicas que ultrapassem os métodos tradicionais e repetitivos tão comuns no ensino e aprendizagem da física. Dessa maneira, a elaboração e execução da sequência didática possibilitou uma aproximação entre teoria e prática, mesmo que a distância, tornando a aprendizagem dos conceitos da física mais eficaz, pois, trata-se de um conhecimento que foi adquirido na prática, com investigação, diálogo, elaboração, experimento e troca de experiências.

A construção do fotômetro de mancha de óleo, foi um experimento de fácil aplicação e acesso, além do baixo custo. Possibilitando ao aluno uma aproximação maior sobre o conhecimento organizado, promovendo uma aprendizagem significativa.

A organização da sequência didática que se deu a partir de quatro etapas, organizou o trabalho pedagógico em fases fundamentais para esse processo de aprendizagem, iniciando pelo diálogo sobre os principais conceitos abordados com investigação e revisão, sobre luz, fotometria, investigação e montagem do fotômetro de mancha de óleo, investigação e comparação da irradiância da potência luminosa em uma diferentes fontes de luzes e a atividade de investigação esclarecedora na quarta etapa, que possibilitou comparar as diferentes potências, esclarecer dúvidas

e dialogar sobre a experiência e aprendizagem conquistada durante a execução das atividades.

A realização da sequência didática se deu em meio à pandemia de Covid-19, porém a aplicação das atividades e o desenvolvimento do produto educacional pode ser realizado em diferentes espaços, como no laboratório da escola quando retornar às atividades presenciais. Foi desafiador elaborar uma sequência didática para o ensino remoto que contemplasse a aprendizagem teórica e prática, porém os alunos demonstraram satisfação ao realizarem as atividades, dessa forma, pode-se dizer que foi possível organizar a prática pedagógica de maneira significativa, promovendo uma aprendizagem efetiva aos alunos da 2ª série do Ensino Médio.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA Norte – UERN. Natal, s/a., Edalmy Oliveira de. **Unidade III – Ondas eletromagnéticas**. Governo do Estado do Rio Grande do Norte. Secretaria de Estado da Educação e da Cultura – SEEC. Universidade do Estado do Rio Grande do

AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimento**: uma perspectiva cognitiva. (Tradução Lígia Teopisto). Lisboa: Paralelo Editora, 2000.

BATISTA, Rozilene da Costa; et al. **Sequência didática-ponderações teórico-metodológicas**. XVIII ENDIPE – Didática e Prática de Ensino no contexto político contemporâneo: cenas da Educação Brasileira, 2016.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. Brasília, 2015.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. Brasília, 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**, Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. 1996.

BRASIL. **Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017**. 2017.

CHIQUETTO, Marcos José. **O currículo de física do Ensino Médio no Brasil**: discussão retrospectiva. São Paulo: Revista E-curriculum, vol. 7, n. 1, abril-2011. Disponível em: <[http://matematicauva.org/disciplinas2/fisica/fisica\\_medio.pdf](http://matematicauva.org/disciplinas2/fisica/fisica_medio.pdf)>, acesso em: 29 de nov. de 2020.

CORDEIRO, Karolina Maria de Araújo. **O impacto da pandemia na educação**: a utilização da tecnologia como ferramenta de ensino. Universidade Federal do Amazonas, 2020. Disponível em: <<http://idaam.siteworks.com.br/jspui/bitstream/prefix/1157/1/O%20IMPACTO%20DA%20PANDEMIA%20NA%20EDUCA%C3%87%C3%83O%20A%20UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DA%20TECNOLOGIA%20COMO%20FERRAMENTA%20DE%20ENSINO.pdf>>, acesso em: 03 de dez. de 2020.

DARTORA, César Augusto; HEILMANN, Armando. **Teoria do campo eletromagnético e ondas**. Departamento de Engenharia Elétrica. UFPR. 2019. Disponível em: <[http://www.eletrica.ufpr.br/armando/index\\_arquivos/Ondas\\_Eletromagneticas.pdf](http://www.eletrica.ufpr.br/armando/index_arquivos/Ondas_Eletromagneticas.pdf)>, acesso em: 04 de dez. de 2020.

FERNANDES, Maria Neves Rodrigues. **Luz e Cor**. Universidade Santa Cecília. Santos, s/d. Disponível em: <[https://sites.unisanta.br/teiadodosaber/apostila/fisica/Luz\\_e\\_Cor-Fisica2808.pdf](https://sites.unisanta.br/teiadodosaber/apostila/fisica/Luz_e_Cor-Fisica2808.pdf)>, acesso em: 04 de dez. de 2020.



FERREIRA, Maurisete Fernando. **Uma abordagem para o ensino de física a alunos deficientes visuais**: “um olhar diferente para o espelho”. PUC-Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <[http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC\\_DSC\\_NOME\\_ARQUI20140905143428.pdf](http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20140905143428.pdf)>, acesso em: 04 de dez. de 2020.

FILHO, Kepler de Souza Oliveira; SARAIVA, Maria de Fatima Oliveira. **Fotometria**. UFRGS, 2007. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/rad/rad/fluxo.htm>>, acesso em: 22 de dez. de 2020.

FREITAS, Lutiano. **Óptica Introdução**. Colégio WR, 2018. Disponível em: <<http://www.colegiowr.com.br/site/wp-content/uploads/2018/01/%C3%93PTICA-Introdu%C3%A7%C3%A3o-Aula-1.pdf>>, acesso em: 04 de dez. de 2020.

GASPAR, Alberto. **Cinquenta anos de Ensino de Física**: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade de resgate do papel do professor. XV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 2007. Disponível em: <[http://plato.if.usp.br/2-2007/fep0358d/texto\\_5.pdf](http://plato.if.usp.br/2-2007/fep0358d/texto_5.pdf)>, acesso em: 19 de nov. de 2020.

GUIMARÃES, Osvaldo; et al. **Física**. São Paulo: Ática, 2016.

