



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Sociedade Brasileira de Física  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

**ELIANA DE ABREU RODRIGUES**

**FOTOTROPISMO E A INTEGRAÇÃO COM ONDAS  
ELETROMAGNÉTICAS NUMA ABORDAGEM STEAM EM  
NÍVEL MÉDIO**

Campos dos Goytacazes/RJ  
2024. 2º semestre

Eliana de Abreu Rodrigues

**FOTOTROPISMO E A INTEGRAÇÃO COM ONDAS ELETROMAGNÉTICAS  
NUMA ABORDAGEM STEAM EM NÍVEL MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dra. Cristine Nunes Ferreira  
Coorientadora: Dra. Renata Lacerda Caldas

Biblioteca Anton Dakitsch  
CIP - Catalogação na Publicação

R115769 RODRIGUES, ELIANA DE ABREU  
1846655 FOTOTROPISMO E A INTEGRAÇÃO COM ONDAS  
3f ELETROMAGNÉTICAS NUMA ABORDAGEM STEAM EM NÍVEL  
MÉDIO / ELIANA DE ABREU RODRIGUES - 2024.  
162 f.: il. color.

Orientador: Cristine Nunes Ferreira  
Coorientador: Renata Lacerda Caldas

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado  
Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ,  
2024.

Referências: f. 85 a 89.

1. FOTOTROPISMO. 2. Espectro Eletromagnético. 3. STEAM. I.  
Ferreira, Cristine Nunes , orient. II. Caldas, Renata Lacerda , coorient. III.  
Título.

## FOTOTROPISMO E A INTEGRAÇÃO COM ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NUMA ABORDAGEM STEAM EM NÍVEL MÉDIO

Eliana de Abreu Rodrigues

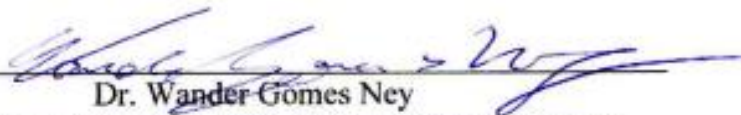
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 18 de outubro de 2024.


Banca Examinadora:



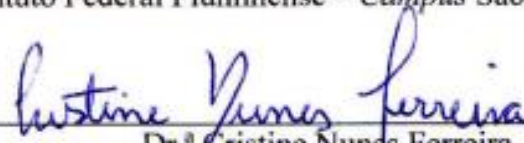
Dr. Roberto da Trindade Paria Junior  
Doutor em Física – Universidade Estadual de Campinas  
Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF



Dr. Wander Gomes Ney  
Doutor em Física – Centro Brasileiro de Pesquisa Física  
Instituto Federal Fluminense – *Campus* Centro



Dr.ª Cassiana Barreto Hygino Machado  
Doutora em Ciências Naturais – UENF  
Instituto Federal Fluminense – *Campus* São João da Barra



Dr.ª Cristine Nunes Ferreira.  
Doutor em Física – Centro Brasileiro de Pesquisa Física  
Orientadora e Presidente da Banca  
Instituto Federal Fluminense – *Campus* Centro

“E disse Deus: Haja luz; e houve luz”

Gênesis 1:3

## **DEDICATÓRIA**

A Deus por me conduzir e colocar pessoas em minha vida. À minha filha Bia e a família pelas orações, carinho, amor e suporte. E para todos os colegas de profissão que mesmo diante das adversidades continuam a acreditar na educação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me alicerçar, me conduzir e renovar as minhas forças principalmente, no processo e conclusão desse mestrado.

Ao meu pai Joel Gomes Rodrigues e em especial a minha mãe Tânia M<sup>a</sup> de Abreu Rodrigues por todo o apoio na vida acadêmica e a irmã Thamires Abreu Rodrigues.

A minha filha, Bia Rodrigues Pereira pela compressão, carinho, amor e todo o apoio. Saiba que você e sua avó me deram muita força nessa caminhada.

A orientadora Cristine Nunes Ferreira pela confiança e apoio na realização desta pesquisa.

A Coorientadora Renata Lacerda Caldas pela paciência, apoio e colaboração.

Minha enorme gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – “Código de Financiamento 001” que, por meio de disponibilização de bolsas forneceu à pesquisa todo o apoio financeiro.

Ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), ao Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) pelas contribuições para o meu desenvolvimento acadêmico, e a todo o corpo docente minha gratidão pelo respeito, incentivo e aprendizado. Vocês foram incríveis!

Aos colegas do mestrado Karen, Márcio e Marlon pela amizade, colaboração e parceria ao longo do curso, foram momentos de muito aprendizado. Em especial, aos amigos, Manu pelo convite para ingressarmos neste mestrado e ao Pablo, ambos pela amizade e incentivo.

Aos professores Jefferson, Giuliana e Zé Renato pelas colaborações.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho.

## RESUMO

### FOTOTROPISMO E A INTEGRAÇÃO COM ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NUMA ABORDAGEM STEAM EM NÍVEL MÉDIO

Eliana de Abreu Rodrigues  
Cristine Nunes Ferreira  
Renata Lacerda Caldas

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

As interações que envolvem o ambiente vegetal e a luz solar são fatores importantes para a sobrevivência dos seres vivos. Estes podem ser abordados por diferentes prismas nas disciplinas da Física e Biologia, tendo em vista a relação entre fenômenos como fototropismo, reflexão, dispersão e absorção da radiação eletromagnética. O objetivo geral desta pesquisa foi analisar as contribuições de uma sequência didática (SD) para um ensino integrado sobre fototropismo e ondas eletromagnéticas em nível médio. A fim de proporcionar um ensino transdisciplinar, crítico e proativo no contexto dessa temática, foi elaborado um produto educacional potencialmente significativo composto por 10 encontros, nas quais foram utilizados como instrumentos de coleta dados: questionários descritivos, vídeos, plataformas virtuais com simuladores, experimento prático, Arduino, jogo de tabuleiro, bem como aulas expositivas dialogadas. As atividades foram aplicadas numa turma do 2º ano do ensino médio de uma escola estadual do Norte Fluminense. Como fundamentação teórica foi utilizada a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel atrelada à abordagem STEAM para a elaboração da SD. A pesquisa configura-se como de caráter qualitativo com a utilização do estudo de caso e a análise dos dados feita segundo Bardin, além dos dados coletados por meio dos experimentos práticos e o engajamento atitudinal dos alunos descritos durante as aulas. A análise dos resultados indicou que a sequência didática é viável, capaz de despertar o interesse e a proatividade dos alunos, além de contribuir para a compreensão do fototropismo e das ondas eletromagnéticas.

**Palavras-chave:** 1. Fototropismo 2. Espectro Eletromagnético 3. STEAM



## **ABSTRACT**

### **PHOTOTROPISM AND INTEGRATION WITH ELECTROMAGNETIC WAVES IN A MEDIUM LEVELS STEAM APPROACH**

Eliana de Abreu Rodrigues  
Cristine Nunes Ferreira  
Renata Lacerda Caldas

Dissertation presented to the Program of Graduate Studies at the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense, in the Course of Professional Master of Physical Education (MNPEF) as part of the requirements for obtaining the Master's degree in Physical Education.

Interactions involving the plant environment and sunlight are important factors for the survival of living beings. These can be approached from different perspectives in the disciplines Physics and Biology, taking into account the relationship between phenomena such as phototropism, reflection, dispersion and absorption of electromagnetic radiation. The general objective of this research was to analyze the contributions a didactic sequence (SD) for integrated teaching about phototropism and electromagnetic waves at secondary level. In order to provide transdisciplinary, critical and proactive teaching in the context of this theme, a potentially significant educational product was created consisting of 10 meetings, in which data collection instruments were used: descriptive questionnaires, videos, virtual platforms with simulators, practical experiment, Arduino, board game, as well as dialogued expository classes. The activities were applied to a 2nd year high school class at a state school in North Fluminense. As a theoretical basis, David Ausubel's Meaningful Learning Theory (TAS) was used, linked to the STEAM approach to develop SD. The research is qualitative in nature with the use of case studies and data analysis carried out according to Bardin, in addition to data collected through practical experiments and the attitudinal engagement of students described during classes. Analysis of the results indicated that the didactic sequence is viable, capable of arousing students' interest and proactivity, in addition to contributing to the understanding of phototropism and electromagnetic waves.

Keywords: Physics Teaching. 1. Phototropism. 2. Electromagnetic spectrum. 3. STEAM

## FIGURAS

Figura 1: Forma de uma onda eletromagnética no vácuo _____	25
Figura 2: Tela representativa do <i>software</i> de modelagem matemática <i>Modellus</i> _____	26
Figura 3: Representação do Espectro eletromagnético _____	27
Figura 4: Fototropismo em resposta a radiação solar e o hormônio auxina _____	28
Figura 5: Escola Estadual de Campos dos Goytacazes RJ _____	34
Figura 6: Vídeo sobre fototropismo _____	40
Figura 7: Experimento Fototropismo _____	41
Figura 8: Vídeo “Quer que eu desenhe?” _____	42
Figura 9: Vídeo: Introdução a luz _____	42
Figura 10: Separação da luz visível _____	43
Figura 11: Simulador <i>Phet</i> Introdução a Luz _____	43
Figura 12: Simulador fototropismo (Arduíno) _____	44
Figura 13: Espectro Eletromagnético _____	45
Figura 14: Simulador <i>Phet</i> , moléculas e luz _____	45
Figura 15: Acróstico RaMILUX G _____	46
Figura 16: Faixas do Espectro eletromagnético _____	47
Figura 17: Tabuleiro RaMILUX -G _____	48
Figura 18: Sala <i>Maker</i> _____	51
Figura 19: Begônia com envergadura (fototropismo) _____	51
Figura 20: Leitura do artigo científico _____	53
Figura 21: Experimento fototropismo com confecção das caixas _____	54
Figura 22: Experimento fototropismo: germinação _____	55
Figura 23: Sala <i>Maker</i> da escola Campo/SEEDUC _____	55
Figura 24: Alunos assistindo ao vídeo “Quer que eu desenhe?” _____	56
Figura 25: Alunos assistindo o Vídeo “Introdução a Luz?” _____	57
Figura 26: Aluno observando com espectroscópio _____	57
Figura 27: Simulador <i>Phet</i> Introdução a Luz _____	58
Figura 28: Arduino fototropismo _____	58
Figura 29: Análise dos experimentos de fototropismo com sementes de feijão _____	59
Figura 30: Representação do fototropismo com materiais alternativos <i>Maker</i> _____	60
Figura 31: Simulador alternativo _____	60
Figura 32: Aplicação simulador <i>Phet</i> , moléculas e luz _____	61
Figura 33: Aluna respondendo ficha avaliativa _____	62
Figura 34: Confecção do <i>banner</i> pelos alunos espectro eletromagnético _____	63

Figura 35: Alunos jogando o jogo Ramilux -G	63
Figura 36: Apresentação de caixas do fototropismo finalizadas	64
Figura 37: Apresentação de simulador sustentável do fototropismo	64
Figura 38: Apresentação pelos alunos do banner sobre espectro eletromagnético	65
Figura 39: Experimentos prontos caixas fototropismo na janela	75
Figura 40: Experimentos caixas fototropismo, prateleiras	75
Figura 41: Caixas fototropismo grupos 3 (fenda)	76
Figura 42: Caixas fototropismo desenvolvimento vegetal grupos 1, 2, 3 e 4	77
Figura 43: Caixas fototropismo grupos 2 e 4 pintadas	77
Figura 44: Simuladores sustentáveis dos grupos 1,2,3 e 4	78
Figura 45: Simulador sustentável fototropismo do grupo 4	79

## GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Identificações entre luz e moléculas	79
<b>Gráfico 2:</b> Fatores de desenvolvimento vegetal	80
<b>Gráfico 3:</b> Opinião dos alunos sobre os instrumentos	82

## QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Resumo SD com 10 encontros destinada à alunos 2º ano E.M.	35
<b>Quadro 2:</b> Questionário i/f, categorias Fototropismo, Inclinação e Hormônio Auxina	67
<b>Quadro 3:</b> Questionário i/f , categorias Prisma e Luz.	70
<b>Quadro 4:</b> Questionário i/f da intervenção, Espectro eletromagnético	73

## TABELAS

Tabela 1 Orçamento	38
--------------------	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
STEAM	<i>Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
IFF	Instituto Federal Fluminense
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
SEEDUC RJ	Secretaria Estadual de Educação do Estado Rio de Janeiro
SD	Sequência Didática
PE	Produto Educacional
RJ	Rio de Janeiro
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
TALE	Termo de Consentimento Livre Estabelecido
TCLE	Termo de Anuência Livre e Estabelecida
PMCG	Prefeitura Municipal de Campos dos Goytacazes

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	18
2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)	18
2.2 Abordagem STEAM e as contribuições para o ensino de Ciências	19
2.3 Ondas eletromagnéticas	23
2.4 Fototropismos	27
2.5 União entre Luz e Fototropismo	29
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA</b>	31
3.1 Tipo de pesquisa	31
3.2 Riscos e benefícios da pesquisa	31
3.3 Contexto da pesquisa	33
3.4 Participantes da Pesquisa	34
3.5 Sequencia didática (SD)	35
3.6 Instrumentos da coleta de dados	36
3.7 Análise de dados	37
3.8 Orçamento dos materiais da pesquisa	38
<b>4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b>	39
4.1 A abordagem STEAM associados aos instrumentos usados no PE	48
<b>5 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b>	50
<b>6 ANÁLISES DE DADOS E RESULTADOS</b>	66
6.1 Análise dos questionários	66
6.2 Análise dos experimentos práticos	74
6.3 Análise dos conhecimentos gerados pelo <i>Phet</i>	79
6.4 Análise do roteiro de atividade	80
6.5 Análise dos instrumentos pelos alunos	81
<b>7 CONCLUSÕES</b>	83
<b>REFERÊNCIAS</b>	85
<b>APÊNDICES</b>	90

## 1 INTRODUÇÃO

É senso comum, entre os pesquisadores da área, que o ensino de Física necessita de mudanças: a falta de profissionais qualificados, a redução da carga horária, a limitação de informação em ambientes didáticos atualizados tecnologicamente, bem como a perda de identidade no currículo, não podem continuar servindo como subsídios para uma prática docente engessada sem que os alunos possam compreender as contribuições que a mesma proporciona na atualidade (Moreira, 2017, p.1).

Esse autor nos convida a repensar a prática docente, já que modelos, conceitos e teorias da área de Física respaldam outras áreas como da Biologia, Química, entre outras, e estas, interligadas, explicam o mundo em que vivemos e contribuem para uma melhor atuação na vida em sociedade.

Outro aspecto importante destacado é o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) com uso de modelagens e simuladores, por exemplo, para o desenvolvimento de competências científicas. Moreira (2018) defende, maior investimento no ensino para que a aprendizagem seja significativa. Ensinar Ciências para resolução de problemas reais e não somente para cumprimento curricular.

Nesse contexto, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta por David Ausubel apresenta condições e princípios para um ensino que facilite essa aprendizagem. Para Ausubel (1978) aquilo que o aluno já sabe, isto é, seus conhecimentos prévios, influenciam diretamente em seu aprendizado. Ainda afirma que a estrutura cognitiva do aprendiz é aquela na qual a organização do conhecimento e a integração do novo material se processam. Para tanto, é necessário que as ideias, os conceitos e as concepções já existentes estejam disponíveis para serem “ancoradas” a novas informações e promovam a aprendizagem significativa (Moreira, 2011, p. 2).

É importante reconhecer que a aprendizagem significativa, não quer dizer que a nova informação forma, simplesmente, uma espécie de ligação com elementos preexistentes na estrutura cognitiva [...] Para ele o processo de aquisição de informações resulta em mudança, tanto da nova informação adquirida como no aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva ao qual essa se relaciona (Ausubel 1978, p. 57 *apud* Moreira, 2006, p. 25).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que define os processos de aprendizagem essenciais, direciona as etapas do desenvolvimento curricular para a educação básica na área de Ciências da Natureza em nível médio. Uma das competências específicas da base é a análise de fenômenos naturais e processos tecnológicos, propondo

ações educacionais para minimizar os impactos socioambientais e melhorar a qualidade de vida (Brasil, 2017, p. 553).

São também ênfases da BNCC a utilização de experimentos práticos com vegetais, a abordagem de fenômenos físicos, o uso da tecnologia, dentre outros. O estudo da natureza da luz e suas aplicações é destacado como uma das competências e habilidades (EM13CNT206), pois enfatiza a importância da preservação e conservação da biodiversidade e subsidia ferramentas para desenvolvimento do senso crítico, promove a reflexão para debates científicos de relevância sociocultural e ambiental (EM13CNT302) (Brasil, 2017).

Essa proposta curricular é desafiadora, pois por um lado a Física é vista como uma disciplina difícil somada à necessidade de conhecimentos básicos de matemática, listas de problemas, que por vezes promove uma aprendizagem mecanicista, com aulas teóricas que promovem altos índices de reprovação, além dos quais alunos em sua grande maioria estão em defasagem (Moreira, 2017). Por outro lado, observa-se certa aversão por parte dos alunos na disciplina de Biologia, como pondera Macedo (2018), ao se referir ao estudo da Botânica, no qual os alunos têm contato direto ou indireto com plantas. Assim em ambos os casos, por não observarem relevância ou aplicabilidade de tais conteúdos em seu dia a dia, os alunos precisam ser conduzidos de forma a gerar significados diante dessas disciplinas.

No contexto das orientações da BNCC, Paviani (2008, p. 288) defende que o uso da interdisciplinaridade promove uma maior interação entre alunos e professores, uma vez que auxilia na percepção da realidade, além de ampliar a forma de entendimento de como a ciência é produzida. Para Batista (2021, p.19), independente da disciplina a interdisciplinaridade permite a abordagem de um dado conteúdo curricular de maneira ampla e inclusiva, promovendo diálogo entre conceitos científicos e o cotidiano dos educandos.

Muitos docentes encontram dificuldades em trabalhar de forma interdisciplinar, já que o modelo padrão é a formação segmentada, ou seja, com disciplinas isoladas (Kelman; Moraes, 2002, p.26) e (Pierson; Neves, 2011, p.1). Como forma de transpor essas barreiras, a abordagem STEAM, acrônimo para *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics* (traduzido como Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática), propõe que o ensino seja contextualizado, interdisciplinar e problematizador. Antes denominada STEM mas, com a inclusão de Artes, essa abordagem foi ampliada, trazendo uma visão mais integradora das diferentes áreas, a fim

de formar educandos com maior criticidade e proatividade (Maia; Carvalho; Appelt, 2021, p. 69).

Uma cultura tecnológica foi de certa forma, estabelecida após a pandemia Covid-19 (Nascimento, 2020). Nas escolas estaduais do município de Campos dos Goytacazes-RJ., investiu-se na criação das chamadas salas *Makers*, ambientes de produção de conhecimento, que envolvem tanto a tecnologia como conteúdos interdisciplinares (Seeduc, 2023).

Para Pugliese (2020, p.22), a relação entre o movimento *Maker* e o STEAM resulta na formação de um aluno protagonista. Enquanto o primeiro está relacionado mais especificamente com o pensar mais operacional, “mão na massa”, o segundo envolve, de forma geral, os conteúdos de forma transdisciplinar<sup>1</sup>.

Diante do importante papel desse ensino transdisciplinar e prezando pela proatividade, criticidade e uma aprendizagem mais significativa, a questão que se levanta nessa intervenção didática: O ensino STEAM pode favorecer uma aprendizagem significativa de temas associados às áreas de Física e Biologia em Nível Médio?

Nesta perspectiva, a presente pesquisa tem como objetivo geral **analisar as contribuições de uma sequência didática (SD) STEAM para um ensino integrado sobre Fototropismo e Ondas Eletromagnéticas em nível médio.**

Os objetivos específicos definidos foram: elaborar e aplicar uma sequência didática (SD) sobre as propriedades das Ondas Eletromagnéticas e os conceitos de Física ondulatória em conexão com a fisiologia vegetal e o fototropismo; conectar o eletromagnetismo, fototropismo, energia e vegetais; analisar habilidades e competências dos alunos na percepção do mundo de forma consciente, como um ser crítico, proativo, atuante e criativo com a abordagem STEAM; motivar uma visão na solução de problemáticas do cotidiano; elaborar um Produto Educacional (PE), a ser disponibilizado como material de apoio a professores de Física e Biologia.

Como fundamentação teórica a presente pesquisa se baseou nos pressupostos da Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (Ausubel, 1982; Moreira, 1999), nas contribuições do STEAM (Bacich; Holanda, 2022) para a conceitualização e aplicação de um ensino transdisciplinar para a aprendizagem de conceitos inerentes ao estudo de luz e fototropismo (D'ambrósio, 2020).

---

<sup>1</sup> É uma metodologia que busca a comunicação entre os campos disciplinares, tendo como referencial teórico o holismo e a teoria da complexidade e coloca o indivíduo com o ser das interações (Pires, 1998, p.176).



Uma pesquisa qualitativa, mais especificamente um Estudo de Caso (Bogdan; Biklen, 1994, p. 89). A SD foi aplicada em 10 encontros de 2 h/a (100 minutos semanais). O público alvo foi uma turma de segundo ano do ensino médio de colégio estadual, localizado na cidade de Campos dos Goytacazes, RJ no qual a pesquisadora atua como professora efetiva.

Essa Dissertação está estruturada em 7 capítulos A introdução como capítulo 1, seguida do referencial teórico, capítulo 2 que aprofunda os pilares teóricos da pesquisa, descrevendo melhor a TAS, o contexto do STEAM, os conteúdos transdisciplinares Ondas Eletromagnéticas, (luz visível) e Fototropismo.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia da pesquisa, dando ênfase ao tipo de pesquisa, os riscos e benefícios, ao contexto e instrumentos de coleta de dados, bem como os participantes envolvidos, a sequência didática (SD) e a análise dos dados.

O capítulo 4 traz a descrição do produto educacional, no qual será detalhado cada encontro planejado da SD. No capítulo 5, temos a descrição da aplicação do produto educacional, com a descrição detalhada da aplicação da SD em sala de aula, as interações e registros dos acontecimentos durante o processo.

As análises dos dados e resultados, estão no capítulo 6 e para finalizar, o capítulo 7, com as conclusões, seguido pelas referências e apêndices, em anexo, o produto educacional resultante da pesquisa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O capítulo a seguir abordará os seguintes subitens: 2.1 a Teoria da Aprendizagem (TAS); 2.2 a Abordagem STEAM e suas contribuições para o ensino de Ciências; as 2.3 Ondas Eletromagnéticas; o 2.4 Fototropismo e a 2.5 União entre Luz e Fototropismo.