HORNES, Andréia; et al. **A aprendizagem significativa no Ensino de Física**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2009. Disponível em: <[http://www.sinect.com.br/anais2009/artigos/7%20Ensinodefisica/Ensinodefisica\\_Artigo1.pdf](http://www.sinect.com.br/anais2009/artigos/7%20Ensinodefisica/Ensinodefisica_Artigo1.pdf)>, acesso em: 03 de dez. de 2020.

INOVAEH. **Tutorial Google Classroom**. 2019. Disponível em: <<https://inovaeh.sead.ufscar.br/wp-content/uploads/2019/02/Tutorial-Google-Classroom.pdf>>, acesso em: 03 de dez. de 2020.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVAREZ, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. **Física**: contexto & aplicações: ensino médio. São Paulo: Scipione, 2016.

MALANDRIN, Poliana. **Tópicos de Ensino de Física I**. Instituto de Física Gleb Wataghin – UNICAMP. 2011. Disponível em: <[https://sites.ifi.unicamp.br/lunazzi/files/2014/03/PolianaM-Costa\\_RF1.pdf](https://sites.ifi.unicamp.br/lunazzi/files/2014/03/PolianaM-Costa_RF1.pdf)>, acesso em: 05 de dez. de 2020.

MARTINS, Ana Paula Barbosa; PORTO, Maria Beatriz Dias da Silva Maia. **A luz, sua história e suas tecnologias**: curso de atualização para professores da educação básica. Programa de Pós-graduação de Ensino em Educação Básica – PPGEB. Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira – CAp/UERJ, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <[https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431389/1/Livro%20\\_%20A%20Luz%20sua%20Historia%20e%20suas%20Tecnologias\\_Atualizacao%20Professores%200da%20Ed%20Bas\\_Ana%20Paula%20Martins\\_Maria%20Beatriz%20Porto.pdf](https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431389/1/Livro%20_%20A%20Luz%20sua%20Historia%20e%20suas%20Tecnologias_Atualizacao%20Professores%200da%20Ed%20Bas_Ana%20Paula%20Martins_Maria%20Beatriz%20Porto.pdf)>, acesso em: 04 de dez. de 2020.

MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA, Cibelle Celestino. **As pesquisas de Newton sobre a luz: uma visão histórica.** Revista Brasileira de Ensino de Física. Vol. 37, n. 4, 2015. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/rbef/v37n4/0102-4744-rbef-37-4-4202.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbef/v37n4/0102-4744-rbef-37-4-4202.pdf) (scielo.br)> acesso em: 04 de dez. de 2020.

MOREIRA, Marco Antonio. **A Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica.** I Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa, Campo-Grande-MS, 2005. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/visaoclasicavisaocritica.pdf>>, acesso em: 02 de dez. de 2020.

MOREIRA, Marco Antonio. **A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.** In: MOREIRA, Marco Antonio. Teorias da Aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999. p. 151-165.

MOREIRA, Marco Antonio. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. **Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, n. 1, 2000.

MOREIRA, Marco Antonio. **Grandes desafios para o ensino de física na educação contemporânea.** Ciclo de Palestras dos 50 anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <[https://www.if.ufrj.br/~pef/aulas\\_seminarios/seminarios/2014\\_Moreira\\_DesafiosEnsinoFisica.pdf](https://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEnsinoFisica.pdf)>, acesso em: 03 de dez. de 2020.

MOREIRA, Marco Antonio. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>>, acesso em: 02 de dez. de 2020.

MOREIRA, Maria Cristina do A.; et al. **Produtos educacionais de um curso de mestrado profissional em ensino de ciências.** Ponta Grossa: Revista Brasileira Ensino Ciências Tecnologia, vol. 11, n. 3, p. 344-363, 2018.

MÜLLER, Alexei Machado; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira; FILHO, Kepler de Souza Oliveira. **Aula 5 – Fotometria: introdução.** UFRGS, 2001. Disponível em: <[https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29\\_Muller/aula2/aula2e.pdf](https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29_Muller/aula2/aula2e.pdf)>, acesso em: 08 de dez. de 2020.

NEVEZ, Juan Carlos Rocha. **O uso de séries e filmes no ensino de física moderna no ensino médio.** Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física). Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2019. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/13148/1/Juan%20Carlos%20Rocha%20Neves.pdf>>, acesso em: 04 de dez. de 2020.

NUNES, Joíza Aylce da Silva.; et al. **Comparação entre duas metodologias na determinação de sódio e potássio.** II Congresso de Iniciação Científica PIBIC/CNPq. Manaus, 2013. Disponível em:

<[https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4203/1/pibic\\_inpa.pdf](https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4203/1/pibic_inpa.pdf)>, acesso em: 05 de dez. de 2020.

PELIZZARI, Adriana. **Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel**. Curitiba: Revista PEC, vol. 2, n. 1, p. 37-42, 2002. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>>, acesso em: 20 de nov. de 2020.

PENA, Fábio Luís Alves; FILHO, Aurino Ribeiro. **Relação entre a pesquisa em Ensino de Física e a prática docente**: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 25, n. 3, p. 424-438, 2008.

QUARTIERI, Renata. **Revisão Física**: óptica. 2018. Disponível em: <<https://renataquartieri.com/wp-content/uploads/2015/09/REVIS%C3%83O-3%C2%BA-ANO-2014-%C3%93PTICA.pdf>>, acesso em: 04 de dez. de 2020.

SEED-PR. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica**: Física. Governo do Paraná. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. Paraná, 2008.

SEED-PR. **Resolução nº 1.016, de 03 de abril de 2020**, Regime Especial – aulas não presenciais. Secretaria de Estado da Educação e Esporte. Curitiba-PR, 2020. Disponível em: <[http://www.educacao.pr.gov.br/sites/default/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-05/resolucao\\_1016\\_060420.pdf](http://www.educacao.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-05/resolucao_1016_060420.pdf)>, acesso em: 03 de dez. de 2020.

SILVA, Diego de Oliveira; SALES, Gilvandenys Leite. **O ensino conceitual de física e a aprendizagem significativa**: uma revisão atualizada da produção acadêmica. Revista de Educação Educere et Educare, vol. 13, n. 30, nov-dez. de 2018.