### 2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

Apesar dos avanços tecnológicos e progressos da sociedade a escola ainda ocupa uma posição de conceitos mecanicistas que não permitem aberturas para outras perspectivas de aprendizagem, ou seja, um ensino fora de foco da realidade atual, com conceitos que são considerados “verdades” absolutas, respostas apresentam apenas um resultado e o conhecimento é unicamente “transmitido” (Moreira, 2006).

Em 1963, o médico e psicólogo educacional americano David Ausubel, iniciou uma mudança de forma a revolucionar os parâmetros do processo da aprendizagem educacional, apresentando a TAS - *Teoria da aprendizagem significativa* como oposição a aprendizagem memorística (Ausubel, 1963; Moreira, 2006). A presente pesquisa foi guiada por este *viés* a fim de deter subsídios sobre o processo de aprendizagem dos educandos.

Para esse autor, a estrutura cognitiva do aprendiz passa por um processo de integração e reorganização. Novas informações se ancoram em conhecimentos prévios específicos chamados *subsunçores*; são “pontes cognitivas” estruturadas para que o educando possa permear entre concepções já existentes e as novas informações, introduzindo novos conceitos. Essa assimilação se chama aprendizagem significativa (Moreira, 1995, p 155).

Agora, quando não há interação na estrutura cognitiva entre os conhecimentos prévios e as novas informações a aprendizagem é mecânica. Ocorre apenas uma assimilação momentânea, as ideias podem ser esquecidas com mais facilidade pela falta de retenção (Moreira, 2016, p.16). O autor defende, que esse tipo de aprendizagem não pode ser descartada, pois o processo de repetição e de associações contínuas potencializa a aprendizagem (Moreira, 2018 p.23).

Para aprender significativamente, dois critérios foram estabelecidos por Ausubel (2003): um material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, isto é, que estimule as interações entre as estruturas cognitivas e o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. Tais critérios se justificam pela estabilidade cognitiva e por

dar um significado ao conhecimento. Logo, a aprendizagem se dará de forma não arbitrária substantiva. Caso contrário ocorre de forma arbitrária e memorizada, na forma de uma aprendizagem mecânica (Moreira, 2011).

Destaca-se também que na intenção de estimular o aluno a aprender, pode ocorrer com o professor sendo o “sujeito ativo” do processo, aprendizagem por recepção (Moreira, 2018, p.11), ou aprendizagem por descoberta, nesse caso, o aluno sendo o “sujeito ativo” para deter o conhecimento e o professor apenas um intermediador (Moreira, 2016, p. 9).

Ausubel (1982) estabelece dois princípios para a estruturação do conhecimento: a *diferenciação progressiva*, ao ensinar um assunto a partir do conceito mais abrangente de um tema geral e posteriormente direcionar ao específico e a *reconciliação integrativa*, que contribui para a compreensão de conceitos na estrutura cognitiva do educando, apontando diferenças aparentes, inconsistências e discrepâncias. (Moreira, 2011).

No contexto da TAS o recurso pedagógico na introdução de materiais, que possibilita identificar ou criar *subsunçores*<sup>2</sup> por estímulo são os *organizadores prévios*. Com a finalidade de motivar as pontes cognitivas, pode ser apresentado ao aluno através de pergunta focal, experimentos, filmes ou vídeo relacionado (Moreira, 2016, p. 11). Os organizadores prévios são importantes para nortear o material no intuito de ser potencialmente significativo.

No presente projeto a TAS fundamentou a elaboração da SD, observando critérios e princípios importantes, com a finalidade de subsidiar indícios que levassem a uma aprendizagem mais significativa, transdisciplinar, crítica e que promovesse no educando a consciência sobre a importância do conhecimento científico para seu cotidiano.

## **2.2 Abordagem STEAM e as contribuições para o ensino de Ciências**

A abordagem STEM iniciou-se em 1980, nos Estados Unidos, com intuito de amenizar as dificuldades dos alunos nas áreas exatas. Em meados de 2000 integrou-se a disciplina de Artes passando para o acróstico STEAM. Tem como objetivo o protagonismo dos alunos de forma a aflorar suas experiências socioculturais na resolução de problemas de forma a agregar valores e competências, tendo o professor como seu intermediador (Bacich; Holanda, 2000, p. 3).

---

<sup>2</sup> Estrutura de conhecimento prévio e específico que contribui para a inserção de novos conhecimentos (MOREIRA, 2006).

Atualmente a BNCC sugere como ferramenta para ensino integrado e como competências 2 e 3 da disciplina de Ciências da Natureza o modelo *STEM Education*. Nesta perspectiva, a intenção é fornecer duas aulas extracurriculares para que os alunos atuem num laboratório de baixo custo. O objetivo é a centralidade do processo de ensino e aprendizagem, gerando maior capacidade de argumentação e resolução de problemas de forma crítica (Brasil, 2018).

Segundo dados do IBGE<sup>3</sup> (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) apontam que o número de usuários de internet no Brasil aumentou em 10 milhões entre 2009 e 2011 e que houve um aumento de 12,6% jovens entre 11 e 14 anos que possuem aparelhos celulares. Diante dessa realidade, cabe ressaltar que estamos diante de uma geração que se encontra submersa no universo digital e com isso, foi dada uma certa importância às tecnologias digitais, já que estão presente no social e na vida acadêmica do aprendiz. Referenciais construídos a partir de diferentes campos com o intuito de compreender o termo Geração Digital (GD) permitiram um olhar mais ampliado para os sujeitos jovens inseridos num tecido social tecnológico (Bortolazzo, 2015, p.14).

Variadas publicações de caráter midiático aliadas à órgãos governamentais têm promovido um olhar mais amplo para as características peculiares dos jovens, assim como os hábitos adquiridos nesse ambiente digital, já que as tecnologias se tornaram cada vez mais acessível a alunos que, por sua vez, são a cada dia mais jovens.

Nesse contexto, houve uma reformulação dos conteúdos abordados na sala de aula e nas escolas estaduais do Rio de Janeiro, o Novo Ensino Médio possui em sua organização curricular dos itinerários formativos, uma trilha de aprendizagem chamada Ger@ção Digit@l que inclui como componente curricular a *Cultura STEAM* ministrada em dois horários (100 minutos) de aulas semanais, com o objetivo de desenvolver o ensino, valorizando as áreas integradas propostas nessa abordagem com o intuito de tornar o aluno crítico, capaz de atuar na resolução de problemas do cotidiano (Seeduc, 2023). Além disso, a previsão é de que estará presente em 2024, no novo ENEM, como modelo integrado para incentivar a criticidade, a criatividade e a cientificidade dos alunos (Bacich; Holanda, 2022).

Com base em currículos de outros países, a BNCC alinhou seu currículo e inseriu o STEAM para atender as necessidades dos educandos na atualidade, que além de atuarem como protagonistas são motivados à resolução de problemas. A abordagem STEAM é diretamente referenciada no título do recém-criado tema integrador para o novo

---

<sup>3</sup> Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/acessointernet/> Acesso em: 25. Jan. 2013.

Ensino Médio brasileiro. Esse tema de projeto de vida, além das competências apontadas anteriormente, objetiva oportunizar ao aluno valorização e utilização dos conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva (Maia, 2021, p.73, apud Brasil, 2019).

Com origem na metodologia de ensino Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), a abordagem STEAM dá ênfase à solução de problemáticas para a elaboração de projetos. Os projetos devem ser autênticos, motivadores, ancorados na realidade dos alunos estimulando seus engajamentos e construção social e outras habilidades exigidas no Séc. XXI como: pensamento crítico, cultura digital, criatividade e colaboração (Bacich; Holanda, 2022, p.27).

De forma geral o ensino STEAM permite lincar diversos assuntos de maneira integrada. Roberto *et. al.* (2021) utiliza em sua pesquisa a modelagem da matemática, por meio da problematização do cotidiano de alunos do primeiro ano do ensino médio do curso técnico profissionalizante de agropecuária. Esse autor coloca em prática conceitos matemáticos como: perímetro, área, regra de três, unidades de medidas para fins de reflexão sobre a produtividade de hortaliças desde adubar, preparar o local do cultivo, dentre outros. Como resultados, foi observado destacado protagonismo dos alunos, ensino transdisciplinar e interações do cotidiano com conteúdo ambientais e matemáticos desenvolvendo valores significativos a vida do educando.

Outra pesquisa destacada foi desenvolvida por Machado e Girotto (2019), tendo o ensino de Química como eixo central, mas almejando um ensino de forma intradisciplinar, utilizou a abordagem STEAM para contextualizar os conteúdos as disciplinas envolvidas com o cotidiano do educando. As contribuições do ensino STEAM na Química, como uma ferramenta de ensino de forma potencial, com sustentação, motivadora e contextualizada em diversos conceitos tais como: modelos atômicos moleculares ao universo macroscópico, a mecânica quântica, ligações químicas, química computacional, tecnologia, estequiometria e tantos outros assuntos que podem ser interligados de forma interdisciplinar.

No cenário pandêmico, Nascimento (2020, p. 200) utilizou STEAM como abordagem para aulas remotas de robótica a docentes e posteriormente a discentes, com montagens e programação de sistemas de baixa complexidade. Os resultados foram satisfatórios, pois a solicitação para conclusão foi a modelagem e programação de robôs com componentes que os fizessem funcionar com apresentação dos protótipos e explicação de modelo 3D, circuito elétrico e funcionamento.

Em busca por aulas mais dinâmicas os professores universitários da Cooperativa da Colômbia da disciplina de Física Mecânica, empregaram a STEAM ressaltando o *Design Thinking* “pensamento do design” que está relacionado a Artes do acrônimo (Sierra *et. al.* 2019). Para Bacich e Holanda (2020, p.128), o processo de *design* expõe o educando a etapas semelhantes ao método científico, empatizar, definir, idear, prototipar e testar, a diferença está no rigor dos testes, no processo de experimentação e a reprodução de resultados.

No trabalho de Sierra *et. al.* (2019), os alunos possuíam conhecimentos prévios em programação elétrica. Com a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), o desafio era programar a tecnologia do Arduino de forma coletiva e interagir de acordo com suas habilidades na resolução de problemas. Os resultados foram positivos na aquisição de conhecimento, produção de artigos científicos além da conclusão do protótipo.

Destaca-se, assim, a relevância da abordagem STEAM devido à sua implementação com experimentação, por colocar o aluno no centro do processo e oportunizar o uso de metodologias ativas como Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), mão-na-massa (*maker*), *Design Thinking*, uso de tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs) (Maia, 2021).

Para Maia (2021, p. 71) as práticas pedagógicas em Educação STEAM, tem como finalidade desenvolver os trabalhos pedagógicos de maneira prática com procedimentos e saberes das cinco áreas que a compõe. Já autores como Watanabe e Costa (2020) defendem que o uso das TDICs no contexto de ensino STEAM, pois contribuem para a formação de alunos mais críticos, com habilidades associadas à tecnologia digital para potencializar a construção do saber e à autorreflexão. Para eles, apenas a inserção da tecnologia não é suficiente se o educando não souber aplicá-la e utilizá-la nas soluções de problemas inerentes do seu cotidiano.

Com ênfase na didática em sala de aula Valente (2014) destaca que o uso das TDICs pelos docentes assegura o aprendizado, uma vez ferramentas digitais como a *internet*, as redes sociais, os aplicativos, proporcionam uma vasta fonte de informação. Entretanto, é necessário ter um objetivo específico para não se perder conhecimento e tempo. Para esse autor, abordagens educacionais embasadas na aprendizagem ativa possibilitam a observação das ações dos indivíduos diante dos projetos e resoluções de problemas de forma individual e/ou em grupo pela facilidade de comunicação.

A presente pesquisa utilizou a abordagem STEAM no contexto das atividades da SD, para o estudo transdisciplinar dos conceitos Luz e Fototropismo. Por meio de projetos experimentais, os alunos tiveram a oportunidade de buscar respostas à problemática

proposta. O ensino STEAM contribuiu para instigar os alunos a buscar respostas e a conexão das ciências com mundo que os cerca.

Uma das competências específicas da base é a análise de fenômenos naturais e processos tecnológicos, propondo ações educacionais para minimizar os impactos socioambientais e melhorar a qualidade de vida (Brasil, 2017, p. 553). Essa preocupação torna-se mais relevante contida na Agenda 2030<sup>4</sup>, dentro de alguns Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) ressaltados na mesma, tais como: “assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos e com isso, aumentar substancialmente o número de jovens e adultos que tenham habilidades relevantes, inclusive competências técnicas e profissionais, para emprego, trabalho decente e empreendedorismo” (Mundo, 2016, p.19).

### 2.3 Ondas eletromagnéticas

A Radiação eletromagnética, incluindo a luz, que é a denominação do espectro visível, possui características tanto de onda quanto de partícula. A partícula da radiação eletromagnética é denominada fóton e, ele possui uma quantidade de energia denominada *quantum*. Essa energia depende da frequência ( $\nu$ ) de radiação e da constante de Planck ( $h = 6,626 \cdot 10^{-34} J.s$ ), e é expressa como:  $E = h\nu$  (Eisberg; Resnick, 1979).

O primeiro pesquisador a entender a natureza da luz e a sua dinâmica foi James Clerk Maxwell (1831-1879) iniciando os conceitos de ondas eletromagnéticas. Maxwell teve também contribuição na área da termodinâmica, óptica, astronomia e fotografia. Utilizou as leis de Gauss, Faraday e Ampère. Reforçou a lei de Ampère contribuindo na variação do vetor deslocamento elétrico com o tempo e, devido a isso, afirmou que tanto campos elétricos quanto magnéticos se propagavam no espaço de forma ondulatória. Esse fenômeno foi denominado de ondas eletromagnéticas, e constitui uma maneira eficiente de transporte de energia e informação. Desta forma a Física que descreve a dinâmica do campo eletromagnético da matéria está contida nas equações de Maxwell (Reitz; Milford; Christy, 1992), dadas por, as equações de Maxwell são:

Equação de Gauss para o campo elétrico:

$$\nabla \cdot E = \rho/\epsilon_0 \quad (1)$$

---

<sup>4</sup> Agenda 2030 é uma ambiciosa lista de ações que visa implementar o desenvolvimento sustentável por meio de 17 objetivos (ODS) subdivididos em 169 metas globais como resultado da Conferência Internacional sobre o Financiamento do Desenvolvimento de 2015.

Equação de Gauss para o campo magnético:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (2)$$

Lei de Faraday para a indução eletromagnética:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\partial \mathbf{B} / \partial t \quad (3)$$

Lei de Ampère-Maxwell com a adição do termo de deslocamento de Maxwell:

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \partial \mathbf{E} / \partial t \quad (4)$$

Nessas equações,  $\mathbf{E}$  representa o campo elétrico,  $\mathbf{B}$  representa o campo magnético,  $\rho$  é a densidade de carga,  $\epsilon_0$  é a permissividade do vácuo,  $\mu_0$  é a permeabilidade do vácuo,  $\mathbf{J}$  é a densidade de corrente e  $\partial/\partial t$  indica a derivada parcial em relação ao tempo.

Usando a contribuição de Maxwell Eq. (4) e realizando manipulações nas equações de Maxwell de (1) - (4), no vácuo, ou seja:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 0; \quad (5)$$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0; \quad (6)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \quad (7)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}. \quad (8)$$

Aplicando a identidade,

$$\vec{\nabla} \times \vec{\nabla} \times \vec{E} = \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) - \vec{\nabla}^2 \vec{E}, \quad (9)$$

em (7) temos:

$$-\vec{\nabla}^2 \vec{E} = -\frac{\partial \vec{\nabla} \times \vec{B}}{\partial t}. \quad (10)$$

Substituindo a equação (8) em (9) obtemos:

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}, \quad (11)$$

onde  $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ . Considerando se a onda elétrica se propaga em,  $z$ , que é uma direção perpendicular à oscilação ( $x, y$ ), então o campo depende funcionalmente somente da direção de propagação e do tempo,  $\vec{E}(z, t)$ , vemos que o campo elétrico é um vetor, para um onda transversal. Sabemos que o campo elétrico é perpendicular a direção de propagação e perpendicular ao campo magnético, desta forma, chegamos as seguintes equações de onda para o campo elétrico e magnético (Young; Freedman, 2009).

$$\frac{\partial^2 E_y(z, t)}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E_y(z, t)}{\partial t^2} = 0; \quad (12)$$



$$\frac{\partial^2 B_x(z,t)}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 B_x(z,t)}{\partial t^2} = 0, \quad (13)$$

devido ao resultado de Maxwell,

$$c = \lambda f = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}, \quad (14)$$

Onde:

$c$  é a velocidade da luz no vácuo;

$\lambda$  é o comprimento da onda;

$v$  é a frequência da onda;

$\epsilon_0$  é a permissividade elétrica no vácuo;

$\mu_0$  é a permeabilidade magnética no vácuo

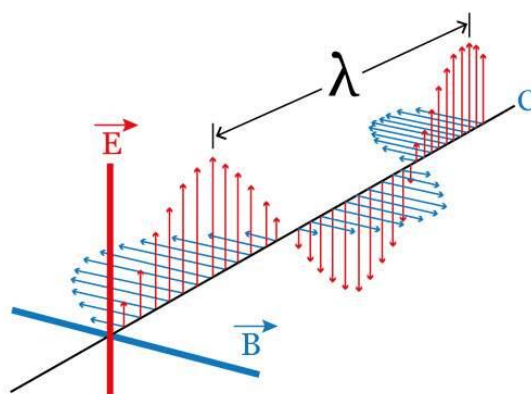
A solução dessas equações para ondas senoidais (Young; Freedman, 2009) são dadas por:

$$\vec{E}(z,t) = -E_0 \text{sen}(kz - \omega t) \hat{j} \quad (15)$$

$$\vec{B}(z,t) = B_0 \text{sen}(kz - \omega t) \hat{i} \quad (16)$$

Em algumas ondas eletromagnéticas de funções seno planas, permanecendo os campos uniformes que se encontram em um plano perpendicular se considerado a direção de propagação constituída com a velocidade da luz ( $c$ ). A Figura 1 esclarece que nas direções  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  são ortogonais a direção de propagação da onda de maneira a onda ser transversal (Young, Freedman, 2009).

**Figura 1:** Forma de uma onda eletromagnética no vácuo.



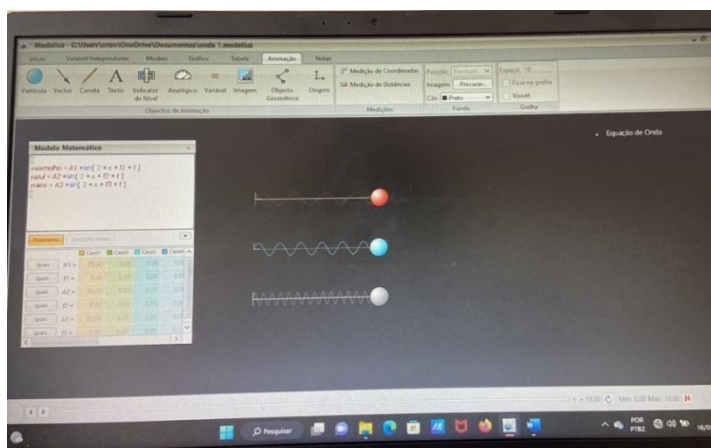
Fonte: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/ondas-eletromagneticas>.

Ondas eletromagnéticas produzidas por uma carga puntiforme oscilando são exemplos de ondas senoidais que não são ondas planas. Se restringirmos nossa observação a uma região relativamente pequena e para pontos muito afastados da fonte, essas ondas podem ser consideradas planas. De modo análogo a superfície curva da Terra esférica parece ser plana para um observador no solo, porque o raio da Terra é muito maior do que o tamanho do observador (Saraiva, p. 37, 2020).

As características básicas de uma onda transversal que são o comprimento de onda  $\lambda$  e a frequência  $\nu$ . Para uma determinada frequência temos sua ligação com o comprimento de onda é  $c = \lambda\nu$ .

Na Figura 2, a tela do *software* de modelagem matemática *Modellus* que representa a propagação de uma onda com  $x = 0$ , essa onda representa o instante que a onda chega na planta, colocando esse instante sendo o referencial  $x = 0$ .

**Figura 2:** Tela representativa do *software* de modelagem matemática *Modellus*.



Fonte: Elaboração própria.

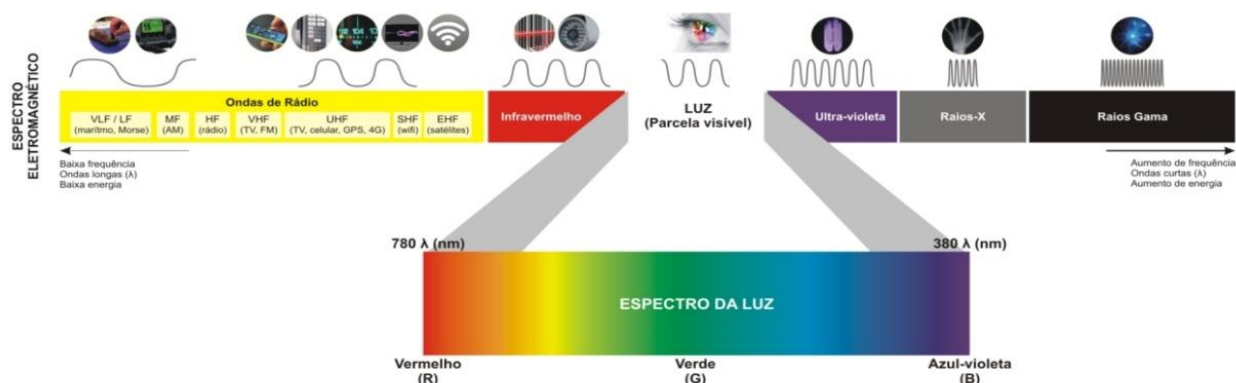
Para entender a luz e a matéria é necessário observar as interações entre elas. A luz visível do espectro eletromagnético (Figura 3), possui uma dependência biológica em processos como o fototropismo<sup>5</sup>, fotoperiodismo<sup>6</sup> e a fotossíntese<sup>7</sup>. No ambiente escolar, essa abordagem é muito explorada no âmbito da Biologia, não dando ênfase ao comportamento das ondas eletromagnéticas que é a contraparte estudada pela Física.

<sup>5</sup> Resposta direcional de crescimento vegetal em direção a luz (Taiz, *et.al*, 2017).

<sup>6</sup> Regulação fisiológica ou desenvolvimento vegetal por determinado período do dia (Taiz, *et.al*, 2017).

<sup>7</sup> Processo de conversão de energia solar em energia química (Taiz, *et.al*, 2017).

**Figura 3:** Representação do Espectro eletromagnético.



Fonte: Estudo da cor<sup>8</sup>

Os seres vivos são formados de moléculas grandes e complexas que estão interligadas por pontes de hidrogênio e interações fracas sendo excitadas por dependência da luz visível, sendo esta a única disponível por meio da luz solar, já que oxigênio e ozônio absorvem grande parte do comprimento de onda de alta energia (Raven, *et. al.* 2014, p.269).

## 2.4 Fototropismo

A fisiologia vegetal é a área da Botânica que estuda os processos fundamentais e vitais para as plantas, dentre eles temos o tropismo movimentos e orientações sob influência de vários fatores: gravidade, luz, temperatura, umidade (Accorsi, 1952, p.8; Raven *et. al.*, 2014, p. 46).

O fototropismo é o fenômeno em que as plantas sofrem crescimento de inclinação devido a intensidade de luz (Accorsi 1952, p.14). Para Raven *et. al.* (2014, p.1236) é um distúrbio do alongamento celular em ligação a uma perturbação na circulação da auxina AIA (ácido indolacético). Para Taiz e Zeiger (1998, p.221) a AIA é transportada para o lado sombreado gerando um crescimento celular local em resposta a região iluminada gerando um diferencial e conseqüentemente ocorre a curvatura em direção a luz.

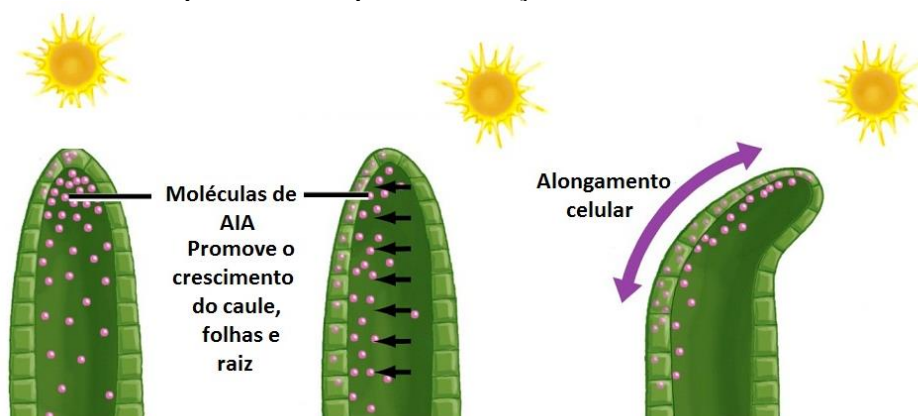
A auxina foi o primeiro hormônio de crescimento estudado em plantas, descoberto por Charles e Francis Darwin em 1881, na obra *O Poder do Movimento das Plantas*. Eles investigaram os coleótilos, estruturas tubulares ocas que, após se romperem, originam a primeira folha, observando sua curvatura nas bainhas de folhas jovens e nos hipocótilos

<sup>8</sup> Disponível em: <https://estudodacor.wordpress.com/aspectos-fisicos/espectro-da-luz/espectro-2/#jp-carousel-773>

de plântulas em resposta à luz unidirecional. Os Darwins perceberam que a curvatura do ápice da planta em direção à luz branca era causada por uma “influência” transportada do ápice para a região de crescimento, gerando assimetria (Taiz, *et.al*, 2017, p.417; Raven *et. al*, 2014, p. 1194).

As plantas possuem flavoproteínas, conhecidas como fototropinas 1 e 2, que atuam como fotorreceptores e contribuem para a curvatura fototrópica (Taiz, *et.al*, 2017, p.417; Raven *et. al*, 2014, p.1237). As fototropinas, fotorreceptores primários, são proteínas hidrofílicas localizadas na membrana plasmática celular. Estudos indicam que, após 15 minutos de exposição à luz, há um acúmulo de auxina na parte sombreada do hipocótilo<sup>9</sup>, com a curvatura (Figura 4) ocorrendo cerca de 2 horas após a exposição à luz azul (Taiz *et al.*, 2017, p. 417). A luz está relacionada ao número de fótons por unidade de área, sendo a luz azul a mais eficaz e indutiva nesse processo (Raven *et al.*, 2014, p. 1236).

**Figura 4.** Fototropismo em resposta a radiação solar e o hormônio auxina.



Fonte: Imagem adaptada<sup>10</sup>

A AIA possui estrutura química relativamente simples é um hormônio de crescimento natural, sintetizado a partir do aminoácido triptofano (Mendes *et.al* 2015 p. 101), os pesquisadores sintetizaram a molécula, os quais possuem funções reguladoras do crescimento e herbicidas na horticultura e na agricultura (Taiz *et al.* 2017, p. 417)

Lorencini e Soato (2019) expõem em seu trabalho as atividades com alunos do ensino médio de uma escola particular no Paraná sobre fototropismo. Foram realizados, experimentos com feijões, com objetivo de se observar a influência da luz na curvatura

<sup>9</sup> É a parte do caule de uma plântula em germinação que fica abaixo dos cotilédones (folhas embrionárias) e acima da radícula (Raven *et al.*, 2014).

<sup>10</sup> Disponível em: <http://katyabotanica.blogspot.com/2015/06/hormonios-vegetais.html>

vegetal e do fitormônio. Uma sequência didática foi elaborada na vertente construtivista e interações discursivas na busca de entender significativamente o fototropismo dentro da fisiologia vegetal.

Ao germinar sementes de mostarda em câmaras totalmente escuras com apenas uma pequena abertura lateral observou-se o “*seedling*” (desenvolvimento vegetal), o que não ocorreu numa câmara totalmente escura (Accorsi, 1952, p. 14). Apropriando de ideias similares às relatadas, a presente pesquisa utilizou caixas para que os alunos pudessem praticar a simulação experimental, levando à reflexão sobre as interações entre o desenvolvimento vegetal e a incidência da luz.

Macedo, (2018) ressalta que existe a dificuldade entre os alunos quanto a percepção da importância dos vegetais no cotidiano, com possível justificativa o interesse dos educandos pelo reino animal devido a possuírem grande movimentação, conseqüentemente, maior interação. Desta forma, o autor ressalta que trabalhar conteúdos relacionados a movimentos como o das plantas (tropismos) pode despertar a curiosidade e estimular no processo de aprendizagem.

Gonçalves *et al.*, (2017, p.1) destaca em seu trabalho sobre fisiologia vegetal, a necessidade do professor de Ciências em buscar a criatividade, não apenas para suprir as carências de materiais e recursos escolares, mas também para levar a aula prática como instrumento para a aprendizagem, juntamente com os conhecimentos pré-existentes do aprendiz.

As mudanças no ensino de Botânica são necessárias, desta forma uma das estratégias metodológicas citadas por Oliveira *et al.*, (2022, p. 22) seria a de investir na formação continuada dos docentes, a fim de que ocorra a oferta de uma educação de qualidade.

## **2.5 União entre Luz e Fototropismo**

O olho humano observa a luz branca ou fontes artificiais de forma unificada. No entanto, em 1700, Isaac Newton nos mostrou que há algo além dessa aparente homogeneidade. Ao usar um prisma, ele revelou o espectro de cores e propôs que a luz se propaga em linha reta. Posteriormente, em 1880, Maxwell sugeriu que a luz se propaga por meio de ondas eletromagnéticas. Em 1905, ao estudar o efeito fotoelétrico, Einstein destacou a dualidade da luz, sugerindo que ela se comporta tanto como onda quanto como partícula, por meio da teoria corpuscular (Raven *et al.* 2014, p. 267).

Nos experimentos feitos por Winslow Briggs, constatou-se que independente da presença ou não da claridade, a quantidade de auxina sintetizada através dos ápices da planta são distribuídas uniformemente, porém a exposição a luz unilateralmente promove a migração da auxina para a região menos iluminada, causando o alongamento (crescimento) celular nesta região e conseqüentemente a curvatura vegetal o que caracteriza o fototropismo (Raven *et al.*, 2014, p. 1236).

Hochmüller *et. al* (2012), utilizou o feijão (*Phaseolus vulgaris*), espécie de rápido crescimento, logo indicada para experimentos em sala de aula. Pode observar que a germinação da semente ocorre tanto no escuro quanto no claro, porém em condições normais de iluminação, tende a desenvolver uniformemente as estruturas das folhas, caules e raízes, pois a reserva de nutrientes advindos dos cotilédones é finalizada.

No entanto, ao acompanhar o desenvolvimento da *Phaseolus vulgaris*, num ambiente escuro (dentro da caixa de sapato) com apenas um pequeno orifício para incidência de luz, houve um estiolamento, nome dado ao alongamento caulinar, as folhas ficaram pequenas e amareladas devido à ausência da produção de clorofila<sup>11</sup> sendo uma estratégia de sobrevivência em direção à luz, em comparação com o vegetal que foi plantado fora da caixa as folhas obtiveram crescimento normal e de coloração verde claro para verde escuro, devido à intensas absorções da luz (Hochmüller, *et.al* 2012).

A absorção de radiação visível dos vegetais é feita pela clorofila um pigmento que absorve radiação azul e vermelha (reflete a luz verde) e pelos carotenoides que absorve a luz azul e ultravioleta, processo fundamental para a reação fotoquímica da fotossíntese (Raven *et. al*, 2014, p.269).

Na atmosfera, a radiação ultravioleta é retida por moléculas de oxigênio (O<sub>2</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>). Cada comprimento de onda tem uma quantidade específica de energia associada, sendo inversamente proporcional, quanto menor o comprimento maior a energia associada (Victório, 2007, p. 1; Raven *et. al*, 2014, p. 269).

---

<sup>11</sup> Pigmento fotossintético presente nos cloroplastos das plantas, com função de absorção da luz. (Raven, *et. al.* 2014).

### **3. METODOLOGIA DA PESQUISA**

Este capítulo tem por objetivo definir o tipo de pesquisa e descrever o contexto, os riscos e benefícios, os participantes da pesquisa, instrumentos de coleta de dados e método de análise de dados. Também será descrita resumidamente cada etapa da SD elaborada.

#### **3.1 Tipo de pesquisa**

A referente pesquisa é qualitativa, mais especificamente, um Estudo de Caso, definido como estratégia de investigação por Bogdan e Biklen (1994. p.11), cujas etapas são iniciadas com o recolhimento de dados nos contextos e comportamentos naturais do sujeito. Na busca de apreender as diversas perspectivas entre o mesmo e os fenômenos, ocorre a descrição dos momentos da investigação, porém o interesse dos investigadores é mais intenso no processo do que nos resultados, uma análise de dados de forma indutiva, e posteriormente, resultados e avaliações (Bogdan; Biklen, 1994. p.47-50).

André (2013) reforça que o Estudo de Caso pode ser uma valiosa ferramenta para investigar os fenômenos educacionais, já que nos permite a sua compreensão desde o surgimento até a sua evolução. Todos os dados recolhidos, analisados, ou qualquer resquício serve para esclarecer o objeto de estudo, e possuem uma importante análise para a investigação qualitativa. Não são apenas números, mas podem ser imagens ou palavras, ou seja, uma análise descritiva (Bogdan; Biklen, 1994).

A presente pesquisa apresentou baixo risco a vida dos educandos já que os experimentos e materiais utilizados faziam parte do contexto escolar, os recursos como Arduínos e experimentos eletrônicos foram materiais advindos do projeto da implementação da Sala *Maker* disponibilizados pela SEEDUC RJ, para utilização dos professores regentes em suas unidades escolares.

#### **3.2 Riscos e Benefícios da pesquisa**

Os riscos previstos na aplicação da pesquisa, eram a possibilidade do cansaço, desconforto ao responder questionários e possíveis alterações de comportamento durante os trabalhos em grupo realizados no período da aplicação da SD.

As medidas tomadas para prevenir, minimizar ou mitigar o cansaço, desconforto e possíveis alterações do comportamento dos alunos foram: fazer pequenas pausas (intervalos) possibilitando aos alunos o movimento e recarregar suas energias; ofertar

aulas práticas e interativas, para manter os alunos envolvidos e motivados; promover uma comunicação aberta entre alunos, pais e professores para identificar e resolver problemas de maneira proativa; garantir cadeiras e mesa ergonômicas para uma postura adequada e reduzir desconforto físico, sala de aula bem iluminada, arejadas e com temperatura confortável. Todas essas medidas visaram criar um ambiente escolar mais saudável e propício ao bem-estar dos alunos.

Vale ressaltar que a escola possuía uma orientadora educacional com função de apoiar os alunos com aconselhamentos para lidar com o estresse e a pressão escolar, outro recurso que poderia ser solicitado, durante a aplicação da SD, era a ajuda psicológica no CAPS (Centro de Atenção Psicossocial) - unidade básica de saúde mais próxima à moradia do paciente, todavia não foram necessárias as solicitações destes recursos.

Em relação a possibilidades de danos à dimensão física do educando, estaria relacionado ao manuseio dos materiais experimentais, entretanto todas as práticas foram previamente manipuladas pela pesquisadora responsável para testar as montagens e certificar a segurança em todas as etapas, e assim, minimizar os possíveis danos.

Além disso, as aulas práticas, foram mediadas pela pesquisadora, orientando os alunos caso desejassem manusear de outra forma que não a direcionada nos roteiros, deveriam perguntar para que os possíveis testes fossem feitos de maneira segura. O experimento com tecnologias como Arduíno confere risco muito baixo, visto que produzem baixas tensões.

Apesar dos baixos riscos de acidentes, caso ocorresse algum dano, a pesquisadora responsável se colocou à disposição, sendo possível procurá-la pelos contatos que estavam nos termos de consentimentos como TALE e TCLE. Além disso, em caso de emergência devido a algum dano causado pela aplicação, havia a Unidade Básica de Saúde (UBS) Jamil Abdu localizada a 500 metros da escola em que a pesquisa foi feita, onde um possível atendimento de emergência poderia ser realizado. Caso ocorresse alguma eventualidade como mudança de comportamento no momento da aplicação da pesquisa e fosse necessário, o aluno seria socorrido por carro próprio, táxi ou uber, o meio mais rápido, pela pesquisadora. Não houve a necessidade de utilizar desses recursos, nem havendo nenhuma eventualidade.

Os possíveis benefícios foram a aprendizagem de conteúdos relacionados ao Fototropismo e a Ondas eletromagnéticas, disponibilizadas nas aulas com recursos diversificados como jogo de tabuleiro, utilização de tecnologias como Arduíno, aplicação de uma (SD) de forma acessível que pudesse contribuir para indícios de uma aprendizagem significativa e associar os conceitos ao cotidiano. Para a sociedade a



referente pesquisa tendeu a proporcionar o desenvolvimento de habilidades úteis para o educando na atuação em comunidade, já que estavam em grupos uma vez que interagiram e desta forma podem ser subsídios para a vida social, o mercado de trabalho e impulsionar a vida do educando.

As informações prestadas nesta pesquisa ficaram sob sigilo, não sendo as informações a estranhos. Os resultados da pesquisa são publicados no catálogo de dissertações do Instituto Federal Fluminense *Campus* Centro, sem identificar dados pessoais ou quaisquer documentos, questionários, roteiros e/ou atividades dos participantes. Os participantes podem acessar os resultados do trabalho no endereço <<https://portal1.iff.edu.br/>>, uma vez que as dissertações ficam em livre acesso após a defesa final. E se desejassem receber o trabalho, poderiam solicitar, entrando em contato com a pesquisadora através do contato presentes nos termos TALE e TCLE e receber os resultados via *e-mail* ou em formato que lhe mais for apropriado. Esclarecemos que os resultados poderão ser publicados em eventos, revistas ou em outros meios de divulgação científica, garantindo crédito aos autores.

Em resumo, fica esclarecido nos termos do TALE e TCLE que o participante tem direitos como: 1) a assistência integral e gratuita, por parte dos pesquisadores, para sanar dúvidas em qualquer etapa da pesquisa e após seu encerramento, pelos dados de contato informados ao final deste documento; 2) de acesso aos resultados da pesquisa; 3) a pedir ressarcimento em caso de eventuais despesas decorrentes de sua participação no estudo; 4) a solicitar indenização em caso de danos decorrentes da pesquisa.

### **3.3 Contexto da pesquisa**

A pesquisa foi aplicada em escola estadual da cidade de Campos dos Goytacazes, RJ, imagem na Figura 5. A SEEDUC programou os laboratórios configurados como salas *Makes* nas escolas na busca por tendências pedagógicas em que os alunos protagonizem suas criações, autonomia, senso crítico e trabalho em equipe (Seeduc, 2023).

Bacich e Holanda (2020, p. 23) afirmam que algumas empresas de tecnologia do setor educacional estão criando produtos relacionados ao STEAM, que estão sendo introduzidas nas escolas como aulas de robótica, cultura *maker* e a impressora 3D.

A referente unidade escolar atende ao público do bairro onde a mesma se encontra e das comunidades vizinhas, atendendo atualmente apenas para o ensino médio, pois o prédio é utilizado de forma compartilhada com a Prefeitura Municipal de Campos dos Goytacazes (PMCG) que absorveu gradativamente os alunos do ensino fundamental.

**Figura 5:** Escola Estadual de Campos dos Goytacazes RJ



Fonte: Elaboração própria..

As habilidades e competências a serem desenvolvidas no 1º bimestre do 2ª ano do ensino médio, segundo a BNCC (Brasil, 2017).

- Compreender os fenômenos relacionados à luz e a suas particularidades.
- Reconhecer, utilizar, interpretar fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos.
- Conhecer as características do espectro eletromagnético, reconhecendo as diferenças entre os tipos de ondas eletromagnéticas a partir de sua frequência.
- Identificar a influência da luz no processo do fototropismo.
- Diferenciar e compreender as propriedades das ondas e suas utilidades no cotidiano.

### **3.4 Participantes da pesquisa**

A presente pesquisa foi desenvolvida para alunos da 2º série do ensino médio da supracitada escola estadual que se encontram na faixa etária de 16 anos com a turma possuindo uma quantidade de 18 alunos, a pesquisadora lecionava nesta turma desde o início do ano letivo de 2024 com a disciplina de Física.

O convite para participar da pesquisa, feito diretamente aos estudantes, no horário da aula com explicação sobre a pesquisa. As entregas dos termos de compromissos impressos foram entregues aos alunos que assinaram e levaram os de seus responsáveis para assinatura e devolução do documento. A pesquisadora se comprometeu a dar início à pesquisa, apenas após a autorização do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP); após a devolução e assinaturas dos documentos citados acima e a disponibilizar atendimento aos pais que por ventura tivessem alguma dúvida quanto à participação ou assinatura do termo.

Os critérios de exclusão dos alunos participantes poderiam ocorrer por afastamento médico, transferência para outra turma ou instituição escolar. Deixando claro que caso o aluno participante não optasse por algum motivo continuar na pesquisa possuía o direito a desistência em qualquer fase da aplicação da pesquisa e os critérios que poderiam levar ao encerramento ou suspensão da mesma seria a desistência de 50% dos alunos participantes ou alguma questão de calamidade em que as aulas fossem suspensas de forma presencial.

### 3.5 Sequência didática (SD)

A SD é composta de dez (10) encontros com duas horas/aulas semanais (100 minutos).

Durante os encontros foram abordados assuntos relacionados às ondas eletromagnéticas, mais especificamente, a luz visível, o fototropismo e suas aplicações no cotidiano.

Com um ensino STEAM, com aulas intercaladas desde aulas expositivas dialogadas em sala até aulas práticas experimentais e com uso da tecnologia como simulador *Phet*, arduino em sala *Maker*.

O Quadro 1, mostra o resumo dos 10 encontros com 2h/ aulas cada (Total 100 minutos/semana), com detalhamento, os instrumentos de avaliação e os conteúdos abordados.

**Quadro 1:** Resumo da SD com 10 encontros, destinada à alunos 2º ano E.M.

Encontros 2h/aulas	Detalhamento	Instrumentos de avaliação	Conteúdos abordados
1º 2 aulas	-Explicação sobre a pesquisa, leitura e entrega dos termos do CEP. - Questionário de levantamentos prévios.	- Questionário de Levantamento (APÊNDICE A)	Fototropismo, auxina, luz visível e ondas eletromagnéticas.
2º 2 aulas	- Aula expositiva e dialogada sobre fototropismo. - Vídeo 1: <sup>12</sup> sobre fototropismo - Leitura de artigo (fototropismo) <sup>13</sup> (APÊNDICE B)	- Questões fototropismo (APÊNDICE C)	- Fototropismo - Hormônio Auxina. - Ondas eletromagnéticas (luz visível )
3º 2 aulas	- Revisão sobre fototropismo. - Elaboração de projeto desenvolvimento vegetal. - Confecção da caixa e plantio.	- Projeto fototropismo (APÊNDICE D) - Caixas produzidas	- Fototropismo (Experimento)

<sup>12</sup>Vídeo disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/plant-biology/plant-responses-to-light-cues/v/phototropism>

<sup>13</sup> Artigo disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19985>

4º 2 aulas	- Vídeo 2: Quer que eu desenhe <sup>14</sup> - Vídeo 3: Introdução a Luz <sup>15</sup> - Espectroscópio - Simulador <i>Phet</i> <sup>16</sup> Introdução a Luz	-Roteiro plataforma <i>Phet</i> (APÊNDICE E)	- Ondas eletromagnéticas (luz visível) - Frequência.
5º 2 aulas	- Aula prática: simulador fototropismo. (Arduino) - Análise das caixas fototropismo. - Simulador fototropismo sustentável	- Confeção de simulador sustentável. -Roteiro análise experimento (APÊNDICE F).	- Simulador Arduino: Influência da luz para o vegetal. - Fototropismo.
6º 2 aulas	- Vídeo 4: eletromagnetismo <sup>17</sup> - Simulação <i>Phet</i> <sup>18</sup> (simulador das ondas)	- Atividade espectro (APÊNDICE G)	- Introdução: Ondas Eletromagnéticas.
7º 2 aulas	-Aula expositiva dialogada sobre ondas eletromagnéticas (slides) (APÊNDICE J)	-Roteiro questões sobre ondas eletromagnéticas. (APÊNDICE H) - Ficha avaliativa 1 (APÊNDICE I)	- Ondas eletromagnéticas e suas propriedades (Comprimento de Onda, Frequência, Período, Amplitude e Velocidade de propagação).
8º 2 aulas	- Aula expositiva dialogada Espectro eletromagnético (slides) (Apêndice K) - Confeção e apresentação do cartaz sobre espectro eletromagnético. (Imagem anexo O)	- Cartaz do espectro eletromagnético	- Espectro eletromagnético e suas aplicações (Contexto histórico, científico e social).
9º 2 aulas	- Exposição de trabalhos (culminância) *apresentação das caixas; * jogo de tabuleiro; * banner espectro eletromagnético. * Simulador sustentável.	- Jogar - Exposição de trabalhos	- Fototropismo - Espectro eletromagnético - Perguntas relacionadas a ondas eletromagnéticas, luz e fototropismo.
10º 2 aulas	- Aplicação de questionário final. - Ficha avaliativa 2 (Anexo P).	- Questionário final	- Fototropismo - Luz visível - Espectro eletromagnético

Fonte: Elaboração própria.