SILVA, Wilson da; CLARO, Genoveva Ribas; MENDES, Ademir Pinheli. **Aprendizagem significativa e mapas conceituais**. XIII Congresso Nacional de Educação – EDUCERE. IV Seminário Internacional de Representações Sociais, Subjetividade e Educação – SIRSSE. VI Seminário Internacional sobre Profissionalização Docente (SIPD/CÁTEDRA UNESCO). 2017. Disponível em: <[https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24179\\_12230.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24179_12230.pdf)>, acesso em: 02 de dez. de 2020.

TIRONI, Cristiano Rodolfo; et al. **A Aprendizagem Significativa no ensino da Física Moderna Contemporânea**. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC. Águas de Lindóia-SP, 10 a 14 de nov. de 2013. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0986-1.pdf>>, acesso em: 29 de nov. de 2020.

TOGUINHO FILHO, D. O.; et al. **Fotometria**. Departamento de Física. Laboratório Integrado de Física Geral. UEL. Londrina, 2009. Disponível em: <<http://www.uel.br/pessoal/inocente/pages/arquivos/2FIS010%20-%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20GERAL%20II/09-Fotometria.pdf>>, acesso em: 05 de dez. de 2020.

## APÊNDICE A – Produto Educacional

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**PAULO DA CONCEIÇÃO**

**APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE INTENSIDADE ÓPTICA  
UTILIZANDO O FOTÔMETRO DE BUNSEN**

**MEDIANEIRA**

**2021**



## APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE INTENSIDADE ÓPTICA UTILIZANDO O FOTÔMETRO DE BUNSEN

Significant Learning of the Concept of Optical Intensity Using the Bunsen Photometer

PAULO DA CONCEIÇÃO

Produto Educacional vinculado à Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Shiderlene Vieira de Almeida  
Coorientador: Prof. Dr. Leandro Herculano da Silva

MEDIANEIRA  
2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite que outros remixem, adaptem e criem a partir do trabalho para fins não comerciais, desde que atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações sob termos idênticos.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



---

PAULO DA CONCEICAO

**APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE INTENSIDADE ÓPTICA UTILIZANDO O  
FOTÔMETRO DE BUNSEN**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 22 de Fevereiro de 2021

Prof.a Shiderlene Vieira De Almeida, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Alex Sandre Kilian, Doutorado - Universidade Estadual de Maringá (Uem)

Prof Fabio Rogerio Longen, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 22/02/2021.

Dedico esse trabalho a minha família, que  
me incentivou e me apoiou em todos os  
momentos dessa jornada.



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por estar sempre comigo, em toda minha trajetória de estudos. Sou grato por Ele me dar forças e ânimo, me lembrando todos os dias que sou capaz de fazer tudo aquilo que Ele colocou em minhas mãos.

Agradeço a minha esposa Tatiane e meus filhos Paulo Henrique e Beatriz pelo incentivo e compreensão nos momentos necessários e, pelo apoio incondicional para a conclusão deste trabalho.

Aos professores do curso de Mestrado, em especial a minha orientadora, professora Dra. Shiderlene Vieira de Almeida e ao coorientador professor Leandro Herculano da Silva, pela motivação e sabedoria com que me instruíram na construção desse trabalho.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Polo UTFPR, Campus Medianeira, pela cooperação e ensinamentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e – pelo apoio financeiro dado ao programa de Mestrado em ensino da Física, polo UTFPR, Campus Medianeira – Paraná.

Também sou grato pelos colegas e amigos que o curso me proporcionou, pois nos momentos difíceis, me apoiaram e participaram de alguma forma durante esse período.

Agradeço também meus alunos que mesmo em meio a uma situação adversa, de aulas remotas, se dispuseram a participar da interação e aplicação do produto educacional proposto.

Por fim, agradecer a todos que por algum motivo contribuíram para a elaboração, construção, aplicação e conclusão deste trabalho.

Meu muito obrigado a todos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Lâmpadas de diferentes características .....	08
Figura 2: Bocais (plafonir pequenos) construídos .....	08
Figura 3: Extensões e régua de energia .....	09
Figura 4: Réguas e Fita Métrica .....	09
Figura 5: Materiais e Ferramentas .....	10
Figura 6: Fotômetro de baixo custo .....	12
Figura 7: Aplicação do fotômetro de mancha de óleo a tarde, lâmpada x sol .....	13
Figura 8: Imagem do ponto de óleo com a lâmpada atrás do cartão .....	16
Figura 9: Imagem do ponto de óleo com a lâmpada na frente do cartão.....	17
Figura 10: Imagem do ponto de óleo entre as lâmpada (no meio).....	17
Figura 11: Imagem do ponto de óleo .....	18
Figura 12: Protótipo: fotômetro de mancha de óleo .....	21
Figura 13: Protótipo: fotômetro de mancha de óleo com duas lâmpadas incandescentes .....	21
Figura 14: Protótipo: Fotômetro de mancha de óleo com uma lâmpada fluorescente e uma lâmpada de led .....	22
Figura 15: Protótipo: fotômetro de mancha de óleo para medir a potência do sol ..	22

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Materiais utilizados para o fotômetro.....	07
Tabela 2: Materiais e ferramentas utilizado na construção do fotômetro. ....	10
Tabela 3: Experimento de estimativa de potências: Resultados.. ....	14
Tabela 4: Resultados de experimentos de energia solar. ....	15

## SUMÁRIO

<b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>05</b>
<b>2. SEQUENCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>06</b>
2.1.1ª ETAPA: RETOMANDO CONCEITOS E APRESENTANDO O FOTÔMETRO	06
2.2. 2ª ETAPA: CONSTRUINDO O FOTÔMETRO .....	07
2.3. 3ª ETAPA: EXPLORANDO O FOTÔMETRO .....	12
2.4. 4ª ETAPA: ESCLARECIMENTOS E DISCUSSÕES .....	14
<b>3. FUNCIONAMENTO DO FOTÔMETRO .....</b>	<b>16</b>
<b>4. SUGESTÃO DE APLICAÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>24</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

Os produtos educacionais têm como objetivo facilitar o processo de ensino e aprendizagem, por meio de novas abordagens e tecnologias, as quais permitem maior autonomia e podem impulsionar a criticidade e a reflexão dos discentes, bem como a construção dos conhecimentos científicos.