### 3.6 Instrumentos da coleta de dados

Os instrumentos utilizados para coleta de dados foram:

- *Questionários individuais inicial e final*: Os questionários individuais são ferramentas eficazes para avaliação diagnóstica, ajudando a mapear as concepções dos

<sup>14</sup> Vídeo 1, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE>

<sup>15</sup> Vídeo disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/hs-physics/x215e29cb31244fa1:electromagnetic-radiation/x215e29cb31244fa1:wave-particle-duality/v/introduction-to-light>

<sup>16</sup> Simulador *Phet* disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/waves-intro](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro)

<sup>17</sup> Vídeo 2, disponível em : <https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>

<sup>18</sup> Simulador *Phet* disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html)

alunos sobre conceitos específicos como por exemplo, ondas eletromagnéticas e fototropismo. Foram aplicados inicialmente na aplicação da SD, para levantar os conhecimentos prévios dos alunos e o mesmo, aplicado ao final, a fim de avaliar as possíveis concepções de aprendizagem dos alunos (Moreira, 2006).

- *Roteiros de atividades e simuladores Phet e Arduino*; O uso de simuladores podem criar conexões práticas com os conhecimentos prévios dos alunos, assim como a avaliação diagnóstica também podem contribuir de maneira a entender suas concepções e dificuldades (Ausubel, 2003). O protótipo Arduino da planta ilustra um dos exemplos para aplicação prática dos conceitos de fototropismo.

- *Confecções: banner sobre espectro eletromagnético; simulador sustentável, e planejamento e execução de experimentos do fototropismo*; A utilização de experimentos e atividades práticas promovem a aprendizagem e a aplicação de conceitos científicos em contextos reais (Moreira, 2011); Os alunos são estimulados para enfrentar problemas do cotidiano de forma mais ampla quando participam de aulas experimentais e interdisciplinares como a abordagem STEAM (Pugliese, 2017; Bacich; Holanda, 2020).

- *Jogo de tabuleiro*; Proporciona de forma lúdica e educativa o conteúdo a ser assimilado pelo educando (Santos, 2010, p.11).

### **3.7 Análise de dados**

O método para analisar os dados dessa pesquisa é a Análise do Conteúdo (Bardin, 2016), a mesma está baseada no método de avaliação de textos e procedimentos sistemáticos para obter indicadores comparativos e possui três etapas: a primeira, de organização do material, tem como objetivo de sistematizar, avaliar os documentos para análise, a fim de preparar o material de maneira formal e alinhado.

A segunda etapa consiste na exploração do material, e posteriormente, codificação (unidade de registro) e categorização (unidade de contexto). A terceira e última etapa se refere ao tratamento dos dados, suas inferências e interpretações geradas com uma leitura mais aprofundada. A organização da análise de conteúdo potencializa as informações coletadas em categorias previamente planejadas permitindo uma análise sistêmica dos dados (Bardin, 2016 p. 27-36).

### 3.8 Orçamento dos materiais da pesquisa

A tabela a seguir mostra uma estimativa dos valores gastos com materiais para aplicação da SD.

**Tabela 1** – Orçamento

Especificações dos materiais.	Quantidade	Valor unitário	Valor Total
500 folhas de papel A4	01	30,00	30,00
Papel sulfite 60kg (pct)	01	14,00	14,00
Canudos (pct)	01	18,00	18,00
Kits de pinos e dados para jogos	04	10,00	40,00
Tinta plástica verde	02	3,00	6,00
Vasos de plástico	05	2,50	12,50
Caixa de algodão	01	10,00	10,00
Tesoura sem ponta	5	3,00	15,00
Cola branca	5	3,00	15,00
Canetas esferográficas	22	2,00	44,00
<b>VALOR TOTAL</b>	-	-	204,50

**Fonte:** Elaboração própria..

Os computadores e Arduino foram disponibilizados pela instituição escolar na sala *Maker*, onde ocorreram as aulas. Todos os materiais listados na Tabela 1, foram custeados pela pesquisadora não trazendo nenhum custo para a instituição ou para os alunos participantes. Os materiais recicláveis como caixa de papelão, canudos, entre outros, também foram levados pela pesquisadora para aplicação do produto.

## 4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional (PE), se encontram neste capítulo, sendo este direcionado para os alunos do 2º ano do ensino médio, a fim de integrar conteúdos relacionados entre a Física e a Biologia, destacando-se temas como as Ondas eletromagnéticas e o Fototropismo.

Fundamentados pela abordagem STEAM que de forma interdisciplinar, lida com os desafios da atualidade, estando atrelada a desenvolver outras competências importantes além dos conteúdos, com procedimentos e valores como a comunicação, criatividade, o pensamento científico e crítico. O professor como mediador evidenciando o protagonismo dos alunos (Bacich e Holanda, 2020, p. 3).

Estabelecendo uma aprendizagem baseada na TAS (Teoria da Aprendizagem Significativa), o aprendizado ocorre quando novos conceitos se conectam aos *conhecimentos prévios* dos alunos, essas informações entram em conflito com o que o aluno já sabe, ocorre a *reconciliação integrativa*, um processo de reorganização cognitiva, integrando as novas informações, promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura, ao invés da memorização (Ausubel, 1978).

- **1º Encontro: Fototropismo e Ondas eletromagnéticas**

Explicação sobre a pesquisa, leitura e entrega dos termos do CEP (Comitê de Ética em Pesquisa)

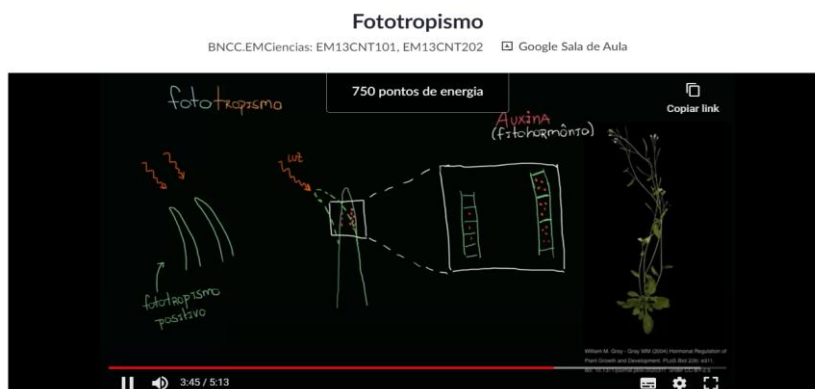
Aplicação de um questionário individual para levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos (APÊNDICE A), com perguntas sobre fototropismo, hormônio auxina, luz visível e ondas eletromagnéticas.

- **2º Encontro: Fototropismo, Auxina e Ondas eletromagnéticas**

Aula expositiva e dialogada por meio do vídeo 1<sup>19</sup> sobre fototropismo, disponível no *site khanacademy.org* (Figura 6). O vídeo da Khan Academy sobre fototropismo explica como as plantas respondem à luz, inclinando em sua direção (fototropismo positivo) ou se afastando (fototropismo negativo). A auxina, um hormônio, desempenha um papel central, que concentra no lado oposto à luz e alongando as células, o que faz a planta se curvar, sendo a luz azul a principal responsável por essa resposta.

---

<sup>19</sup> Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/plant-biology/plant-responses-to-light-cues/v/phototropism>.

**Figura 6:** Vídeo sobre fototropismo

Fonte: Khan Academy<sup>20</sup>

Após o vídeo, foi entregue um artigo<sup>21</sup> (APÊNDICE B) para leitura dos alunos. Esse artigo descreve práticas de laboratório para observar o fototropismo em duas plantas: o beijo (*Impatiens sp*) e o feijão (*Phaseolus vulgaris*). Os experimentos demonstram como essas plantas respondem à luz, inclinando em sua direção, o que é característico do fototropismo positivo. Além disso, destaca a utilização de recursos simples para a realização das práticas, permitindo uma melhor compreensão do comportamento das plantas diante de estímulos luminosos. O vídeo teve o objetivo de instigar os alunos para informações inerentes ao tema fototropismo, seu conceito e explicações quanto a influência da luz e atuação do hormônio auxina. O artigo científico trouxe conceito do fototropismo e experimentos e foram entregues para os alunos, a fim de demonstrar a importância de embasamento teórico através de referências científicas (Kemper, 2008).

Para finalizar, foi aplicado o roteiro com perguntas sobre fototropismo do (APÊNDICE C) com finalidade de desenvolver habilidades e competências dos alunos para os conteúdos. Os principais conteúdos abordados neste encontro: fototropismo, hormônio auxina e ondas eletromagnéticas, esses conceitos foram importantes para aporte teórico.

- **3º Encontro: Fototropismo aula prática**

Iniciada aula expositiva e dialogada, lembrando o conceito de fototropismo (vídeo/artigo) e os experimentos (artigo) como modelo (Figura 7), em seguida divisão dos alunos em grupos para planejamento e execução do experimento de desenvolvimento

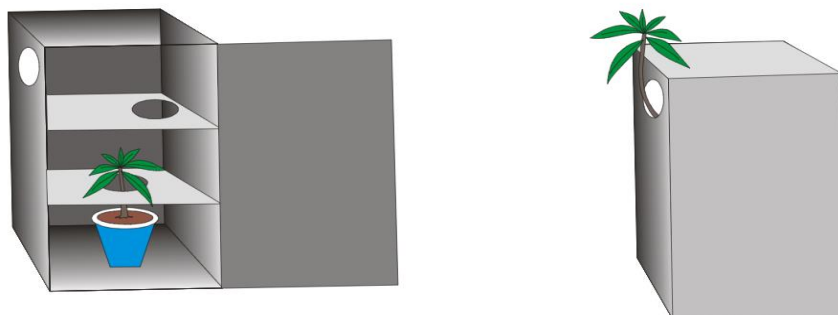
<sup>20</sup> Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/plant-biology/plant-responses-to-light-cues/v/phototropism>.

<sup>21</sup> SERT, M. A.; KERN, K. A. P.; CORTEZ, E. M. *Práticas de laboratório-experimento para observação de fototropismo em plantas de beijo (impatiens sp) e feijão (phaseolus vulgaris)*. Arquivos do Mudi, v. 10, n. 3, p. 29-31, 2006. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19985>.



vegetal com caixa de papelão e visualização do fototropismo. A avaliação foi feita através da elaboração escrita do projeto (APÊNDICE D), e a execução e participação dos alunos.

**Figura 7:** Experimento fototropismo



Fonte: UEM <sup>22</sup>

A elaboração e execução do projeto ocorreu na sala *Maker*, utilizando materiais como: algodão, sementes de feijões, vasilhinho plástico, papelão, durex, cola tesoura, tinta guache e pinças para confecção das caixas.

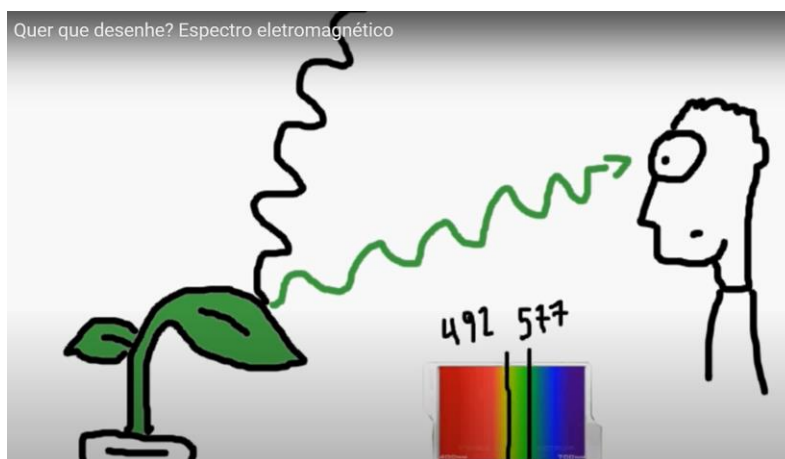
O planejamento e prática experimental das caixas foram associadas a abordagem STEAM de forma interdisciplinar, no intuito de contribuir para procedimentos e valores como a comunicação e a criatividade (Bacich e Holanda, 2020, p. 3).

- **4º Encontro: Luz**

Nesse encontro, foram utilizados dois vídeos, o primeiro do canal “Quer que eu desenhe”<sup>23</sup>, da Universidade Veiga de Almeida. Por meio de ilustrações (Figura 8), aborda o espectro eletromagnético e suas interações com as plantas e outros planetas. Explica o fato da maioria dos vegetais serem verdes, analisando a absorção e reflexão da luz.

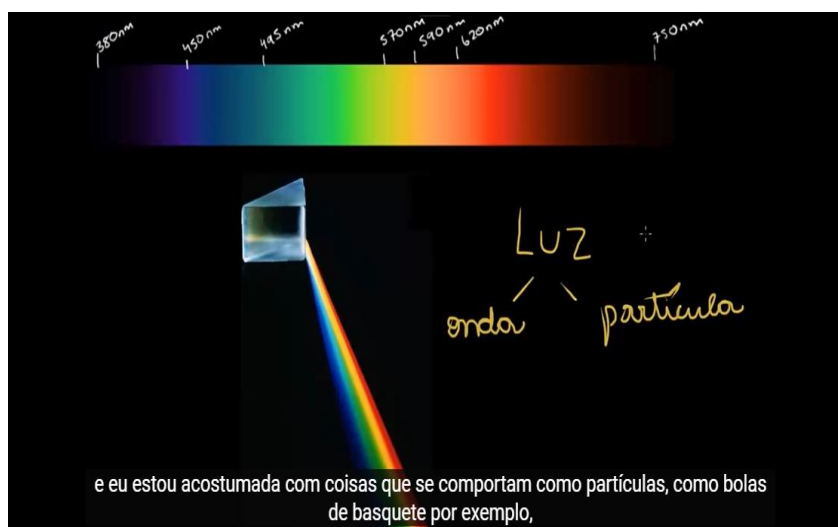
<sup>22</sup> <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19985/10810>

<sup>23</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE>

**Figura 8:** Vídeo “Quer que eu desenhe?”

Fonte: Universidade Veiga de Almeida (UVA)<sup>24</sup>

Em seguida, o segundo vídeo fala sobre a “Introdução a Luz”, disponível no site [khanacademy.org](https://www.khanacademy.org) (Figura 9). Explica “O que é luz?” e a sua propriedade em dualidade onda e partícula, além de alguns conceitos básicos como a frequência de uma onda. O objetivo dos vídeos foram levantar conceitos e curiosidades sobre ondas eletromagnéticas.

**Figura 9:** Vídeo: Introdução a luz

Fonte: Khan Academy<sup>25</sup>

Para complementar os conceitos, foi feita a visualização da separação da luz branca em cores do espectro visível, podemos utilizar o espectroscópio, um CD, ou uma

<sup>24</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE>

<sup>25</sup> Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/hs-physics/x215e29cb31244fa1:electromagnetic-radiation/x215e29cb31244fa1:wave-particle-duality/v/introduction-to-light>

régua tenha papel holográfico sinalizado pela seta preta, na figura 10, pois esses objetos em exposição a luz podem apresentar a separação.

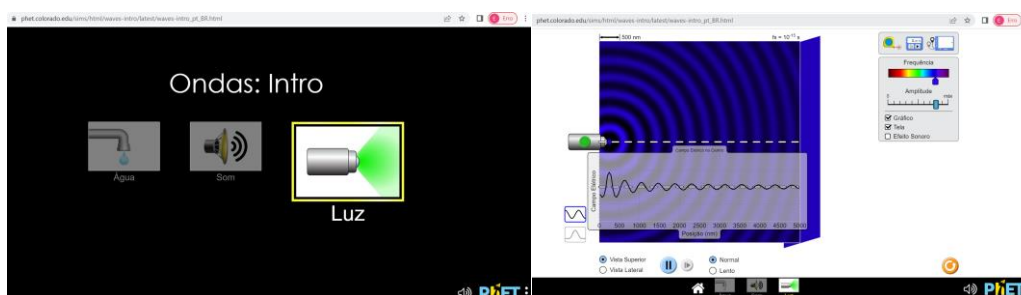
**Figura 10:** Separação da luz visível



Fonte: Elaboração própria.

Ao final, os alunos foram direcionados para acesso a plataforma *Phet*<sup>26</sup>, utilizando o referente simulador (Figura 11) para observar como as alterações da frequência e da amplitude afetam as características das ondas eletromagnéticas. Os registros das observações na plataforma *Phet*, roteiro (APÊNDICE E) serviram consolidar as percepções e entendimento dos alunos.

**Figura 11:** Simulador *Phet* Introdução a Luz



Fonte: Plataforma *Phet*<sup>27</sup>

## 5º Encontro: Fototropismo e simuladores (Arduíno e alternativo)

Neste encontro, os alunos utilizaram protótipo Arduíno para simulação do fototropismo (Figura 12), através da lanterna do celular e o sensor de luz (LDR) presente

<sup>26</sup> Trata-se de uma plataforma: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/waves-intro](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro)

<sup>27</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/waves-intro](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro)

na ponta do dispositivo, que foi programado para seguir em direção a luz, simulando o movimento de inclinação (fototropismo), com objetivo de interação com os alunos.

Em seguida, os alunos formaram os grupos de acordo com o 3º encontro, para abertura das caixas confeccionadas e registraram suas observações de acordo com o roteiro (APÊNDICE F) da análise do experimento.

**Figura 12:** Simulador fototropismo (Arduíno)



Fonte: Elaboração própria.

Ao final foram disponibilizados materiais recicláveis como: canudos, diferentes potes (requeijão, sorvete, creme de cabelo), caixas de papelão e diversos materiais para que os alunos organizados em grupos pudessem montar um simulador alternativo sustentável, parecido com o utilizado na aula inicial, com objetivo da prática “mão na massa” integrando o movimento *Maker* e o STEAM, incentivando a exploração criativa e resolução de problemas.

### **6º Encontro: Luz e interações moleculares**

O vídeo sobre o Espectro Eletromagnético (Figura 13) <sup>28</sup>do canal Física universitária, aborda sobre o comprimento de onda, frequência e as categorias do espectro tais como: ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama, com seus respectivos exemplos de utilização, no intuito de levantar reflexões inerentes a ondas eletromagnéticas no cotidiano e o seu contexto histórico.

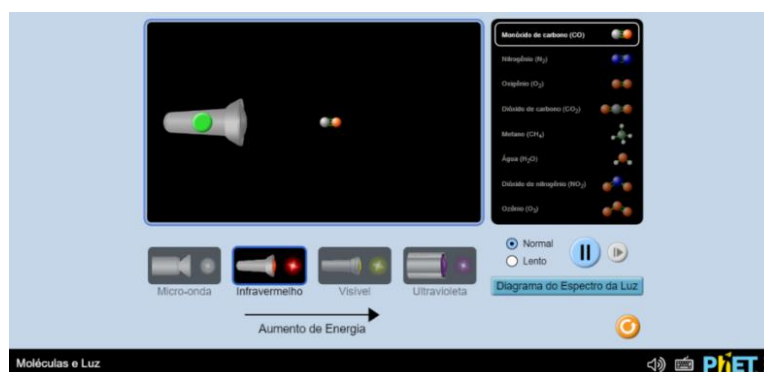
---

<sup>28</sup> Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>

**Figura 13:** Espectro Eletromagnético

Fonte: Física Universitária<sup>29</sup>

Em seguida, os alunos usaram o simulador *Phet* (figura 14) para observação das interações de algumas estruturas moleculares pelas emissões de micro-ondas, infravermelho, luz visível e ultravioleta. Vale ressaltar que durante a simulação a luz visível foi a categoria mais destacada tanto nas interações moleculares, quanto nas comparações dos diferentes comprimentos de ondas retomando a alguns conceitos iniciais sobre fototropismo e luz visível abordados nos 2º e 4º encontros. Ao final, os alunos completaram a tabela do roteiro da plataforma *Phet* (Apêndice G) como instrumento de avaliação.

**Figura 14:** Simulador *Phet*, moléculas e luz.

Fonte: Simulador *Phet*<sup>30</sup>

<sup>29</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>

<sup>30</sup> [https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html)

## 7º Encontro: Faixas do Espectro eletromagnético

Aula expositiva e dialogada sobre Ondas eletromagnéticas suas propriedades e conceitos básicos (comprimento de onda, frequência, período, amplitude e velocidade de propagação), os slides (APÊNDICE J), breve apresentação das faixas do espectro eletromagnético, com o acróstico “macete” *RaMiLUX-G*, (Ra) Rádio, (Mi) Micro-ondas, (I) de Infravermelho, (L) Luz Visível, (U) ultravioleta, (X) raios X e (G) raios gama, (MENTZ, 2017, p.38), representado na (Figura 15), Associar o vídeo do 5º encontro sobre introdução a luz, aos conceitos de radiação não-ionizante e ionizante, reconciliação integrativa (Moreira, 2011).

**Figura 15:** Acróstico RaMiLUX-G

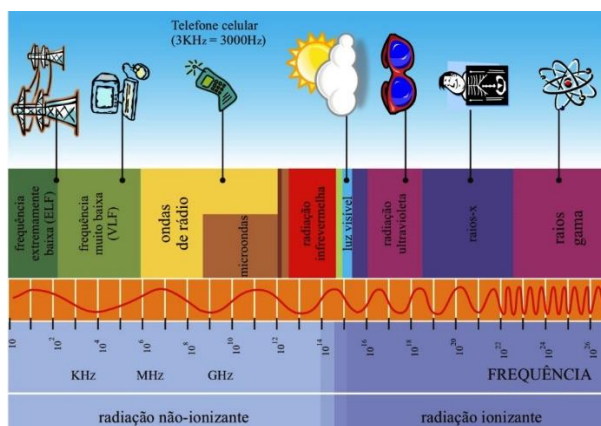


Fonte: Elaboração própria..

Ao final, foram entregues os roteiros aos alunos, do (APÊNDICE H) e direcionados para atribuir o máximo de palavras relacionadas as categorias do espectro eletromagnético (APÊNDICE I), e análise da opinião em ficha avaliativa sobre categoria mais ou menos importante no espectro eletromagnético em seu cotidiano.

## 8º Encontro

Aula expositiva e dialogada sobre as categorias do espectro eletromagnético (Figura 16) com slides (APÊNDICE K), foram abordados a importância, o contexto histórico, científico e social. Foram entregues para os alunos, a imagem do espectro eletromagnético (APÊNDICE O), com a seguinte pergunta: De que forma as categorias do espectro eletromagnético influenciam e está presente no nosso cotidiano?

**Figura 16:** Faixas do Espectro eletromagnético

Fonte: Professor Diminoi <sup>31</sup>

Os alunos foram divididos em grupos para elaboração de um cartaz (*banner*) em 2 folhas de papel sulfite do modelo 60kg emendadas, desenharam o espectro eletromagnético e colocaram o máximo de informações pertinentes ao tema. O objetivo foi levar os alunos a atribuírem os conceitos e informações adquiridos nos encontros, o professor pode intermediar esse processo contexto histórico, científico e social (Bacich; Holand, 2022). Concluímos esse encontro com exposição e apresentações dos cartazes.

## 9º Encontro

Pequena exposição pelos alunos com as apresentações dos trabalhos desenvolvidos durante a SD, tais como: as caixas do fototropismo, banners, simuladores, simuladores (sustentável e Arduíno) e acesso ao jogo de tabuleiro.

Os jogos foram impressos e entregues prontos aos alunos, inclusive os pinos que deveriam ser confeccionados por eles em *software* e impresso na impressora 3D na sala *Maker*.

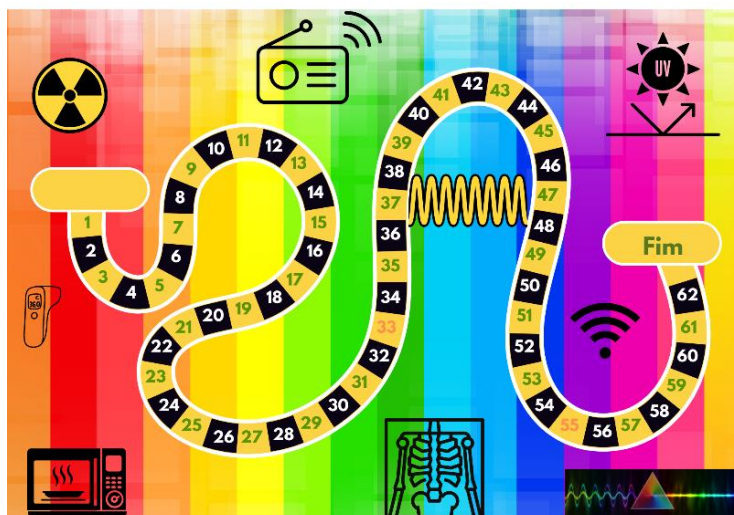
Os itens do jogo: 1 tabuleiro (Figura 17), 1 dado, 6 peças pinos e cartas individuais com perguntas e tem uma das respostas as palavras relacionadas ao espectro eletromagnético, sendo (Ra) Rádio, (Mi) Micro-ondas, (I) de Infravermelho, (L) Luz Visível, (U) ultravioleta, (X) raios x ou (G) raios gama.

As regras do jogo para impressão estão no (APÊNDICE M), imagem do tabuleiro (APÊNDICE L), as cartas para os jogo (APÊNDICE N).

<sup>31</sup>Disponível em: <https://professordiminoi.comunidades.net/ondas>



**Figura17:** Tabuleiro RaMILUX -G



Fonte: Elaboração própria.

## 10º Encontro

Aplicação de questionário final (Apêndice A), para categorização e análise por Bardin e a ficha avaliativa dos instrumentos respondidas pelos alunos no (APÊNDICE P).

### 4.1 A abordagem STEAM associados aos instrumentos usados no (PE)

A áreas da abordagem STEAM, e suas contribuições:

Na Ciência (Biologia e Física) o experimento do fototropismo, evidencia como as plantas (neste caso, feijões) respondem à luz, além dos conceitos dos hormônios vegetais (auxinas) e os processos fisiológicos do crescimento vegetal.

Na Tecnologia o simulador Arduino nos mostra como a interação entre o dispositivo com sensor de luz (LDR *Light Dependent Resistor* ou Resistor Dependente de Luz) é acionado pela lanterna de um celular, ou seja, movimentação em envergadura pela luz. Além disso, os simuladores *Phet*, contribuem para a visualização virtualmente das ondas eletromagnéticas e interações moléculares.

Na Engenharia e Matemática a montagem da caixa (*design*), decidir a quantidade de prateleiras internamente, escolher o local e tamanho de abertura para orifício, além das suas dimensões, tempo necessário para o desenvolvimento vegetal.

Para Artes o design da caixa e a apresentação final do experimento podem integrar elementos artísticos, para o simulador sustentável além dos materiais reaproveitados a montagem de canudos, potes e pinturas são incentivos para a criatividade dos alunos.



Segundo Bacich e Holanda, (2020) não há clareza de como o STEAM se concretiza em sala, pois ocorrem diversas interpretações para o referente trabalho teve interesse em permear pelas áreas propostas pela abordagem principalmente dentro da Ciência fazendo associações entre Física e Biologia.

## 5 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional (PE) desta pesquisa tem como a principal temática, o fototropismo e sua interação com as ondas eletromagnéticas. Esta pesquisa foi aplicada em Escola Estadual, no 1º bimestre (março e abril), de 2024, para uma turma do 2º ano do ensino médio, formada por 21 alunos, sendo inferidos apenas 15 alunos devido a infrequência dos alunos e a professora responsável pela aplicação, lecionava nas aulas de Física. Sendo necessário um total de dez encontros com 2 horas/aulas (Total de 100 minutos) semanais, a seguir a descrição dos dez encontros.

Devido à dificuldade e, muitas vezes, desinteresse dos educandos pelos estudos de conteúdos relacionados à física, química e biologia, como o estudo sobre ondas eletromagnéticas e biologia vegetal, auxiliado pelas ideias da TAS e da abordagem STEAM, foi elaborada e aplicada uma SD integrado os conceitos de Fototropismo e sua associação às Ondas Eletromagnéticas.

### 1º Encontro

No primeiro contato foram feitas as explicações sobre a pesquisa, leitura e entrega dos termos do CEP e aplicou-se um questionário individual para levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos (Apêndice A), com 10 questões com perguntas relacionadas ao fototropismo, luz visível e espectro eletromagnético.

O levantamento dos conhecimentos prévios (*subsunçores*) é fundamental para que uma nova informação seja inserida no sistema cognitivo do aluno, podendo auxiliar na absorção de novas concepções recorrentes de conexões cerebrais e atribuindo novos significados (Moreira, 2009). Em suma, é a variável de maior influência na aprendizagem, ou seja, só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos. (Moreira, 2020).

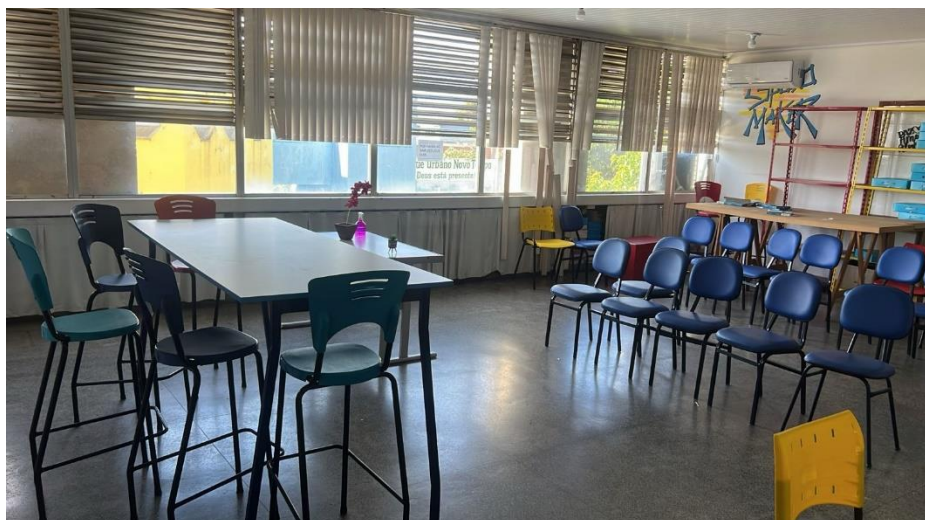
Ao aplicar o questionário os alunos demonstraram certa dificuldade, alegando que não sabiam responder ou que colocariam algo “incorreto”, sendo necessário reinterar que apenas respondessem o que pensavam sobre o assunto. Para Moreira (2000, p.3) ao se referir a Postman e Weingartner, há crítica a noção de “verdade” e “certeza” absoluta e sugere que os alunos devem ser preparados para lidar com a complexidade e a incerteza, ao invés de respostas simplistas e/ou dicotômicas.

Devido a tolerância de 15 minutos de entrada para iniciar as aulas e as dificuldades dos alunos, foi finalizada a aula com a aplicação do questionário inicial.

## 2º Encontro

A aula foi iniciada na sala *Maker*, (Figura 18), com questionamentos relacionados a imagem que estava projetada através da televisão.

**Figura 18:** Sala *Maker*



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 19, mostra uma planta popularmente conhecida como begônia, de forma contextualizada a professora explicou que a mesma estava numa casa mais especificamente num quintal e foi levada para o apartamento, apresentando posteriormente comportamento de inclinação.

**Figura 19:** Begônia com envergadura (fototropismo)



Fonte: Elaboração própria.

Então, as perguntas a seguir foram feitas de forma oral pela professora:

- 1- Vocês já viram a planta se comportar dessa maneira?
- 2- Quais as possíveis causas para a “envergadura” da planta?
- 3- Quais os fatores abióticos (fatores fundamentais para manutenção da vida) que a planta necessita para sobrevivência?

As respostas orais: Para a 1ª pergunta a maioria respondeu que “não”; a 2ª questão relacionada à “envergadura” alguns alunos atribuíram a questão “do peso das folhas (galhos)” e quanto a 3ª sobre fatores a maioria relacionou a “água” e a “luz solar”.

A interação social e do questionamento no processo educativo devem ser compartilhados entre alunos e professores desta forma ambos compartilham significados e constroem conhecimentos juntos, as respostas orais são semelhantes das registradas no Questionário inicial (Q.I) sendo estas utilizadas na análise dos dados, ao final deste trabalho (Moreira, 2000).

Em seguida, aula expositiva e dialogada através do vídeo sobre fototropismo, disponível no site [khanacademy.org](https://www.khanacademy.org) (Figura 6)<sup>32</sup>. O vídeo explica o que é o fototropismo e as influências dos diferentes comprimentos de ondas para o crescimento vegetal.

Ao ouvirem a explicação sobre o hormônio auxina alguns alunos demonstraram surpresos ao perceberem que as plantas o possuem. Seguiu-se a aula com a entrega e leitura do artigo científico<sup>33</sup> (Apêndice B), conforme registro na figura 20, com objetivo de trazer o aporte teórico sobre fototropismo e a prática experimental com feijão e beijo e despertar uma alfabetização científica.

---

<sup>32</sup> Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/plant-biology/plant-responses-to-light-cues/v/phototropism>.

<sup>33</sup> SERT, M. A.; KERN, K. A. P.; CORTEZ, E. M. *Práticas de laboratório-experimento para observação de fototropismo em plantas de beijo (impatiens sp) e feijão (phaseolus vulgaris)*. Arquivos do Mudi, v. 10, n. 3, p. 29-31, 2006. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19985>.

**Figura 20:** Leitura do artigo científico

Fonte: Elaboração própria.

Os artigos científicos e tantos outros materiais representam muito melhor a produção do conhecimento humano, são maneiras de documentar de maneira compacta o conhecimento produzido (Moreira, 2000).

Após a leitura foram discutidos os pontos principais e entrega do questionário (APÊNDICE C), com perguntas que foram levantadas oralmente no encontro anterior e uma questão específica sobre o fototropismo. Parte dos alunos tentaram responder prontamente, outros por necessidade de responderem “corretamente” tiveram dificuldade para responder. Houve a necessidade de intervir para que não usassem o celular como fonte de pesquisa, e não se preocupassem com respostas “certas” ou “erradas.

O professor deve investigar as causas do erro e ajudar o aluno a reconstruir seu conhecimento de forma significativa, intervenção pedagógica mas para isso faz-se necessário convencê-los a responderem (Moreira, 2011).

### **3º Encontro**

Neste encontro, foram resgatados alguns conhecimentos prévios da aula anterior sobre fototropismo, utilizando o artigo científico, de maneira a organizar e a facilitar a construção desses conceitos, para uma maior compreensão e tornar a experiência potencialmente significativa (Moreira, 2000, p.6).

Em seguida, os alunos foram divididos em grupos para que pudessem fazer o planejamento do experimento com a caixa de papelão (APÊNDICE D), como o objetivo da visualização o fototropismo. Deveriam decidir formatos das caixas, número de

prateleiras, locais e tamanhos das aberturas (orifício), pintura, nota-se que além do protagonismo a abordagem STEAM permeia pelas suas áreas afins. Na Ciência tem-se o desenvolvimento vegetal e a luz e na Matemática e Engenharia as proporções, medidas e angulações, por exemplo.

A avaliação deste encontro ocorreu por meio da elaboração escrita do projeto da caixa para fototropismo e execução do mesmo. Com a finalidade de estimular a criatividade, o protagonismo, a criticidade dos alunos uma das ferramentas utilizadas tanto na abordagem STEAM, quanto no movimento *Maker* foi incentivar os alunos a integrarem para execução das atividades e a compartilhem as ideias e colocando a “mão na massa” (Moreira, Santana e Torres, 2023).

A seguir pode-se visualizar na Figura 21 e Figura 22, a execução do experimento das caixas pelos grupos.

**Figura 21:** Experimento fototropismo com confecção das caixas.



Fonte: Elaboração própria.

Uma das características da abordagem STEAM que se deve considerar é que aprende-se a Ciência, fazendo, logo, valorizam as concepções prévias dos alunos, e o mesmo passa a contextualizar e a afastar-se da aprendizagem tradicional, onde o professor facilita e guia as atividades para que eles possam ser participativos e críticos (Bacich e Holanda, 2020, p. 53).

**Figura 22:** Experimento fototropismo: germinação.



Fonte: Elaboração própria.

Conforme já foi citado, a elaboração do projeto ocorreu na sala *Maker* (Figura 23), os grupos utilizaram materiais como caixas de papelão, sementes de feijões, fita adesiva *durex*, cola tesoura, algodão. Foram disponibilizados dois tipos de sementes de feijão (preto e marrom), para que eles pudessem escolher, os alunos demonstraram interesse em participar e empenhados para a execução do experimento.

**Figura 23:** Sala *Maker* da escola Campo/SEEDUC.



Fonte: Elaboração própria.

Ao fecharem as caixas questionou-se, qual local eles deixariam a caixa? E quem ficaria responsável para irrigar as sementes? Foram estabelecidos 4 grupos, cada grupo



escolheu o local e a posição das caixas. Finalizou-se deixando os experimentos para futura observação.

Essa autonomia para planejamento e execução reafirma o protagonismo dos alunos de maneira prática sendo esta uma das contribuições que a abordagem STEAM proporciona.

As concepções das aulas de Física que outrora eram maçantes e voltadas para memorização de fórmulas, agora recebem uma nova roupagem, com o objetivo de afetar positivamente no despertar de um novo olhar para o ensino, conscientizando para a importância da pesquisa, do método científico e das tecnologias de modo consciente como ferramentas para alcançar novos conhecimentos.

#### 4º Encontro

Iniciou-se esse encontro com os alunos assistindo a dois vídeos, (Figura 24) e (Figura 25) o primeiro do canal “Quer que eu desenhe”<sup>34</sup>?, da Universidade Veiga de Almeida, por meio de animação abordou-se o tema sobre espectro eletromagnético, destacando os vegetais, e o fato da maioria serem verdes, a absorção e reflexão da luz. O segundo vídeo, sobre a “Introdução a Luz”, disponível no site [khanacademy.org](https://www.khanacademy.org), explicou a definição da luz e a sua dualidade com alguns conceitos básicos sobre frequência de uma onda.

**Figura 24:** Alunos assistindo ao vídeo “Quer que eu desenhe?”



Fonte: Elaboração própria.

Para Moreira (2012), os vídeos permitem que conceitos complexos sejam apresentados para uma maior acessibilidade, compreensão e retenção de informações. A

---

<sup>34</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE>



combinação de imagens, áudio e texto pode facilitar a aprendizagem para diferentes estilos de aprendizado.

**Figura 25:** Alunos assistindo o Vídeo “Introdução a Luz?”



Fonte: Elaboração própria.

Posteriormente, para visualizar a separação da luz branca em cores do espectro visível os alunos usaram o espectroscópio que foi cedido pelo SBF (Sociedade Brasileira de Física) como uma experiência prática conforme mostra a (figura 26).

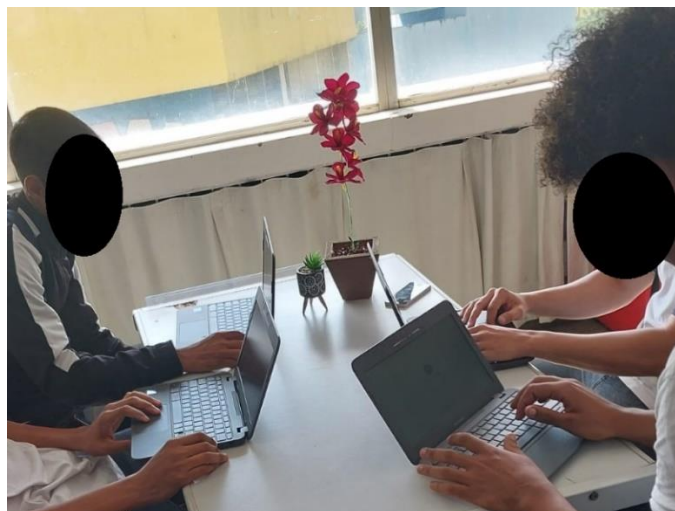
**Figura 26:** Aluno observando com espectroscópio



Fonte: Elaboração própria.

Ao final, os alunos acessaram a plataforma *Phet*<sup>35</sup>, para simulação das ondas, o objetivo foi observar o comportamento da luz, frequência e a amplitude, conforme (figura 27), a avaliação através das respostas no roteiro do (APÊNDICE E).

**Figura 27:** Simulador *Phet* Introdução a Luz



Fonte: Elaboração própria.

## 5º Encontro

Aula iniciada utilizando o protótipo Arduino para simulação do fototropismo (Figura 28), no intuito que os alunos pudessem interagir através do simulador, com o sensor de luz presente na ponta do dispositivo (LDR), o mesmo movimenta-se em inclinação, usando a lanterna do celular (Luz). No APÊNDICE Q, lista de material e

**Figura 28:** Arduino fototropismo



Fonte: Elaboração própria.

<sup>35</sup> Trata-se de uma plataforma: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/waves-intro](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro)

Sendo importante ressaltar que neste caso a sala *Maker*, foi usada como recurso mas nem sempre, existe a possibilidade ou disponibilidade de dispositivos de robótica e tecnologia, desta forma, usar materiais recicláveis como caixa de papelão, potes plásticos, canudos entre outros materiais que seriam descartados, podem proporcionar estímulos no processo da criação do aluno. O professor acompanha o processo de planejamento e execução dos instrumentos e projetos, como intermediário com devolutivas que possam auxiliar caso ocorra a necessidade (Bacich e Holanda, 2020, p. 9).

Em seguida, os alunos formaram grupos de acordo com o 3º encontro, e abriram as caixas confeccionadas (Figura 29) e, após registraram as suas observações de acordo com o roteiro da análise do experimento (APÊNDICE F) com perguntas sobre desenvolvimento vegetal. Eles demonstraram surpresa ao verem o desenvolvimento do caule e a inclinação da planta para o orifício da caixa.

**Figura 29:** Análise dos experimentos de fototropismo com sementes de feijão



Fonte: Elaboração própria.

Finalizou-se este encontro colocando a “mão na massa”, movimento *Maker*, utilizando materiais recicláveis como: canudos; potes de requeijão; sorvete ou creme de cabelo; caixa de papelão e diversos materiais para que os alunos em grupos pudessem montar um “simulador alternativo”, inspirado no Aduino do início da aula, representando o fototropismo. Neste encontro foram visualizados o fototropismo de diferentes formas, os alunos puderam refletir a influência da luz para os vegetais e os seres vivos e o expor a prática dos experimentos em sala de aula.

A Figura 30, mostra a elaboração de simulador alternativo, para representar o fototropismo feita pelo grupo 4 (G4) e na Figura 31 (lado esquerdo), o grupo 2 (G2)

confeccionando e pintando experimento, (lado direito) simuladores “alternativos” em processo de secagem.

**Figura 30:** Representação do fototropismo com materiais alternativos *Maker*.



Fonte: Elaboração própria.

Para a construção de protótipos, o professor possui papel fundamental na contribuição para que os alunos possam apropriar do conhecimento, compartilhando da sua *expertise* ou indicando fontes de pesquisa, a execução dos protótipos não precisa ser perfeita mas deve passar por etapas de construção, apresentação (Bacich e Holanda, 2020).

**Figura 31:** Simulador alternativo



Fonte: Elaboração própria.

## 6º Encontro

No sexto encontro, iniciou-se com o vídeo sobre o Espectro Eletromagnético <sup>36</sup>do canal Física universitária, que aborda o espectro eletromagnético, e suas faixas, ondas de

<sup>36</sup> Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>

rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios-X e raios gama. Ele descreve como as ondas variam em frequência e comprimento de onda, além de seus usos em tecnologia, comunicação e medicina.

Em seguida, os alunos utilizaram o simulador *Phet* (Figura 32) para observação das interações de algumas estruturas moleculares pelas emissões individuais de micro-ondas, infravermelho, luz visível e ultravioleta. Vale ressaltar que durante a simulação a luz visível foi a categoria mais destacada tanto nas interações moleculares, quanto nas comparações dos diferentes comprimentos de ondas retomando a alguns conceitos abordados nos 2º (fototropismo) e 4º (luz visível) encontros. Ao final, os alunos tiveram que completar a tabela do roteiro da plataforma *Phet* (APÊNDICE G) como instrumento avaliativo, registrando apenas as moléculas que interagiram. Os alunos demonstraram muita afinidade para a atividade devido à expectativa em observar se a molécula iria ou não reagir com a luz visível, por exemplo, tendo apenas uma molécula para registro.

**Figura 32:** Aplicação simulador *Phet*, moléculas e luz



Fonte: Elaboração própria.