O produto educacional e a prática pedagógica, quando aproximados, possibilitam uma discussão de estudos críticos que abordam o “currículo como produção das escolas, mediando pedagogicamente o social e o político” (LOPES, 2007, p. 206, apud MOREIRA et al., 2018, p. 358), ampliando para a citação de produtos autorais dos profissionais da educação. É preciso ter em mente que o incentivo a criação de um produto educacional contribui para que o professor repense sua prática pedagógica, introduzindo competências diferenciadas das que se tem trabalhado para ensino dos componentes curriculares.

Assim, o professor, após seu processo de reflexão motiva-se para sua prática docente, fazendo com que seu aluno ganhe nesse processo. A prática pedagógica constitui-se (ou não) como um espaço interdisciplinar, exigindo a construção de saberes para além dos técnicos – científicos, nas estratégias como um desafio a ser enfrentado pelos educadores na dinâmica da reprodução ou transformação dos saberes (GAUTHIER, 1998).

O Produto Educacional abordado, foi organizado em uma sequência didática para facilitar o entendimento e buscar uma relação de proximidade entre a teoria e a prática no cotidiano, partindo dos conhecimentos prévios dos alunos em relação a física, enfatizando a importância da aprendizagem significativa no ensino da física em uma abordagem nos conteúdos da fotometria e da luz no ensino médio, sendo aulas teóricas/práticas por meio de ensino remoto, mas que poderia também ser aplicado em sala de aula presencialmente ou em um laboratório de ciências.

A sequência didática foi organizada em quatro momentos:

1ª Etapa - Retomando conceitos e apresentando o Fotômetro

2ª Etapa - Construindo o Fotômetro

3ª Etapa - Explorando o Fotômetro

4ª Etapa - Esclarecimentos e discussões

Cada etapa da sequência didática será apresentada a seguir.

## 2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo serão apresentadas cada etapa para que o professor possa desenvolver o Produto educacional proposto.

### 2.1 1ª ETAPA: RETOMANDO CONCEITOS E APRESENTANDO O FOTÔMETRO

**Duração: 01 aula (50 minutos)**

#### **Atividade 1:**

A aula será iniciada organizando os conhecimentos prévios de Luz e sua forma de propagação, revisando todo um contexto histórico de como se originam. Partindo de conhecimentos empíricos do aluno até o científico.

Esta primeira atividade pode ser desenvolvida por meio de uma aula expositiva dialogada a partir da utilização de Slides em powerpoint, abordando os seguintes temas:

- A ideia da luz nos princípios filosóficos;
- A teoria da luz ser composta por partículas pequenas;
- O contexto contemporâneo de feixes;
- A luz como uma energia radiante (ondas eletromagnéticas), dada pela verificação experimental de sua teoria com os eleitos elétricos e magnéticos.
- A frequência e velocidade da luz;
- A luz visível e invisível ao olho humano;
- A forma das independências dos raios de luzes;
- A importância devida a essa energia para os seres terrestres;
- Abordar cada uma das pessoas que contribuíram para o esclarecimento do contexto da luz.

#### **Atividade 2: Extraclasse**

1. Sugestão de um vídeo tutorial de como montar os itens que compõe o kit do fotômetro que pode ser postado no *Google classroom* ou com link no *youtube*;

2. Um Resumo postado no *Google classroom* dos temas abordados na aula;
3. Uma orientação no final da aula para os alunos lerem o resumo e assistirem ao vídeo tutorial de montagem dos kits para o desenvolvimento do fotômetro na 2ª etapa da sequência didática.

## 2.2 2ª ETAPA: CONSTRUINDO O FOTÔMETRO

**Duração: 01 aula (50 minutos)**

A aula será iniciada apresentando os materiais e ferramentas necessários para a montagem dos kits que farão parte da construção do Fotômetro.

Para tal construção serão necessários os seguintes materiais:

Tabela 1 - Materiais utilizados para o Fotômetro.

Quantidade	Materiais
01	Mesa para apoiar o experimento.
01	Folha de sulfite branca.
01	Lâmpada incandescente de 150 w.
01	Lâmpadas incandescentes de 120 w.
02	Lâmpadas incandescentes de 100 w.
01	Lâmpada incandescente 70 w.
01	Lâmpada incandescente 60 w.
01	Lâmpada fluorescente de 23 w.
01	Lâmpada fluorescente de 9 w.
02	Lâmpadas usadas sem identificação de características.
04	Bocais/soquetes (tipo plafonier pequenos).
01	Fio duplo 1,5 mm de 2 m.
04	Pinos de tomadas (machos)
01	Extensão elétrica.
01	Régua de energia.
01	Fita métrica ou régua de 100 cm.
01	Régua de 30 cm.

Fonte: Autoria própria.

Figura 1: Lâmpadas de diferentes características.



Fonte: Autoria própria.

Figura 2: Bocais (plafonir pequenos) construídos.



Fonte: Autoria própria.



Figura 3: Extensões e régua de energia.



Fonte: Autoria própria.

Figura 4: Réguas e Fita Métrica.



Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 - Materiais e ferramentas utilizados na construção do Fotômetro.

Quantidade	Materiais e Ferramentas
01	Chave Philips.
01	Chave de Fenda.
01	Alicate.
01	Fita Adesiva (Opcional).
01	Tesoura
01	Toalha pequena
01	Óculos de proteção
01	Um copo pequeno de óleo
01	Um cartão de papel sulfite com uma macha de óleo

Fonte: Autoria própria.

Figura 5: Materiais e Ferramentas.



Fonte: Autoria própria.

Lembrando que os materiais e ferramentas apresentados podem ser divididos entre os alunos e/ou equipes que realizarão o fotômetro, proporcionando a divisão dos custos entre os membros que participarão das atividades. O professor pode sugerir que os alunos utilizem materiais que tenham em suas residências sem precisar efetuar a compra de muitos dos itens listados.

**Sugestão:** Como orientado na 2ª atividade da 1ª etapa o professor pode criar um vídeo tutorial com o passo a passo da montagem dos kits com o intuito de agilizar a

construção do fotômetro. Ou esta montagem pode ser mediada pelo professor em sala de aula presencialmente ou de forma remota.