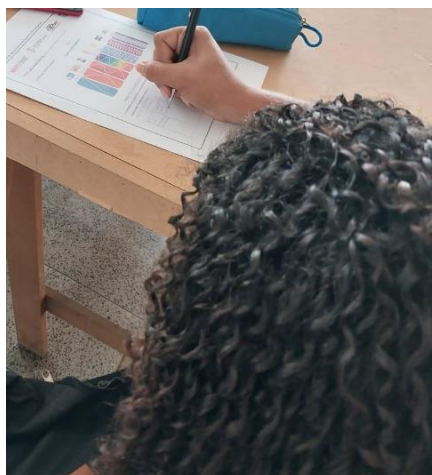
## 7º Encontro

Iniciou-se esse encontro relembando alguns conceitos que foram abordados no vídeo do 6º encontro, reconciliação integrativa (Moreira, 2011) com a aula expositiva e dialogada sobre ondas eletromagnéticas, suas propriedades e conceitos básicos, como comprimento de onda, frequência, período, amplitude e velocidade de propagação, com slides (APÊNDICE J), e associação com o acróstico “macete” **RaMiLUX-G**: (MENTZ, 2017, p.38), para assimilação das faixas do espectro eletromagnético.



Ao final, os alunos receberam o roteiro de questões sobre ondas, Figura 33, (APÊNDICE H), onde eles atribuíram o máximo de palavras relacionadas às categorias das faixas do espectro eletromagnético e a ficha avaliativa (Apêndice I), como análise de maior ou menor preferência pelos alunos. O objetivo foi levar o educando a refletir sobre as faixas do espectro no seu cotidiano.

**Figura 33:** Aluna respondendo ficha avaliativa



Fonte: Elaboração própria.

## 8º Encontro

Aula expositiva e dialogada sobre as faixas do espectro eletromagnético com slides (APÊNDICE K), sua importância, contexto histórico, científico e social. Foi impressa e entregue para os alunos, a imagem do espectro eletromagnético, conforme (APÊNDICE O), com a seguinte pergunta: De que forma as categorias do espectro eletromagnético influenciam e estão presentes no nosso cotidiano?

Os alunos foram divididos em grupos para elaborarem um cartaz (*banner*) com 2 folhas de papel sulfite do modelo de 60kg emendadas, nele deveriam conter um espectro eletromagnético e informações e dados relacionando a sua aplicação no cotidiano, Figura 34.

O objetivo dessa dinâmica foi colocar os alunos para a construção do *banner* como seres atuantes e o professor apenas intermediar esse processo e levar a construção em diferentes áreas da abordagem STEAM, contexto histórico, científico e social (Bacich; Holand, 2022). Concluiu-se com exposição e apresentações dos cartazes.

**Figura 34:** Confeção do *banner* pelos alunos espectro eletromagnético.



Fonte: Elaboração própria.

### 9º Encontro

Nesse encontro os alunos organizados em grupos, utilizaram o jogo de tabuleiro Ramilux -G (Figura 35).

**Figura 35:** Alunos jogando o jogo Ramilux -G.



Fonte: Elaboração própria.

Além de jogarem eles fizeram uma pequena apresentação para as outras turmas com suas caixas do fototropismo (Figura 36), simulador sustentável (Figura 37), banners (Figura 38), uma pequena amostra do que produziram, durante a SD.

**Figura 36:** Apresentação de caixas do fototropismo finalizadas.



Fonte: Elaboração própria

Os vídeos ao longo dos encontros, a produção e apresentação dos *banners* e o jogo de tabuleiro foram instrumentos para que os alunos tivessem um reforço as diferentes faixas do espectro eletromagnético.

**Figura 37 :**Apresentação de simulador sustentável do fototropismo.



Fonte: Elaboração própria.



**Figura 38:** Apresentação pelos alunos do banner sobre espectro eletromagnético.



Fonte: Elaboração própria.

O jogo de tabuleiro cujo o nome é Ramilux-G teve o objetivo de contribuir para que os alunos aprendessem as faixas do espectro e curiosidades, o termo é um “macete” e foi referenciado pelo trabalho de Mentz, (2017, p.38), E durante o jogo e as apresentações eles puderam integrar os conceitos.

A gamificação como jogos educativos contribuem no desenvolvimento de habilidades tais como na resolução de problemas, trabalho em equipe e pensamento crítico, além de proporcionar um *feedback*, mais rápido e melhorando o desempenho dos alunos (Kaap, 2012).

## **10º ENCONTRO**

No último encontro os alunos responderam ao questionário final (APÊNDICE A), com as mesmas perguntas aplicadas no 1º encontro no questionário inicial do (APÊNDICE A), para posterior categorização e análise da pesquisadora por Bardin e a ficha avaliativa 2 do (APÊNDICE P) para registros da opinião dos alunos, quanto aos instrumentos aplicados.

## 6 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Nessa pesquisa foram analisados dados coletados nos seguintes instrumentos: à princípio, foram analisadas as respostas dos questionários inicial e final, utilizando o método de análise de conteúdo de Bardin (2016), obedecendo as etapas principais: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados. Está delineada a análise baseada em perguntas inferidas a partir dos objetivos dessa pesquisa, as quais fornecem subsídios para inferência de categorias “*a posteriori*”.

Cada categoria de refere à compreensão de conceitos fundamentais estudados durante a intervenção, isto é, apontam para indícios da compreensão dos alunos sobre os principais conceitos estudados (Fototropismo, Luz Solar, Hormônio Auxina).

Dando prosseguimento, além dos questionários, foram utilizados os dados coletados por meio de atividades práticas que foram os produtos finais (caixas do fototropismo e simulador sustentável fototropismo, além das respostas às atividades (roteiros, simulador *Phet* e verbalizações) e recortes de textos escritos em atividades avaliativas. Por fim, categorias elencadas por meio de questionamentos foram criadas com o intuito de demonstrar, de forma mais ampliada, a construção do conhecimento.

### 6.1 Análise dos questionários

#### 6.1.1 QUAIS CONCEITOS CIENTÍFICOS FORAM DESTACADOS NO ESTUDO SOBRE O FOTOTROPISMO?

Foram recortadas respostas dos alunos aos questionários inicial e final, tratado por Bardin (2016) como Unidades de Significação (U.S), isto é, recortes de dados coletados, correspondendo às fases pré-análise e exploração do material. Essas US embasaram a inferência de categorias e a discussão sobre a compreensão dos alunos acerca das temáticas estudadas na fase de tratamento dos resultados.

Além desse método, também foram utilizados gráficos e destaques a recortes de respostas dos alunos, para analisar a compreensão sobre a temática estudada, bem como sua opinião sobre a metodologia de ensino utilizada.

O Quadro 2 apresenta unidades de significação (US), recorte das respostas dos alunos, destacando os conceitos científicos relacionados às categorias “Fototropismo”, “Inclinação” (com duas subcategorias “Peso” e “Raiz”), “Hormônio Auxina”, essas refletem os conceitos principais estudados na presente intervenção didática.

**Quadro 2** – Questionário i/f, categorias Fototropismo, Inclinação e Hormônio Auxina.

CATEGORIA	Q.i		Q.f
<b>Fototropismo</b>			<b>A1:</b> “O nome desse fenômeno é o fototropismo a planta cresce dessa maneira pois segue a luz do sol.” <b>A2</b> “planta segue em direção a luz do sol”; <b>A3:</b> “Sim, o nome do fenômeno é fototropismo”; <b>A4:</b> “O nome desse fenômeno e fototropismo, planta cresce dessa maneira pois segue a luz do sol”; <b>A6:</b> “...também já ouvi falar se chama fototropismo.” <b>A8:</b> “...esse fenômeno chamado fototropismo; <b>A15:</b> Sim,(...) chamamos de fototropismo.”
<b>Inclinação</b>	<b>Peso</b>	<b>A1:</b> “Por conta do peso”; <b>A4:</b> “Pode ser por conta do peso das árvores” <b>A15:</b> “Por conta da planta não está aguentando o próprio peso”	<b>A6:</b> “elas se inclinam em direção a luz solar.” <b>A7:</b> “...as plantas se inclinam em direção a luz solar” <b>A8:</b> “...é quando a planta se inclina em direção a luz solar” <b>A9:</b> “sim elas estão inclinadas na direção do sol.”; <b>A15:</b> “Sim, fizemos um experimento com um feijão e ele ficou inclinado desse mesmo jeito”
	<b>Raiz</b>	<b>A2:</b> “As formas que as raízes foram crescendo na terra”; <b>A5:</b> “Por causa das raízes”; <b>A9:</b> “As raízes”	
<b>Hormônio auxina</b>			<b>A3:</b> “ocorre quando a auxina que são os hormônios de crescimento”; <b>A6:</b> “fez o hormônio auxina ir para o lado escuro”; <b>A7:</b> “por causa da auxina”; <b>A8:</b> “Representam a auxina que está indo para a parte escura da planta”; <b>A9:</b> “É a auxina que está ajudando a planta”; <b>A10:</b> “É a auxina, o hormônio que vai influenciar no crescimento da planta.”; <b>A11:</b> Representam a auxina”

Fonte: Elaboração própria.

A categoria “**Fototropismo**” reflete respostas dos alunos quando questionados, se viram as plantas se comportarem desta forma (inclinadas) no seu dia a dia, ou se ouviram falar deste fenômeno (APÊNDICE A).

As respostas ao Q.I. mostram desconhecimento desse comportamento nas plantas. Já no Q.F. as respostas de alunos (A6 e A15) “*chamamos de fototropismo*” gerando US: “*fototropismo*”; pode-se observar que as US: “*fenômeno*”, “*fototropismo*” são citadas por (A1, A3, A4 e A8); indicando mudanças cognitivas, pois não haviam conhecimentos prévios atribuídos no Q.I. Sabe-se pela definição dada por pesquisadores (Raven *et. al*, 2014, p.268; Taiz *et.al*, 2017, p.417), que o fototropismo é o fenômeno em que as plantas sofrem crescimento de inclinação devido a luz.

Destaca-se que (A1, A2 e A4) “*por conta delas estarem seguindo a luz solar.*” mostram indícios de compreensão da influência da luz solar para o fenômeno, porém o termo “seguindo” pode ser interpretado como se os vegetais teriam “consciência”. Em seus respectivos trabalhos, Lorencini e Soato (2019) e Macedo (2018) apontam que ao tentar explicar fenômenos vegetais, os alunos tendem a usar termos do cotidiano e/ou concepções alternativas<sup>37</sup>.

A segunda categoria “**Inclinação**”, explicita respostas quando questionados sobre seu ponto de vista para o comportamento de inclinação vegetal. A resposta dos alunos ao QI motivou a inferência de duas subcategorias “Peso” e “Raiz”.

A subcategoria Peso (QI) baseada nas US de alunos (A1) “*Por conta do peso*”; (A4) “*Pode ser por conta do peso das árvores*”; (A15) “*Por conta da planta não está aguentando o próprio peso*”, mostra uma relação entre uma força que “puxa” a planta para baixo, inclinando-a. Essa concepção não relaciona o movimento de “se inclinar” com a luz solar, tampouco com o movimento do hormônio auxina.

Na subcategoria Raiz (QI), apresentada nas US de alunos (A2) “*As formas que as raízes foram crescendo na terra*”; (A5) “*Por causa das raízes*”; (A9) “*As raízes*”, parece demonstrar a concepção dos alunos de que as raízes da planta “puxam ou forçam” a mesma, inclinando-a.

De forma geral, ambas subcategorias “Peso” e “Raiz” mostram conhecimentos prévios explicitados como justificativa para a inclinação vegetal. Hallyday *et. al.* (2010) conceitua Força Peso (P) de um corpo como o módulo da força necessária para impedir que o corpo “caia livremente”, sendo medida em relação ao solo. Assim, mesmo que a planta esteja fixa ao solo pela raiz, para mantê-la em repouso existe uma força gravitacional que a Terra exerce sobre a planta, para que ela mantenha o equilíbrio mesmo com sua inclinação

No trabalho de Gonçalves *et al.* (2007, p. 576), os pesquisadores concluem que a Fisiologia Vegetal deve ser trabalhada com mais empenho no Ensino Médio, pois mesmo sendo um dos últimos assuntos dentre os tópicos de Botânica, ela permite realizar grandes conexões com o cotidiano dos alunos. Essas categorias mostram que, de forma geral, os alunos realizam conexões entre os fenômenos biológicos e físicos, contudo tais relações

---

<sup>37</sup> Concepções alternativas são conhecimentos que os alunos detêm sobre os fenômenos naturais e que muitas vezes não estão de acordo com os conceitos científicos, com as teorias e leis que servem para descrever o mundo em que vivem (Leão; Kahlil, 2015, p. 2).

precisam ser mais bem esclarecidas e enfatizadas pelos professores, para fins de sanarem lacunas existentes.

Ainda na categoria **“Inclinação”**, as respostas explicitadas pelos alunos no QF ao serem questionados novamente o possível motivo da inclinação vegetal, (A6, A7, A8 e A9) *“...as plantas se inclinam em direção a luz solar”*; (A15) *Sim, fizemos um experimento com um feijão e ele ficou inclinado desse mesmo jeito*”, ao que parece os alunos mostraram conexão quanto a “inclinação” devido a influência da “luz solar”. Macedo (2018, p. 91) aponta que a planta cresce, curvando-se em direção ao estímulo luminoso. Nesse sentido, as respostas dos alunos mostram clareza na influência solar no crescimento inclinado da planta, neste caso apenas A15 não faz menção a luz.

O aluno A15 que no Q.I gerou subcategoria “Peso”, agora mostra indícios de *reconciliação integrativa* (Moreira, 2011), com a US “inclinação” no (Q.F), e justifica por experiência na aula prática (experimento da caixa fototropismo - aula 3º encontro), *“fizemos um experimento com um feijão e ele ficou inclinado”*. Moreira *et.al* (2023) incentivar a prática experimental, como meio de proporcionar uma compreensão dos conceitos científicos. Nesse contexto, acredita-se que o experimento em questão está relacionado com as habilidades STEAM, que busca promover a investigação e a tomada de decisões em que os estudantes busquem estratégias na construção de projetos, além disso contribui na estruturação de diversas competências tais como pensamento crítico e responsabilidade social (Bacich e Holanda, 2020, p.32).

Nota-se que o aluno A9, enfatiza inicialmente respostas na categoria “inclinação” a subcategoria “raiz”. Já na resposta do Q.F o aluno relaciona ao fator solar, *“seguindo a direção do sol”*. Para Moreira, 2006, durante o processo de ensino, os conhecimentos prévios são ligados aos novos conceitos a serem aprendidos, os experimentos práticos e associação destes com o cotidiano do educando, potencializam a aprendizagem. Percebe, de forma implícita, uma evolução na compreensão sobre o motivo da inclinação.

Os resultados apontam a importância da melhoria nas áreas STEAM de acordo com o PISA (Programa Internacional de Avaliação dos Alunos). Em 2018, a avaliação feita pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, identificou que apenas um terço dos estudantes brasileiros apresentaram nível básico em Matemática e menos da metade em Ciências (Bacich e Holanda, 2020, p. 3).

Na categoria **“Hormônio Auxina”**, foi elaborada uma pergunta com representação do hormônio por bolinhas rosas, questionando-se o que representavam (Questão 2 – letra C, APÊNDICE A, no Q.I os alunos demonstraram desconhecimento, no Q.F (A3): *“ocorre quando a auxina que são os hormônios de crescimento”* e (A10) *“É a auxina, o hormônio*

que vai influenciar no crescimento da planta.”; nota-se que além de mencionar a US “Auxina” os alunos reconhecem a função do “Hormônio de crescimento”; (A7 e A11): *por causa da auxina*; inferiram ao nome do hormônio “Auxina”; (A6 e A8): *“Representam a auxina que está indo para a parte escura da planta”*, além de inferirem o nome do hormônio “Auxina”, relatam seu comportamento de deslocamento para a região escura do vegetal. Macedo (2018, p.90) afirma que o hormônio em questão é fotofóbico e que o mesmo tende a direcionar-se ao lado escuro do vegetal, o que confirma as percepções dos alunos, sendo este hormônio o responsável pelo desenvolvimento celular nesta região levando a inclinação vegetal em direção a luz.

(A9) *“É a auxina que está ajudando a planta”* cita o hormônio mas usa um termo do cotidiano “ajudando”, o que pode ser indícios de uma compreensão pela prática experimental, devido o hormônio vegetal tender a crescimento vegetal para sua sobrevivência (fotossíntese).

Sendo assim, de modo geral, diante das US explicitadas pelos alunos pode-se inferir que eles conseguiram descrever o conceito do fenômeno **“fototropismo”**, citar o nome do hormônio **“Auxina”**, o qual proporciona o crescimento vegetal e que este tende a ir para a parte escura da planta. Perceberam que a luz possui influência para o vegetal e a sua resposta é a **“inclinação”** o que gerou a categoria. Essas concepções podem sugerir indícios de assimilação de novos conceitos que explicam o Fototropismo.

### 6.1.2 OS ALUNOS DEMONSTRARAM INDÍCIOS DE COMPREENSÃO ACERCA DO QUE É LUZ?

O Quadro 3 apresenta unidades de significação (US), recorte das respostas dos alunos, destacando os conceitos relacionados à categoria “Prisma” e “Luz”. Essas US refletem as concepções dos alunos sobre os conceitos estudados na presente intervenção didática, tanto no Q.I quanto no Q.F.

**Quadro 3** – Respostas a questionário i/f categorias Prisma e Luz.

CATEGORIA	Q.i	Q.f
Prisma	A2 <i>“Batendo a luz no vidro e passando por um vidro, vai fazer a mistura de todas as cores”</i>	A2 <i>“Apontando uma luz visível em direção ao prisma”</i> ; A3 <i>“ o prisma abre o feixe de luz o que nos faz ver todas as cores”</i> ; A6 <i>“Separando a luz branca o prisma consegue separar cada frequência de luz presente assim formando um arco íris”</i> ; A11 <i>“As cores do arco íris podem ser reproduzidas usando um prisma, que reflete e dispersa a luz branca em suas diferentes cores”</i> .

<b>Luz</b>	<p><b>A1:</b> “Tudo que é eletricidade”; <b>A4:</b> “Luz e tudo que é claridade.”; <b>A5:</b> “Energia.”;</p> <p><b>A8:</b> “ela e a única coisa com maior velocidade do planeta Terra”; <b>A9:</b> “Luz e uma coisa iluminada que da claridade”; <b>A10:</b> “E um raio solar.”; <b>A11:</b> “A velocidade mais rápida do mundo.”;</p>	<p><b>A1:</b> “Luz e um tipo de onda eletromagnética, formada de um campo elétrico e um magnético.”;</p> <p><b>A3:</b> “Luz e o espectro eletromagnético que os seres humanos são capazes de enxergar, tudo que nos vemos é luz”; <b>A4:</b> “Luz e um tipo de onda eletromagnética, formada de um campo elétrico e um magnético.”; <b>A5:</b> Luz é o espectro eletromagnético aonde traz a iluminação para você enxergar”; <b>A8:</b> “Luz é o que conseguimos ver e visualizar, a velocidade mais rápida que existe, é a junção de todas as cores” <b>A9:</b> “Luz é o que conseguimos ver e visualizar, também conhecido como a velocidade mais rápida que existe, luz também é a junção de todas as cores do arco íris”; <b>A11:</b> “É uma onda eletromagnética com campo elétrico e magnético</p>
------------	---	--

Fonte: Elaboração própria.

Na categoria “**Prisma**” no Q.I, o aluno (A2) “Batendo a luz no vidro e passando por um vidro, vai fazer a mistura de todas as cores” demonstra os conhecimentos prévios em sua resposta destacando-se “todas as cores”. No Q.F novas US foram apontadas “luz branca” e a “luz visível”, “todas as cores”, “prisma” e “arco íris” (A2): “Apontando uma luz visível em direção ao prisma.”; (A3): “O prisma abre o feixe de luz o que nos faz ver todas as cores.”; (A6): “Separando a luz branca, o prisma consegue separar cada frequência de luz presente, assim formando um arco-íris.”; (A11) : “As cores do arco-íris podem ser reproduzidas usando um prisma, que reflete e dispersa a luz branca em suas diferentes cores.”

Após a intervenção, os alunos demonstram um entendimento mais profundo e técnico do que ocorre com a luz ao passar pelo prisma. Termos como “frequência de luz”, “dispersão” e “arco-íris” indicam uma compreensão aprimorada do fenômeno óptico. O intuito das perguntas levantadas para esta categoria era fazer com que os alunos pudessem além da percepção da influencia da luz visível nos vegetais e que a mesma pode se decompor em cores por um prisma que é devida à dispersão, em fenômenos naturais a luz se manifesta como arco-íris (Fragnito, 2010, p. 1).

As concepções dos alunos mostram indícios de conhecimento científico se compararmos a explicação para a formação do arco-íris, quando a luz solar é interceptada por uma gota de chuva, parte da luz é refratada para o interior da gota refletida na superfície interna e refratada de volta para o exterior (Halliday, *et al.* 2010, p.65).

Para a categoria “**Luz**” as inferências do Q.I (A1) “Tudo que é eletricidade”; (A4) “Luz e tudo que é claridade”; (A5) “Energia”; (A8): “ela e a única coisa com maior velocidade do planeta Terra”; (A9) “Luz e uma coisa iluminada que da claridade”;

(A10) “*E um raio solar*”; (A11) “*A velocidade mais rápida do mundo*”.

As respostas iniciais demonstram os conhecimentos prévios dos alunos aos conceitos de Luz tendo como US (A1): “*eletricidade*”; (A4 e A9): “*claridade.*”; (A5): “*Energia.*”; (A8 e A11): “*maior velocidade do planeta terra*”; (A10) “*E um raio solar.*”; um entendimento parcial ou superficial sobre o que é luz. Termos como “claridade”, “eletricidade”, “raio solar” e a referência à “velocidade da luz” (A8 e A11) mostram que os alunos tinham noções gerais, mas sem um conceito claro e bem fundamentado de luz como uma onda eletromagnética.

A compreensão dos alunos inicialmente sobre a luz, categorizou-se como fenômeno físico, porém com diferentes concepções entre os alunos, esse levantamento de conhecimentos prévios, os *subsunçores* são fundamentais na inserção de novas informações na aprendizagem do educando (Moreira, 2009). Segundo as **equações de Maxwell**, a luz se descreve como os campos elétrico e magnético se propagam e interagem no espaço, unificando assim a compreensão da luz como uma onda eletromagnética (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

As respostas dos alunos no Q.F, mostram indícios concepções científicas sobre os conceitos da luz, reconhecendo que se trata de uma onda eletromagnética. Os alunos (A1, A4 e A11) “*Luz e um tipo de onda eletromagnética , de um campo elétrico e um magnético.*” explicam que a luz é formada pela propagação de um campo elétrico e um campo magnético. (A3) “*Luz e o espectro eletromagnético que os seres humanos são capazes de enxergar, tudo que nos vemos é luz*” e (A5) “*Luz é o espectro eletromagnético aonde traz a iluminação para você enxergar*”, associaram também a luz a US de “*espectro eletromagnético*”, mas fazem menção a “*luz visível*”, com o termo “*os seres humanos são capazes de enxergar*” e “*para você enxergar*”.