Para realizar a montagem de um kit do Fotômetro, começamos:

- Corta-se o fio duplo de 1,5 mm de espessura e 2 m de comprimento em quatro pedaços com 0,5 m de comprimento, conectando em uma das extremidades dos pedaços dos fios um bocal (plafonier pequeno) e na outra um pino de tomada.
- Coloque em três dos bocais, duas lâmpadas de 100 w e uma lâmpada de 60 w, apoiados em uma mesa, fixar dois dos bocais e separando-os com a régua ou fita métrica a uma distância de 100 cm uma da outra, a partir do centro do bulbo de cada lâmpada e ao lado de uma das duas extremidades fixar também o conjunto com a lâmpada de 60w, de modo que necessite retirar do de um dos bocais a lâmpada quente de 100w.
- Use a fita adesiva para fixar bem os bocais com as lâmpadas na mesa de apoio, para posicionar bem as lâmpadas a distância desejada para realizar o experimento.
- Cortamos o papel sulfite ao meio, criando os cartões de mesmas dimensões.
- Molhe a ponta do dedo na porção de óleo que se encontra no copo pequeno e em seguida, passe o dedo molhando cuidadosamente no centro de um dos lados do pedaço do papel sulfite com 1 cm no máximo, 2 cm de diâmetro, para criar um cartão de observação, use a toalha para limpar o excesso de óleo restante no dedo para não espalhar.
- Ligue os pinos dos dispositivos das lâmpadas na régua de energia, e conecta a régua a extensão antes de ligar na tomada.
- Ligar a extensão elétrica, conectando a uma tomada com tensão elétrica que é determinada nas características de funcionamento das lâmpadas indicadas pela fábrica.

### 2.3 3ª ETAPA - EXPLORANDO O FOTÔMETRO

**Duração: 01 aula (50 minutos)**

Essa técnica utilizada no fotômetro de mancha de óleo pode comparar o brilho de duas fontes de luz, sendo uma com características desconhecidas dos fabricantes de lâmpadas, sendo possível encontrar assim essas características.

Podemos comparar também uma lâmpada fluorescente compacta de baixa potência, mas que nos dá muita luz (brilho) com uma lâmpada incandescente de maior potência do outro lado do fotômetro. Além de ver a diferença do brilho é possível medir seus valores numéricos (características do fabricante). Basta mudar a posição do cartão com a mancha de óleo, observando que quanto mais próxima da lâmpada estiver o cartão, menor será sua potência.

É possível também comparar uma lâmpada de maior potência, cuja suas características já são conhecidas suas características com a luz (potência) do Sol, movendo o cartão ao longo da régua, em uma posição que o ponto de óleo chega desaparecer. Sendo assim, aplicando a regra de proporcionalidade do inverso do quadrado das distâncias em relação suas potências, medir a potência do Sol.

Figura 6: Fotômetro de baixo custo.



Fonte: Autoria própria.

Figura 7: Aplicação do fotômetro de mancha de óleo a tarde: Lâmpada x Sol.



Fonte: Autoria própria.

### **Atividade:**

Comparando a irradiância da potência luminosa em uma determinada área de diferentes fontes de luzes explorando a teoria do inverso do quadrado das distâncias, com medidas qualitativas e quantitativas e também a eficiência luminosa entre as lâmpadas incandescentes e fluorescentes.

1. Segure o cartão diretamente no caminho entre duas lâmpadas de iguais potências de modo que o lado do cartão fique de frente para uma das luzes. Ajuste a posição do cartão olhando o ponto de óleo;
2. Entre as lâmpadas mova o cartão primeiro aproximando de uma das luzes, observando que a luz passa com maior intensidade pelo ponto de óleo e quando afasta esse ponto fica mais escuro.
3. Isso acontece enquanto você move o cartão para frente e para trás entre as lâmpadas.
4. Mova o cartão entre as lâmpadas onde a mancha de óleo fica perto de desaparecer em relação a distância entre as lâmpadas.
5. Substitua em um dos lados a lâmpada de 100w por uma de 60w, o aluno verá que quanto menor a potência mais próximo dessa lâmpada o ponto de óleo chega desaparecer.

6. Com a relação de proporcionalidade entre a potência de uma lâmpada e o inverso do quadrado da distância entre a lâmpada e o cartão, verificará a teoria.

7. Posicione uma lâmpada incandescente em um dos lados e uma fluorescente no outro e observe a eficiência em relação a posição do cartão.

8. Com o objetivo de medir a irradiância do Sol, posicione uma lâmpada de 150w na extremidade da régua e compare a distância entre a lâmpada e o cartão no momento que o ponto de óleo desaparece.

9. Relacione a relação de proporcionalidade da teoria do inverso do quadrado da distância, poderá ter aproximadamente a potência do Sol.

## 2.4 4ª ETAPA - ESCLARECIMENTOS E DISCUSSÕES

### Duração: 01 aula (50 minutos)

Podendo fazer diferentes comparações entre diferentes fontes de luzes com potências diferentes na etapa 3, verificará que a mancha de óleo terá a funcionalidade de um fotômetro de óleo. Todas as observações serão anotadas e tabeladas para fique registrado os dados e os cálculos, para essa etapa de discussão e esclarecimento das dúvidas e também novas ideias de aplicação.

Tabela 3 - Experimento de estimativa de potências: resultados.

Lâmpada usada como padrão			Lâmpada usada como amostra			
Tipo de lâmpada	Potência(W)	Distância papel-lâmpada (m)	Tipo de lâmpada	Potência(W)	Distância papel-lâmpada (m)	Calculado Potência (W)

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4 - Resultados de experimentos de energia solar.

Nome do professor				
Escola				
Dia e hora				
Tipo de Medição	Fontes de luzes		Resultados	
Experimento 1: Mancha de óleo	Tipo de lâmpada	Potência indicada (W)	Distância papel-lâmpada (m)	Calculado Energia solar (W)
Experimento 2: Até ao cartão	Tipo de lâmpada	Potência indicada (W)	Distância cartão (m)	Calculado Energia solar (W)

Fonte: Autoria própria.

1. Com os dados obtidos e quantitativamente comprovados.
2. Com os dados obtidos e qualitativamente comparados.
3. Discussão dos resultados.
4. Esclarecendo e retomando as teorias.
5. Abertura para ampla discussão.
6. Um fórum de debate.

De acordo com a proposta apresentada, tais atividades podem ser aplicadas em sala de aula, pátio do colégio e também no laboratório.

São experimentos simples de manipular e trabalhar de forma diferente do tradicional, tornando o ensino de física mais agradável e adequado a um processo de construção do conhecimento científico.

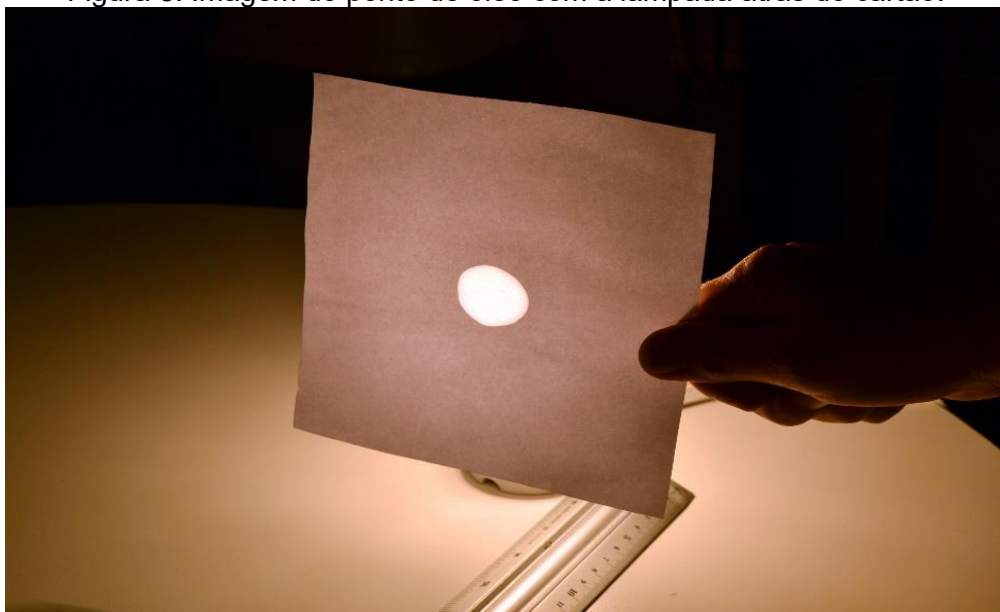
### 3 FUNCIONAMENTO DO FOTÔMETRO

Com o conjunto de kits montados, com duas lâmpadas de 100 w ligado a tensão elétrica ideal, fixo em uma mesa, separados pela régua de 100cm, posiciona-se ao lado da mesa, entre as lâmpadas (luzes), mas não impedindo a luz entre elas.

Segure o cartão com o ponto de óleo no caminho das duas luzes sobre a régua e ou fita métrica, de modo que possa movimentar ao longo desse caminho. Mantendo os olhos na mancha de óleo do cartão, a medida que aproxima ou afasta de uma das lâmpadas, observe que há um local entre as lâmpadas em que a mancha de óleo chega perto de desaparecer.

Mova o cartão para este local, anote a distância em relação as duas luzes. Ao colocar o cartão próximo de uma das luzes, a mancha de óleo permite que a luz de um lado do cartão vaze para o outro lado no ponto de óleo, enquanto fora do ponto de óleo a frente do cartão espalha a luz ao seu redor observa um ponto mais brilhante.

Figura 8: Imagem do ponto de óleo com a lâmpada atrás do cartão.

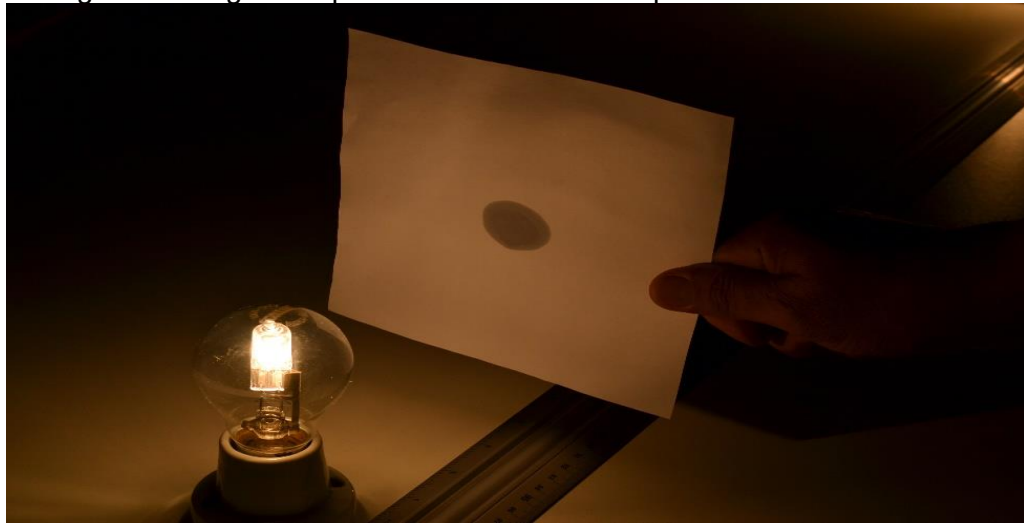


Fonte: Autoria própria.

Se chegar mais perto da luz que está na frente do cartão, essa se espalha pela frente e é mais brilhante do que a luz que vem de trás, e verá uma mancha mais escura no centro.



Figura 9: Imagem do ponto de óleo com a lâmpada na frente do cartão.



Fonte: Autoria própria.

Saberá que as fontes de luzes têm o mesmo brilho (potência) quando localizar a posição do cartão que este ponto de óleo desaparece. Com o conjunto de duas lâmpadas de 100w, a distância que o ponto de óleo desaparece é bem no meio do caminho, ou seja, a 50 cm uma lâmpada da outra.