Os alunos (A8) “*Luz é o que conseguimos ver e visualizar, a velocidade mais rápida que existe, é a junção de todas as cores*” e (A9) “*Luz é o que conseguimos ver e visualizar, também conhecido como a velocidade mais rápida que existe, luz também é a junção de todas as cores do arco íris*”; também associaram a “*luz visível*” a junção de “*todas as cores (Espectro)*” e além disso, “*a velocidade mais rápida que existe*”, demonstrando entendimento sobre a natureza da luz.

### 6.1.3 OS ALUNOS DEMONSTRARAM INDÍCIOS DE COMPREENSÃO ACERCA DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO, SUAS FAIXAS E APLICAÇÕES?



Ao comparar as respostas do Q.I. e Q.E. (Quadro 4), sobre as categorias do espectro eletromagnético, divididas por sete colunas inseridas em branco Atividade do 7º encontro (APÊNDICE H), temos as seguintes respostas:

**Quadro 4** – Questionário i/f da intervenção, Espectro eletromagnético.

<b>U. Es (Q.I)</b>
<b>Cores</b>
<b>A2, A3, A4, A6, A8, A10 e A15</b> - <i>Azul fraco, azul claro, vermelho, amarelo, roxo, verde claro e verde.</i>
<b>U. Es (Q.F)</b>
<b>Espectro eletromagnético - Ramilux G</b>
<b>A1, A2, A3, A4, A6, A7, A8, A10, A11, A12, A13, A14, A15:</b> <i>Rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raio x, radiação gama.</i>
<b>A1, A2, A3, A4, A5, A7, A8, A10, A11, A12, A13, A14 e A15.</b> <i>- Rádio (AM, FM, transmissão de TV, ondas de maiores comprimentos), micro-ondas (micro-ondas doméstico), infravermelho (controle remoto), luz visível (todas as cores, a faixa que enxergamos, fototropismo), ultravioleta (protetor solar), raio x (exames), radiação gama (usinas nucleares).</i>
<b>A6 e A9</b> - <i>Rádio (AM, FM, transmissão de TV, navegações, transmissão de áudio e vídeo, ondas de maiores comprimentos), micro-ondas (micro-ondas doméstico, aquecer alimentos), infravermelho (óculos de visão noturna, controle remoto, termômetro, equipamentos de medição e visão noturna), luz visível (a faixa que enxergamos, fototropismo, as cores, todas elas são vibrações que nossos olhos captam), ultravioleta (UVA, UVB, UVC, protetor solar, luz ultravioleta), raio x (exames podemos ver ossos), radiação gama (raios alfa, beta, gama utilizados nas usinas nucleares).</i>

Fonte: Elaboração própria.

Quando perguntados no (Q.I) acerca da ordem das faixas do espectro eletromagnético, 08 alunos deixaram as colunas em branco, demonstrando desconhecimento; 09 alunos responderam que cada faixa representava cores aleatoriamente. Esses conhecimentos prévios podem ter sido gerados por conta da imagem possuir cores ao fundo do espectro eletromagnético, representada na pergunta do questionário (APÊNDICE A, questão 6, letra C).

As respostas sobre as faixas do espectro eletromagnético (Q.F), foram reorganizadas e todos os alunos conseguiram classificar as faixas “*Rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raio x, radiação gama*”. Além disso, atribuíram U.S para as utilidades e empregos das respectivas faixas no cotidiano (Quadro5).

Diante destes resultados, pode-se inferir que a personalização do jogo de tabuleiro Ramilux G, disponibilizado aos alunos e a confecção do *banner*, podem ser considerados materiais que incentivaram o interesse e desenvolvimento cognitivo dos educandos (Moreira, 2019).

## 6.2 Análise dos experimentos práticos

### 6.2.1. QUAIS AS ATIVIDADES FORAM DESTACADAS PELOS ALUNOS NO ESTUDO SOBRE FOTOTROPISMO E ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO NA ABORDAGEM STEAM?

- **Experimento da caixa para fototropismo**

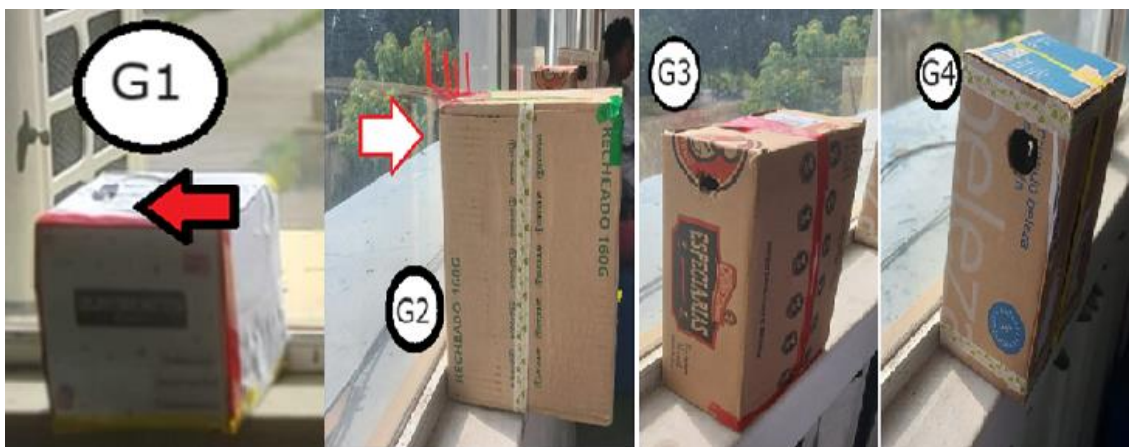
Dentre as atividades propostas pela professora, baseada na abordagem STEAM, teve-se a construção de uma caixa para observação do fenômeno Fototropismo, referente ao 3º encontro da SD, apresentada para os alunos,

Os vídeos, o artigo científico e as aulas foram instrumentos para que os alunos tivessem subsídios para planejamento e execução dos experimentos, que teve a elaboração no intuito de estimular as estruturas cognitivas do educando para quem sabe, uma aprendizagem potencialmente significativa (Ausubel, 2003).

Os alunos foram divididos em 4 grupos sendo representados por (G1) o grupo 1, (G2) o grupo 2, (G3) o grupo 3 e (G4) o grupo 4. Tiveram autonomia para confecção das caixas, porém foram orientados com relação ao tempo para execução e desenvolvimento do experimento e para o comprometimento ao irrigar a semente durante o processo. Todos os grupos optaram pela semente do feijão preto (*Phaseolus vulgaris*), conforme indicado no artigo científico entregue ao 2º encontro.

Na Figura 39, observa-se as posições das caixas fechadas para desenvolvimento do feijão. Na caixa (G1) houve uma perfuração na parte superior (seta vermelha); (G2) colocaram o orifício voltado para o vidro da janela, no intuito de assegurar que a incidência de luz ocorreria (seta branca), além disso, irrigaram bastante o algodão para que a semente desenvolvesse; (G3) e (G4) optaram por deixar os orifícios voltados para o lado esquerdo. Para que o experimento ocorresse as caixas deveriam ser colocadas em um local com luminosidade e manter a umidade no algodão, os alunos demonstraram participação, comprometimento e até preocupação para que a umidade (no algodão) estivessem presentes, a fim de conseguirem resultados satisfatórios.

**Figura 39:** Experimentos prontos caixas fototropismo na janela.



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 40, mostra a imagem da caixa do (G4) antes (esquerda) e depois (direita). Este grupo decidiu remover uma prateleira, antes da semente germinar, na intenção de reduzir “as barreiras” de desenvolvimento vegetal. A segunda prateleira não traria nenhum tipo de impedimento para o fototropismo, porém a autonomia do educando em escolha permaneceu mesmo após explicação do professor.

De forma crítica, o produto não pode ser mais importante que o processo, os educandos podem ser “artesões qualificados” associados à cultura *Maker* e/ou STEAM mas os estudantes precisam ser orientados ao serem questionados ao ponto de saberem os motivos pelos quais estão produzindo tais artefatos ou protótipos (Bacich; Holanda, 2020, p. 5).

**Figura 40:** Experimentos caixas fototropismo, prateleiras.



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 41, mostra o fundo da caixa G3 (círculo vermelho) uma fenda que foi observada pelos alunos ao fecharem o experimento, a fita durex não havia selado totalmente a caixa, deixando a luminosidade passar então, questionei “Como resolveriam?” e elas colocaram um pedaço extra de papelão. Isso demonstra que os integrantes deste grupo prestaram atenção para as instruções e conceitos e tentaram reproduzir mesmo que de forma autônoma, atentando-se aos detalhes para potencializar a execução e resultados do experimento.

**Figura 41:** Caixas fototropismo grupos 3 (fenda).



Fonte: Elaboração própria..

A Figura 42 nos mostra os resultados obtidos pelos grupos, do desenvolvimento vegetal, pelo período por volta de 8 dias dentro da caixa: O (G1), colocou o copo sobre a prateleira na expectativa que o vegetal saísse mais rápido pelo orifício. O que eles concluíram ao abrir foi que devido ao papelão externo ser muito fino a incidência de luz ocorreu como se a planta não estivesse dentro da caixa ou seja, normalmente, não havendo a necessidade desenvolvimento inclinado, mas observou que uma das sementes desenvolveu em maior tamanho em direção ao orifício mas constatararam que se pudessem teriam escolhido outro tipo de caixa e fixariam a prateleira de forma mais firme;

O grupo 2, teve o cuidado de irrigar a planta nos 5º dias de desenvolvimento e ficaram surpresos ao observarem a folha pelo orifício lateral da caixa; os grupos (3) e (4) demonstraram satisfação ao abrirem a caixa e visualizares a envergadura da planta em sentido ao orifício.

**Figura: 42** Caixas fototropismo desenvolvimento vegetal grupos 1, 2,3 e 4 (da esquerda para direita).



Fonte: Elaboração própria..

Após finalizarem os experimentos (G2) e (G4) decidiram pintaram suas respectivas caixas para utilizá-las na apresentação na culminância do projeto (Figura 43).

**Figura: 43:** Caixas fototropismo (G2) e (G4) pintadas.



Fonte: Elaboração própria..

A prática experimental principalmente com vegetais, requer tempo (Macedo, 2018), e são momentos desafiadores para o professor e alunos, pode-se observar a compreensão, conceitos científicos, análise da prática experimental, visão artística e protagonismo dos educandos.

- **Experimento simulador sustentável: Fototropismo**

O simulador sustentável (Figura 44) foi uma atividade *maker* no contexto da proposta de ensino STEAM. Os alunos tiveram acesso aos materiais alternativos levados pela pesquisadora, como potes vazios de diferentes produtos tais como cremes,



requeijões, canudos, papelão, tintas, e garrafas pet. A proposta era simular o fototropismo com essas matérias remetendo ao da caixa simulando o fenômeno.

**Figura 44:** Simuladores sustentáveis dos grupos 1,2,3 e 4.



Fonte: Elaboração própria.

Permanecendo com os mesmos grupos formados para o experimento das caixas onde na imagem ver-se 1 referente ao (G1) não fez uma curvatura muito acentuada, corresponde ao (G1) colocando as folhas na base, mas deveria ser na ponta do canudo; grupos (2) e (3) representaram a inclinação dos canudos o que representa o fenômeno fototropismo, a ideia era que os alunos colocassem um elástico na base do canudo e cortassem a lateral do pote para que pudessem puxar, fazendo assim o movimento de inclinação (auxina), mas nenhum aluno executou o movimento, apenas a inclinação do canudo.

O Grupo 4, além de confeccionar, pintar e estruturar o vasilhinho, colocaram umas flores na ponta da haste para remeter a planta e colocou uma caixa de papelão o que pode inferir comparações com o experimento anterior e o sol pintado de laranja ao fundo remetendo a luz visível (Figura 45).

No protagonismo, os alunos exercem diversas habilidades desde protagonismo, habilidades de comunicação, além disso, pode favorecer o interesse dos educandos nas carreiras relacionadas à Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática (Bacich; Holanda, 2000).

**Figura 45:** Simulador sustentável fototropismo do Grupo 4

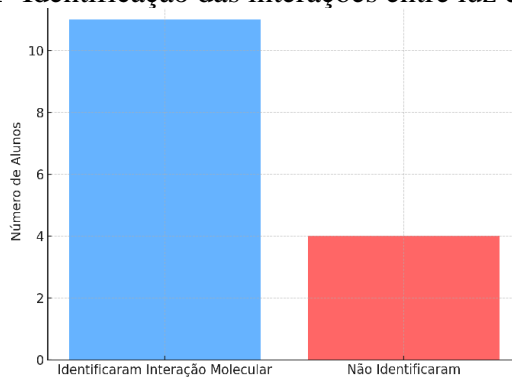
Fonte: Elaboração própria.

De modo geral pode-se inferir a execução e participação dos alunos de modo satisfatório com indícios de assimilação de alguns conceitos, como a preocupação do (G4) por exemplo que além de usar um canudo diferenciado e folhas na ponta para envergadura e representação, representou a imagem do sol ao fundo,

### 6.3 Análise dos conhecimentos gerados pelo *Phet*

#### 6.3.1 OS ALUNOS DEMONSTRARAM INDÍCIOS DE COMPREENSÃO ACERCA DO QUE É LUZ E SUA INTERAÇÃO MOLECULAR?

O Gráfico 1 mostra o número de alunos que conseguiu identificar a interação molecular com a luz em plataforma *Phet*. Conforme descrito no capítulo 4 e relatado no 6º encontro.

**Gráfico 1-** Identificação das interações entre luz e moléculas

Elaboração própria.

Dos 15 alunos participantes, 11 conseguiram observar a interação entre a luz visível. Os registros foram feitos na atividade do APÊNDICE G, bem como as interações moleculares com micro-ondas, infravermelho e ultravioleta. A atividade teve uma aceitação positiva. Apenas dois alunos, que fazem curso técnico, relataram experiências com simuladores, mas a maioria demonstrou surpresa ao visualizar as interações moleculares através do simulador *Phet*.

Moreira (2011) ressalta a importância do contexto de ensino e da mediação pedagógica. Os simuladores, quando utilizados de forma planejada, podem oferecer um ambiente em que os alunos possam experimentar, testar hipóteses e observar os resultados de suas ações, o que é fundamental para a construção do conhecimento de forma significativa. Também podem contribuir para que os alunos visualizassem os diferentes comportamentos entre a luz e as moléculas.

Assim pode-se explicar que na parte conceitual as fototropinas são proteínas que agem como fotorreceptores sensíveis à luz, especialmente a luz azul. No processo do fototropismo, a planta ao detectar a luz inicia respostas celulares que resultam na redistribuição das auxinas (Raven *et al.*, 2014, p. 1236). Conseqüentemente ocorre o desenvolvimento celular em direção à luz. Além disso, o Sol é também fonte fundamental para a fotossíntese.

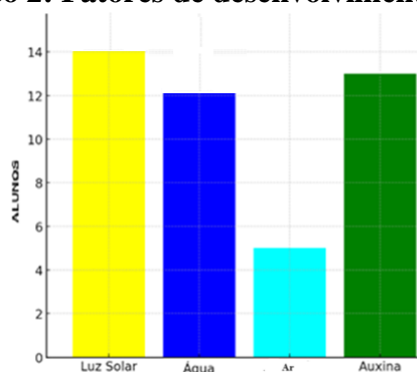
Essas simulações no *Phet* oferecem uma forma interativa de explorar os conceitos fundamentais da óptica, como mistura de cores, absorção e reflexão, além de mostrar como diferentes comprimentos de onda da luz se comportam e são percebidos. As conclusões dessas simulações reforçam a compreensão dos fenômenos ópticos e como eles se aplicam tanto em contextos científicos quanto na vida cotidiana.

## 6.4 Análise do roteiro de atividade

### 6.4.1 - QUAIS OS FATORES INFLUENCIAM NO DESENVOLVIMENTO VEGETAL SEGUNDO OS ALUNOS?

Após o experimento das caixas do fototropismo, os alunos receberam um roteiro de análise do (APÊNDICE F), e ao serem questionados sobre quais os fatores que poderiam influenciar no desenvolvimento das plantas, as respostas escritas pelos alunos foram: Luz solar, Água, Ar e Auxina. As respostas estão ilustradas no gráfico 2.

**Gráfico 2: Fatores de desenvolvimento vegetal**



Elaboração própria.



Dos 15 alunos participantes, os fatores apontados foram: 14 Luz solar, 12 Água, 5 Ar (gases atmosféricos) e 13 Auxina.

Ao analisarmos o experimento da caixa do fototropismo, nota-se que para a germinação da semente do feijão (*Phaseolus vulgaris*) necessita-se de água e oxigênio e pode ocorrer tanto no claro quanto no escuro (Hochmüller *et. al.* 2012), porém para o fenômeno do fototropismo, faz-se necessário, a priori o estímulo luminoso (Luz solar), neste caso advindo pelo orifício da caixa, para promover a atuação da Auxina em oposição e conseqüentemente a curvatura do caule. (Macedo, 2018, Raven *et al*, 2014).

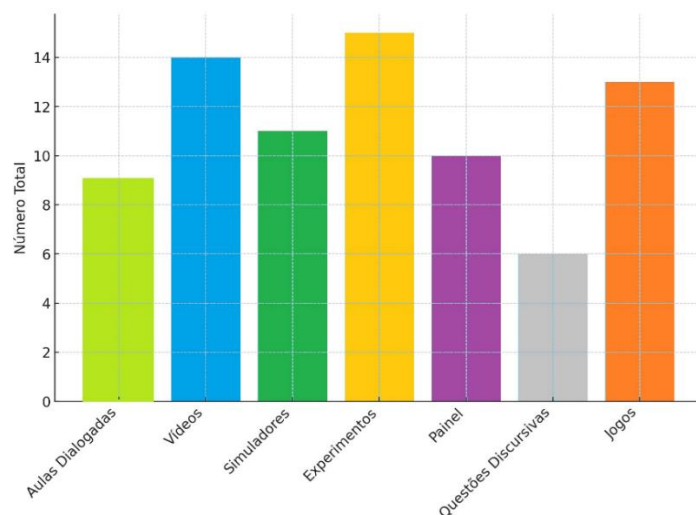
Ao pontuarem “*luz solar*”, “*Água*”, “*Ar*” e “*Auxina*” nos mostra indícios de compreensão sobre a temática, por diversos recursos que foram utilizados durante a aplicação desta pesquisa dentre eles, o protótipo Arduíno, as caixas para fototropismo, o simulador sustentável podem ter potencializado no processo de aprendizado.

As prováveis contribuições que a abordagem STEAM proporciona ao desenvolver projetos interdisciplinares que envolvam a aplicação de conceitos em experimentos científicos, prepara os alunos para enfrentar e resolver problemas do cotidiano de forma mais abrangente e colaborativa (Pugliese, 2017; Bacich; Holanda, 2020).

## **6.5 Análise dos instrumentos pelos alunos**

### **6.5.1 QUAIS AS ATIVIDADES FORAM DESTACADAS PELOS ALUNOS NO ESTUDO SOBRE FOTOTROPISMO E ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO NA ABORDAGEM STEAM?**

O Gráfico 03 mostra a opinião dos alunos com suas preferências aos instrumentos que eles avaliaram com contribuição para sua aprendizagem, possibilitando de forma livre que pudessem assinalar quaisquer opções apresentadas tais como: aula dialogada, vídeos, simuladores, experimentos, painel, aula discursiva e jogos.

**Gráfico 03 – Opinião dos alunos sobre os instrumentos**

Elaboração própria.

Dos alunos, que avaliaram os instrumentos utilizados nesta pesquisa, foram unânimes ao apontarem os experimentos como o de maior contribuição na aprendizagem, e as questões discursivas como a de menor, reafirmando que a experimentação pode contribuir como instrumentos motivadores e pontes cognitivas no processo de aprendizagem (Moreira, 2016, p. 11).

Além disso, complementaram em questão complementar comentários tais como: A3 “Gostei de tudo”; A8 “Eu gostei dos experimentos acho que assim deu para entender melhor o assunto”; A9 “Eu gostei do experimento do feijão e do jogo” A10 “Eu só não gostava quando íamos para sala copiar”.

## 7 CONCLUSÕES

O intuito principal do referente trabalho era **analisar as contribuições de uma sequência didática (SD) STEAM para um ensino integrado sobre Fototropismo e Ondas Eletromagnéticas em nível médio**. Foram utilizados instrumentos tais como simuladores de diferentes formas (virtuais e aduino), experimentos práticos com instrumentos para que o aluno pudesse vivenciar na teoria e prática a influência que a luz possui nos seres vivos em específico nas plantas. O maior desafio foi atrair o olhar dos estudantes para as vivências e desafios durante a aplicação desta PD.

O fato contraditório é que a tecnologia é uma ferramenta muito usada por eles, porém mesmo utilizando de tais recursos torna-se desafiador atrair o olhar desse aluno para que o mesmo queira de fato aprender o que está sendo proposto. Moreira (2011) nos fala que para que ocorra uma aprendizagem significativa, faz-se necessário que o aluno queira esse aprendizado.

Os resultados qualitativos nos mostram que parte desses alunos aceitaram a proposta, foram comprometidos e protagonistas desse processo, o que nos traz de certo modo uma expectativa de continuarmos buscando novas maneiras de “afetar” nossos alunos a buscarem e a almejem o processo de aprendizagem mesmo que este se faça intrinsecamente.

A abordagem STEAM nos desafia a relacionarmos as diferentes áreas num mesmo eixo temático e a ciência, a tecnologia, engenharia, artes e a matemática nos possibilitam um vasto campo de atuação, associando o conhecimento como uma enorme teia. O que contribui de forma abrangente com essa abordagem, não é apenas o protagonismo dos alunos, que de certo modo torna-se algo grandioso, mas além disso, consegue agregar as áreas que antes de forma fragmentada, para maior assimilação e interligação com a Física e a Biologia, temas que trazem resistência pela aprendizagem, e finalmente, desperta uma forma enriquecedora tanto de ensinar, quanto em aprender.

Por hora, a conclusão deste trabalho é a contribuição de subsídios tanto para a reflexão da prática docente, os desafios de aulas mais atrativas e transdisciplinares, quanto para levar o aluno a elencar os conceitos explicitados em sala de aula ao seu cotidiano.