Figura 10: Imagem do ponto de óleo entre as lâmpadas (no meio).

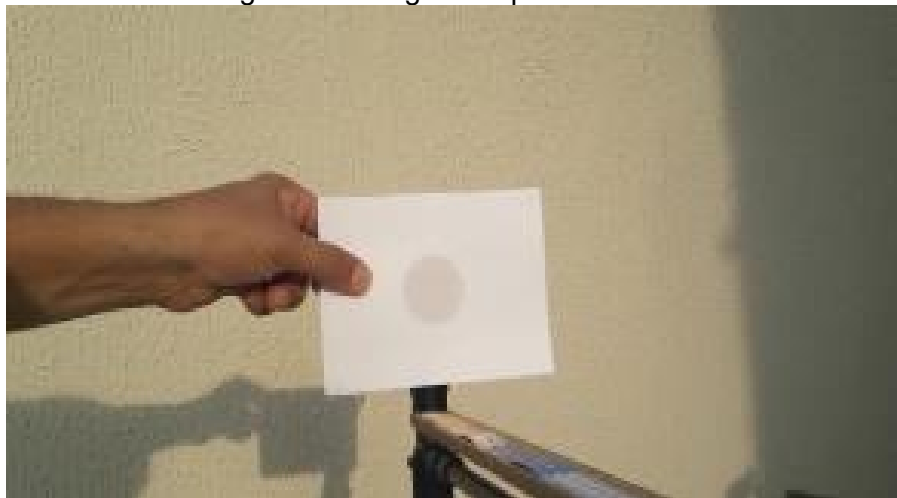


Fonte: Autoria própria.

Ao colocar duas lâmpadas de um lado de mesmas potências e uma do outro, observamos que o ponto de óleo desaparece quando se aproxima de uma intensidade de luz menor, ou seja, próximo do lado com uma lâmpada. Com essa técnica de comparação de potência, colocamos em uma das extremidades da régua uma lâmpada sem saber suas características, e descobrir sua potência comparando com as características de uma lâmpada, no outro lado do conjunto.

Utilizamos diferentes lâmpadas de diferentes características para verificar que o experimento funciona. Com isso criamos um medidor de potências, chamado fotômetro de mancha de óleo. Podendo comparar a potência de qualquer fonte de luz.

Figura 11: Imagem do ponto de óleo.



Fonte: Autoria própria.

Sendo assim comparamos a luz (potência) de uma lâmpada de  $P_1$ , com a potência do sol  $P_2$ . Ao medir a distância da lâmpada até o cartão e sabendo que a distância da terra ao sol é cerca de 150 milhões de quilômetros aproximadamente ( $1,47 \times 10^{13}$  cm), tabelamos essas medidas até realizar quantitativamente os dados obtidos. Representando a potência da lâmpada  $P_1$ , a potência do Sol  $P_2$ , sendo distância do cartão até a lâmpada  $d_1$  e a distância Terra até o Sol,  $d_2 = 1,47 \times 10^{13}$  cm. Usando a relação de proporcionalidade (regra dos inversos dos quadrados):

O fluxo, portanto, determina a potência através do fluxo superficial, e é dada pela unidade  $\text{erg cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , ou sem  $\text{watts/m}^2$ . Ao contrário da intensidade específica, o fluxo de radiação cai com o quadrado da distância, de forma que o que chega na Terra é muito menor do que o fluxo na superfície do astro, estando diluído por um fator de  $r^{1/2}$ . Para uma estrela esférica de raio  $R$ , o fluxo na superfície será:

$$F(R) = \frac{L}{4\pi R^2}$$

Com  $L$ , luminosidade e a energia total emitida por segundo em todas as direções.

$$L = 4\pi r^2 F(r)$$

O fluxo  $F$  e a uma distância  $r$  da estrela será:

$$F(r) = \frac{L}{4\pi r^2}$$

O fluxo  $F(r)$  é o fluxo integrado sobre toda a superfície da estrela, e a luminosidade da estrela  $L$  pode ser determinada diretamente multiplicando o fluxo dela proveniente pela área sobre a qual o fluxo se distribui, integrado sobre todas as frequências. Para objetos grandes porém não têm aparência de estrela, podemos definir o brilho superficial e que é o fluxo captado pelo observado dentro de um ângulo sólido unitário. Com uma área coletora de energia de um objeto com um determinado fluxo, de modo que o objeto parece mais brilhante quando visto pelo olho humano (FILHO; SARAVIA, 2007). Se uma estrela (Sol) tem um fluxo  $F_t$ , então aparecerá com um fluxo do objeto  $F_o$ , sendo dado por:

$$\frac{F_t}{F_o} = \frac{(Dt)^2}{(Do)^2}$$

A energia que atinge a Terra por unidade de área e de tempo, por definição de fluxo, é de:

$$F = \frac{L}{4\pi r^2}$$

Onde  $r$  é a distância do Sol à Terra, de 1 unidade astronômica (UA) de aproximadamente de 150 milhões de km,  $L = 3,9 \times 10^{33}$  erg/s. A Potência luminosa interceptada pela Terra, que tem uma secção reta  $\pi R^2$ , onde  $R$  é o raio da Terra  $R = 6400$  km, é dada por:

$$P = \pi R^2 F = \pi R^2 \frac{L}{4\pi r^2}$$

Considerando a rotação da Terra, o fluxo médio incidente é obtido dividindo a potência interceptada na Terra pela área total da Terra:

$$F = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{L}{16\pi r^2} = 3,5 \times 10^5 \text{ ergs s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$$

A Terra absorve 61% da luz incidente, refletindo os outros 39%. A energia absorvida aquece a Terra, que irradia como um corpo negro a uma taxa por unidade de área (MÜLLER; SARAIVA; FILHO, 2001). Será:

$$\sigma T^4 = 0,61F$$

O que resulta uma temperatura para a Terra de:

$$T = 249 \text{ K}$$

A distância para a luz mais brilhante é de 1,4 vezes a distância até a luz mais fraca. A luz é um dos muitos fenômenos que variam inversamente com o quadrado da distância da fonte. Considerando as equações acima onde  $P_1$  é a potência de uma fonte luminosa e  $P_2$  de outra, temos:

$$\frac{P_1}{4\pi R^2} = \frac{P_2}{4\pi r^2}$$

Com  $P_1$ , potência do Sol de raio  $R$  e  $P_2$ , potência de uma fonte luminosa de raio  $r$ . Inverso do quadrado da distância em relação as potências.

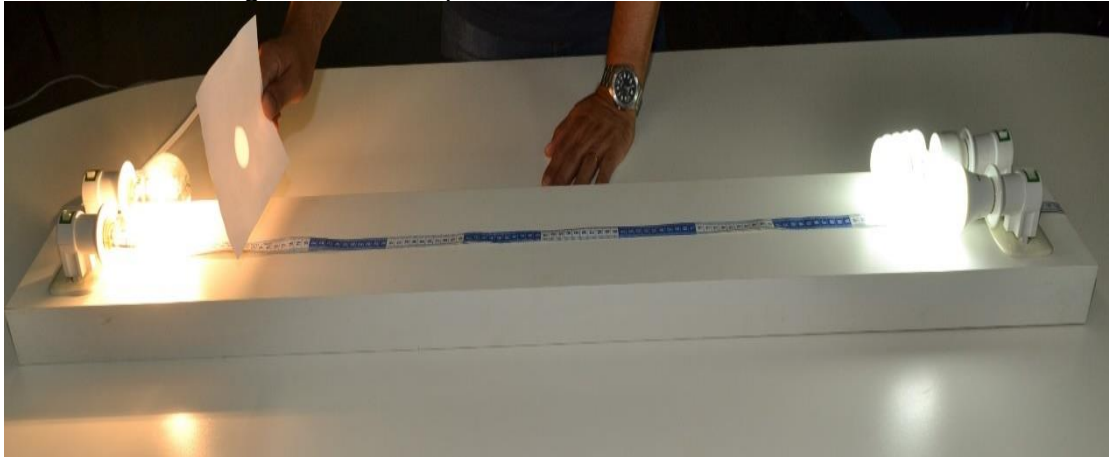
$$\frac{P_1}{d_1^2} = \frac{P_2}{d_2^2}$$

Com uma lâmpada de maior potência possível, poderá realizar os cálculos da medida da potência do Sol. Sendo assim, essa e outras comparações poderão ser realizadas com diferentes fontes de luz. Dialogando com os alunos sobre essas comparações, surgirão interações de novas ideias sobre a medida da potência luminosa de diferentes lâmpadas e suas características.

#### 4 SUGESTÃO DE APLICAÇÃO

Para Sequência Didática (SD) proposta acima, uma sugestão de construção de dois protótipos para o professor realizar as apresentações aos alunos e demonstração do funcionamento dos fenômenos envolvidos, antes do fotômetro de mancha de óleo de baixo custo.

Figura 12: Protótipo: Fotômetro de mancha de óleo.



Fonte: Autoria própria.

Para uma melhor interação, um dos protótipos já tem em suas extremidades dispositivos de ligar e desligar de cada uma das lâmpadas, facilitando a aplicação e explicação do experimento.

Figura 13: Protótipo: Fotômetro de mancha de óleo com duas lâmpadas incandescentes



Fonte: Autoria própria.

Figura 14: Protótipo: Fotômetro de mancha de óleo com uma lâmpada fluorescente e uma lâmpada de led.



Fonte: Autoria própria.

Já para medir a intensidade de potência do Sol, pode ser construído outro protótipo de modo a facilitar e realizar o experimento proposto.

Figura 15: Protótipo: Fotômetro de mancha de óleo para medir a potência do Sol.



Fonte: Autoria própria.



Fonte: Autoria própria.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O ensino da Física de modo geral, tem enfrentado problemas com os aspectos inerentes à área do conhecimento de que faz parte. Em razão disso toda forma diferente em que a disciplina é trabalhada, as dificuldades e suas peculiares faltas de preparo em relação a muitos professores, podem gerar nos alunos uma desmotivação em relação a Física, conseqüentemente a dificuldade de aprendizagem.

Diante disso, faz-se necessária a busca de novas alternativas didáticas e metodológicas que visem motivar e resgatar o desenvolvimento do conhecimento do educando. Com isso a importância desse resgate, nos permite usar técnicas de aprendizagem para o professor e estudante, possibilitando uma aprendizagem significativa na utilização de sequências didáticas e aplicações de produtos educacionais.

Por fim, essa proposta viabiliza o coletar e analisar dados, qualitativamente e quantitativamente de novos conceitos, abrindo caminho para futuros trabalhos científicos.

## REFERENCIAS

BONJORNO J. R.; CLINTON M. R. Física 2: termologia, óptica geométrica, ondulatória. Editora FDT, São Paulo, 1992.

FILHO, Kepler de Souza Oliveira; SARAIVA, Maria de Fatima Oliveira. **Fotometria**. UFRGS, 2007. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/rad/rad/fluxo.htm>>, acesso em: 22 de dez. de 2020.

GAUTHIER, Clermont; et al. **Por uma teoria da Pedagogia. Pesquisas contemporâneas sobre o saber docente**. Unijuí: UNIJUI, 1998.

GUIMARÃES, Osvaldo; et al. **Física**. São Paulo: Ática, 2016.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVAREZ, Beatriz Alvarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. **Física: contexto & aplicações: ensino médio**. São Paulo: Scipione, 2016.

MOREIRA, Maria Cristina do A.; et al. **Produtos educacionais de um curso de mestrado profissional em ensino de ciências**. Ponta Grossa: Revista Brasileira Ensino Ciências Tecnologia, vol. 11, n. 3, p. 344-363, 2018.

MÜLLER, Alexei Machado; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira; FILHO, Kepler de Souza Oliveira. **Aula 5 – Fotometria: introdução**. UFRGS, 2001. Disponível em: <[https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29\\_Muller/aula2/aula2e.pdf](https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n29_Muller/aula2/aula2e.pdf)>, acesso em: 08 de dez. de 2020.

NOVA ESCOLA, Revista. Dezembro de 2011.