As inquietudes nas disciplinas de Física e Biologia, principalmente nos conteúdos de ondas eletromagnéticas e fisiologia vegetal permanecem, mesmo com a redução da prática conteudista e mecanicista em detrimento de perdurar-se os almejos por algo mais significativo e contextualizado. Seja munindo-se de materiais recicláveis e/ou das ferramentas tecnológicas, utiliza-se de todos os recursos necessários para a constante evolução no processo de ensino e aprendizagem dos educandos.

Por fim, foi possível perceber indícios de uma aprendizagem significativa despertada por meio de novas interações científicas, promovidas durante os encontros nos quais os alunos conseguiram estabelecer relações mais relevantes e duradouras sobre conceitos de luz, fototropismo e o espectro eletromagnético, tornando assim, esses conceitos mais relevantes em suas estruturas cognitivas, permitindo aos alunos protagonizarem seu conhecimento.

## REFERÊNCIAS

Accorsi, W. R. *Os fenômenos de movimento no reino vegetal*. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v. 9, p. 1-22, 1952.

André, M. *O que é um estudo de caso qualitativo em educação*. Revista da FAEEBA - Educação e Contemporaneidade, Salvador, v. 22, n. 40, p. 95-103, jul./dez, 2013.

Ausubel, D.P. *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune & Stratton, 1963.

Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. *Educational psychology: A cognitive view*. Nova Iorque: Holt, Rinehart & Winston, 1978.

Ausubel, D. P. *A aprendizagem significativa*. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

Ausubel, D.P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003.

Ausubel, D. P. (2003). *A Aprendizagem Significativa e a Escola*. São Paulo: Editora Edgard Blücher.

Bacich, L.; Holanda, L. *STEAM: integrando as áreas para desenvolver competências. STEAM em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica*. Porto Alegre: Penso, 2020.

Bacich, L.; Holanda, L. *Educação STEAM. Reflexões sobre a implementação em sala de aula, conexões com a BNCC e a formação de professores*. Elaboração Triade Educacional, 2022.

Bardin, L. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.

Batista, J. M. *A interdisciplinaridade no ensino de ciências da natureza: habilidades e competências na BNCC*. UFP. Pampas, 2021.

Bogdan, R.C.; Biklen, S. K. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria aos métodos*. Trad. Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.

Bortolazzo, Sandro Faccin. *Narrativas acadêmicas e midiáticas produzindo uma Geração Digital*. 2015.

Brasil. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Brasília: MEC/Consed/Undime, 2017.

Brasil. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018

Brasil. Edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas, literárias e recursos digitais para o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD 2021). Brasília: Ministério da Educação (MEC), 2019.

D'Ambrosio, U. *Sobre las propuestas curriculares STEM y STEAM y el programa de Etnomatemática*. Revista Paradigma, v. 41, p. 151-167, 2020.

Eisberg, R. M.; Resnick, R. *Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas*. Rio de Janeiro: Campus928 p, 1979.

Fragnito, Hugo L.; Costa, Antonio C. *Dispersão da luz por um prisma*, v. 1, n. 1, p. 1, 2010.

Gonçalves, R. C., Verona, M. F., Furuya, R. K., Conson, A. R. O., Colli, S., & de Barros Mendes, H. (2007). *Hormônios Vegetais e Germinação: uma abordagem para o Ensino Médio baseada em conhecimentos prévios*. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(S1), 576-578.

Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl. *Fundamentos de Física*. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 4 v.

Hochmüller, L. H.; Fronza, C.; Possebon, D. B.; Ferreira, L. D.; Gesing, J. P. *Fototropismo em Phaseolus Vulgaris: Influência da Luz no Crescimento Caulinar*. Salão do Conhecimento, 2012. *Interações discursivas e a elaboração do conceito de fototropismo*. Revista de Educação, Ciências e Matemática, p.9, 2012.

Kapp, K. M. (2012). "The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education." Pfeiffer

Kemper, Alessandra. *A evolução biológica e as revistas de divulgação científica: potencialidades e limitações para o uso em sala de aula*. 2008.

Kleiman, Â. B.; Moraes, S. E. *Leitura e interdisciplinar: tecendo redes nos projetos da escola*. Campinas: Mercado de Letras, 2. ed. 2002.

Leão, N. M. de M.; Kalhil, J. B. *Concepções alternativas e os conceitos científicos: uma contribuição para o ensino de ciências*. Latin-American Journal of Physics Education, v. 9, n. 4, p. 12, 2015.

Lorencini, A.; Soato, A. M. L. *Interações discursivas e a elaboração de conceitos do fototropismo*. UNIGRANRIO, Revista de Educação Ciência e matemática, V.9, 2019.

Macedo, D. de F. *O uso da simulação baseada em hipervídeos como recursos de ensino e aprendizagem de botânica*. São Paulo, 2018.

Machado, E.S; Giroto, G. *Interdisciplinaridade na investigação dos princípios do STEM/STEAM education: definições, perspectivas, possibilidades e contribuições para o ensino de química*. Scientia naturalis, v. 1, n. 2, 2019.

Maia, D. L; de Carvalho, R. A; Appelt, V. K.; *Abordagem STEAM na educação básica brasileira: uma revisão de literatura*. Revista Tecnologia e Sociedade, v. 17, n. 49, p. 68-88, 2021.

Mendes, R. M. S., Lucena, E. M. P., Medeiros, J. B. L. de P., *Princípios de fisiologia vegetal*, – 2. ed. – Fortaleza : EdUECE, 2015.

- Mentz, L., *O uso da pesquisa para o ensino das ondas eletromagnéticas*, 2017.
- Moreira, M. A., *O que é afinal a Aprendizagem significativa?* Porto Alegre/RS. Instituto de Física - UFRGS, 1995.
- Moreira, M. A., *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo. E.P.U, 1999.
- Moreira, M. A. *Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica*. In: Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, setembro de. sn, 2006.
- Moreira, M. A. (2006). *O Ensino de Ciências e a Formação do Professor: Reflexões sobre a Prática Pedagógica*. Porto Alegre: Artmed.
- Moreira, M.A., *Aprendizagem significativa: a teoria e texto complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- Moreira, M. A. (2011). *Educação e Tecnologias: A Formação do Professor para o Século XXI*. São Paulo: Editora Loyola.
- Moreira, M. A. (2012). *Ensino e Aprendizagem de Ciências: Tendências e Perspectivas*. Porto Alegre: Artmed.
- Moreira, M. A.; Rosa, P. R. S. *Pesquisa em ensino: métodos qualitativos e quantitativos* [apostila de compilação de trabalhos publicados]. 2 o Ed. Porto Alegre, 2016.
- Moreira, M. A. *Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea*. Revista do Professor de Física, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.
- Moreira, M. A., *Uma análise crítica do ensino de Física*. *Estudos avançados*, 32, 73-80, 2018.
- Moreira, J. C. P., Santana, J. R., & Torres, A. L. de M. M. (2023). O potencial da cultura *maker* para o desenvolvimento das habilidades *steam* (ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática) na educação. *Cuadernos De Educación Y Desarrollo*, 15(1), 905–923. <https://doi.org/10.55905/cuadv15n1-047>
- MUNDO, Transformando Nosso. a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. **Recuperado em**, v. 15, p. 24, 2016.
- Nascimento, J. M., *Aplicação da Metodologia STEAM através da Robótica: Uma solução aos desafios da Educação Profissional durante a pandemia de Covid-19*. Simpósio dos Programas de Mestrado Profissional, 15, 196-205, 2020.
- Oliveira, A. P. da S.; Oliveira, E. T. C. C.; Queiroz, L. L. G. de.; Cruz, R. D. M. Principais desafios no ensino-aprendizagem de botânica na visão de um grupo de professores da educação básica. *Revista Pedagógica*, v. 24, p. 1-26, 2022.
- Paviani, J., *Interdisciplinaridade: conceitos e distinções*. 2. ed. Caxias do Sul, RS: Educ, 2008.

Pierson, A.; Neves, M. R., Interdisciplinaridade na formação de professores de ciências: conhecendo obstáculos. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 1, Ed. 2, 2011.

Pires, Marília Freitas de Campos. Multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade no ensino. *Interface-Comunicação, Saúde, Educação*, v. 2, n. 2, p. 173-182, 1998.

Pugliese, G. O. Os modelos pedagógicos de ensino de ciências em dois programas educacionais baseados em STEM (science, technology, engineering, and mathematics). Universidade Estadual de Campinas, 2017.

Pugliese, G. O. *Um panorama do STEAM education como tendência global*. Porto Alegre: Penso, 2020.

Raven, P.H.; Evert, R.F. & Eichhorn, S.E. *Biologia Vegetal*. Ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. 2014.

Reitz, J.R.; Milford, F.J.; Christy R.W, *Fundamentos da Teoria Eletromagnética*, 3ª Ed. Rio de Janeiro: Editora Corpus Ltda, 1992.

Roberto, G. R. D. et al. *O uso da educação STEAM para promover a aprendizagem matemática e conscientização ambiental*. *Revista Valore*, v. 6, p. 746-760, 2021.

Saraiva, V. S. M. Física em Cena: *Uma sequência didática para o estudo das ondas Eletromagnéticas aliado ao teatro no ensino médio*. Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2020.

Santos, S. M. P. O brincar na escola. Metodologia lúdico vivencial, coletânea de jogos, brinquedos e dinâmicas. 1 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

Seeduc 2023. Novo Ensino Médio. Disponível em: <https://novoensinomedio.educacao.rj.gov.br/pdfs/catalogo-if.pdf>. Acesso em: 2023;

Sert, M. A.; Kern, K. A. P.; Cortez, M. E., *Práticas de laboratório-experimento para observação de fototropismo em plantas de beijo (impatiens sp) e feijão (phaseolus vulgaris)*. *Arquivos do Mudi*, v. 10, n. 3, p. 29-31, 2006.

Sierra, D. H.; Rojas, J. G.; García, Á. R., *Implementando las metodologías steam y abp en la enseñanza de la Física mediante Arduino*. In: *Memorias de Congresos UTP*. 2019. p. 133-137.

Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed., Artmed, 1998.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A.; *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora, 2017.

Watanabe, C. A. A.; Costa, V. de A. Possibilidades da tecnologia digital de informação e comunicação na educação com perspectivas críticas e emancipatórias, 2020.

Young D. H.; Freedman A. R., "Física III: Eletromagnetismo, 12a. ed. Pearson, São Paulo, Brasil, 2009.



Valente, J.A., *A comunicação e a educação baseada no uso das tecnologias digitais de informação e comunicação*. UNIFESO-Humanas e Sociais, v. 1, n. 01, p. 141-166, 2014.

Victório, C. P., Kuster, R. M., & Lage, C. L. S., *Qualidade de luz e produção de pigmentos fotossintéticos em plantas in vitro de Phyllanthus tenellus roxb.* Revista Brasileira de Biociências, 213-215, 2007.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – Questionário inicial e final

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

 INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE

 **SBF**  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

**Disciplina: Física**

**Professora: Eliana de Abreu Rodrigues**

**Nome:** \_\_\_\_\_

Olá, meus queridos alunos! Estaremos desenvolvendo um trabalho diferenciado e para isso gostaria que respondessem às questões a seguir. Espero que estejam animados para mais uma etapa! Vamos nessa!

### QUESTIONÁRIO

#### **Questão 1: O mistério da floresta torta na Polônia**

Uma floresta na Polônia chama a atenção por parecer ter saído de um livro de fantasias. Conhecida como *Crooked Forest* (floresta torta, em tradução livre), parte de suas árvores possuem um formato peculiar.



Fonte: Reprodução/Daily Mail/Maciej Sokolowski

Uma reportagem do portal Daily Mail revelou que pelo menos 400 pinheiros tem crescido de forma torta. O motivo real para o fenômeno ainda é desconhecido pelos pesquisadores, visto que o restante da vegetação na floresta possui a posição normal. Quais fatores podem ter influenciado para que as árvores apresentassem esse formato?

---



---



---



---



---

**Questão 2:** Observe as imagens a seguir e responda:



Imagem: Elaboração própria.

Em ambas as imagens, apesar de serem espécies diferentes, há uma inclinação.

a) Descreva se você já viu as plantas se comportarem desta forma no seu dia a dia ou se já ouviu falar deste fenômeno?

---



---



---



---

b) Em seu ponto de vista, por que elas apresentam esse comportamento de inclinação?

---

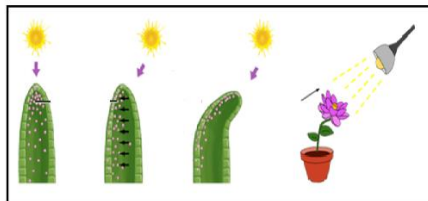


---



---

c) Explique o que está acontecendo nessa imagem abaixo e o que representam as bolinhas rosas.




---



---



---

**Questão 3** Qual a explicação para o céu ser azul?

---



---



---

**Questão 4:** Por que em alguns dias do ano o céu fica avermelhado?

---

---

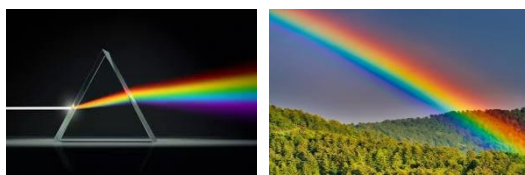
---

---

**Questão 5- Arco-íris: duendes e potes de ouro. (Irlanda)**

Uma lenda da Irlanda diz que se você encontrar um duende e conseguir olhar para ele sem dar uma piscadela sequer, em troca da liberdade ele vai revelar onde se esconde o pote de ouro no final do **arco-íris** (Fonte: <http://cienciaviva.org.br/index.php/2020/03/02/arco-iris-duendes-e-potes-de-ouro-irlanda/> ).

Um dos experimentos mais interessantes para visualização da composição da luz é o prisma. Na natureza há quem se depare com o fenômeno do arco-íris.



Escreva com suas palavras tudo que você souber sobre as imagens.

a) O que é luz?

---

---

---

---

b) Por que aparecem essas cores?

---

---

---

---

c) Como é possível reproduzir as cores do arco íris em um prisma?

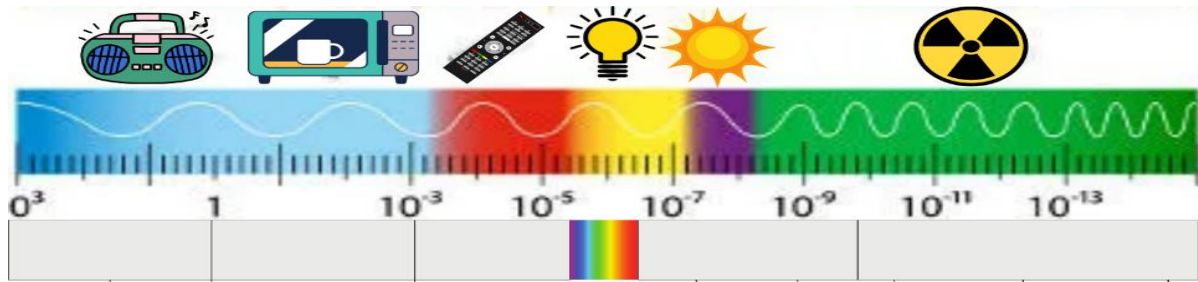
---

---

---

---

**Questão 6:** A figura a seguir mostra o Espectro Eletromagnético dividido em 7 partes para uma melhor compreensão, agora responda:



a) O que representam as divisões dessas partes?

---



---



---



---

b) Você saberia citar o nome de cada uma delas? Dica: RAMILUX-G

---



---



---



---

c) Cite palavras que podem ser empregadas dentro desse espectro, desde objetos até cores. Utilize as colunas abaixo para inserir suas respostas.

--	--	--	--	--	--	--

## APÊNDICE B - Artigo sobre fototropismo.

### PRÁTICAS DE LABORATÓRIO

#### EXPERIMENTO PARA OBSERVAÇÃO DE FOTOTROPISMO EM PLANTAS DE BEIJO (*Impatiens sp*) E FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*)

Maria Aparecida Sert <sup>\*@</sup>, Kátia Aparecida Pereira Kern <sup>\*\*</sup>, Elimaida Mayo Cortez <sup>\*\*\*</sup>

Sert MA, Kern KAP, Cortez EM. Experimento para observação de fototropismo em plantas de beijo (*Impatiens sp*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*). Arq Mundi. 2006;10(3):29-31.

**RESUMO.** Este experimento propõe sugestões de ensaios que poderão ser realizados em sala de aula pelos professores de Ensino Fundamental e Médio, para observação do fototropismo. Com a utilização de materiais de fácil acesso e baixo custo, a alteração da forma de crescimento da planta em resposta a um estímulo luminoso poderá ser demonstrada, melhorando, assim, o aprendizado de seus alunos.

**PALAVRAS-CHAVE:** fototropismo; experimentos em Botânica; estímulo luminoso.

---

Sert MA, Kern KAP, Cortez EM. Experiment for observation of phototropism in *Impatiens sp* and *Phaseolus vulgaris*. Arq Mundi. 2006;10(3):29-31.

**ABSTRACT.** This assays aims at providing Fundamental and Medium School teachers with assays on phototropism that may be carried out in the classroom. Phototropism is the directed plant growth according to a light stimulus. Apparatuses are of low cost and easily available and help significantly in the students' learning.

**KEY WORDS:** phototropism; experiments in Botany; light stimulus.

---

#### INTRODUÇÃO

A importância da luz para os seres vivos é observada na fotossíntese, na fotomorfogênese (efeito da luz no desenvolvimento da planta), no fotoperiodismo (capacidade de um organismo detectar o comprimento do dia ocasionando uma resposta sazonal) e no fototropismo (crescimento em relação a um estímulo luminoso) (Taiz, Zeiger, 2004).

Uma das características dos seres vivos é a capacidade de responder a estímulos, sejam eles externos ou internos. Nas plantas essas respostas são, na maioria dos casos, difíceis de serem observadas. Uma exceção seria o fototropismo ou heliotropismo que é o crescimento ou movimento orientado em relação a um estímulo luminoso fornecido unidirecionalmente. E esse pode ser facilmente observado em fungos, pteridófitas e

plantas superiores (Raven et al., 2001).

O fototropismo é resultado da ação do fitohormônio denominado auxina, que promove o crescimento e o alongamento das células (Lopes, 1996). Esse crescimento pode ser classificado geotropismo, como no crescimento das raízes, ou fototropismo que é um dos fatores que exerce grande influência sobre o crescimento do caule (Amabis, Martho, 2002).

Os primeiros relatos sobre fototropismo foram feitos por Charles Darwin, que realizou várias experiências utilizando coleóptiles, sementes de aveia, obtendo com seus resultados o mérito de ter observado os primeiros dados conducentes à idéia de que as plantas produzem hormônios (Taiz, Zeiger, 2004).

Essa prática tem como objetivos:

---

\*Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biologia; \*\*Pós-graduanda em Biologia Celular; \*\*\*Bióloga.

@Universidade Estadual de Maringá. 87020-900 – Maringá-PR, Brasil. Fone: 44 32614312. e-mail: [masert@uem.br](mailto:masert@uem.br)

Sert MA, Kern KAP, Cortez EM. Observação de fototropismo em *Impatiens sp* e *Phaseolus vulgaris*. Arq Mundi. 2006;10(3):29-31.

- Despertar o interesse e a curiosidade dos alunos para a aprendizagem da biologia;
- Propiciar ao professor do ensino fundamental e médio, formas alternativas de trabalhar os tópicos da biologia;
- Mostrar o crescimento da planta em direção ao estímulo luminoso, mesmo estando em diferentes posições;
- Identificar e conhecer uma estratégia de sobrevivência das plantas em busca da luz.

### PROCEDIMENTOS

Dois experimentos são sugeridos para melhor identificação do fototropismo em plantas de beijo (*Impatiens sp*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*).

#### Primeiro experimento

Material utilizado:

- caixa de papelão grande;
- 5 plantas de beijo (*Impatiens sp*) e de

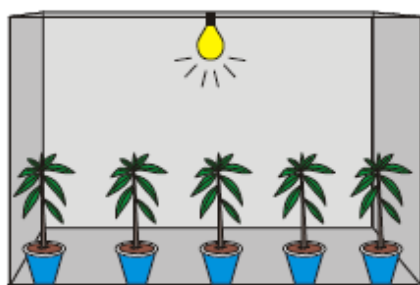


Figura 1a. Disposição das plantas dentro da caixa.

feijão (*Phaseolus vulgaris*) em estágio vegetativo e, aproximadamente, 10 cm de altura;

- lâmpada incandescente com 40 volts de potência ou lâmpada fluorescente.

#### Metodologia

1. Faça um orifício na região central da caixa de papelão e adapte a lâmpada. Coloque as plantas de beijo ou feijão uma ao lado da outra, cobrindo-as com a caixa, conforme a figura 1a. Cuide para não deixar nenhum outro orifício na caixa de papelão, evitando a entrada de luz;
2. Mantenha a lâmpada acesa por todo o período;
3. Após 4 dias da implantação do experimento anote os resultados observados (Fig 1b).

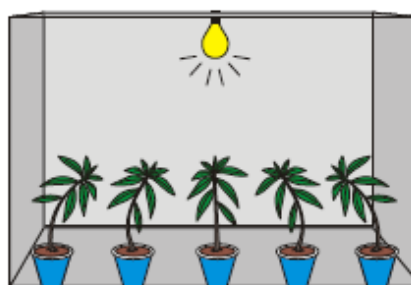


Figura 1b. Resultado esperado.

#### Segundo experimento

Material utilizado:

- 1 planta de beijo (*Impatiens sp*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*);
- caixa de papelão grande com divisórias conforme a figura 2a;
- fita crepe.

Metodologia:

1. Recorte três orifícios na caixa de

papelão, sendo dois nas divisórias e um na lateral da mesma conforme a figura 2a, de forma que a luminosidade possa penetrar;

2. Coloque a planta de beijo e feijão dentro da caixa como no esquema abaixo;
3. Feche a caixa de papelão com fita crepe para evitar a entrada de luz e observe o resultado após 5 dias (Fig 2b).



Sert MA, Kern KAP, Cortez EM. Observação de fototropismo em *Impatiens sp* e *Phaseolus vulgaris*. Arq Mundi. 2006;10(3):29-31.

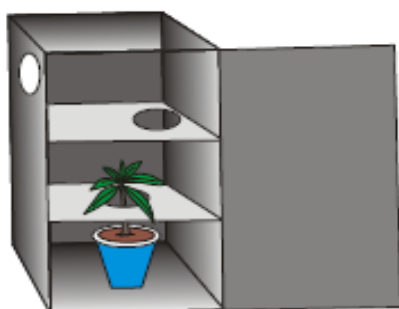


Figura 2a. Planta dentro da caixa com orifícios



Figura 2b. Resultado esperado, a planta sai pelo orifício em busca de luz.

#### SUGESTÕES DE LEITURA

Amabis JA, Martho GR. Fundamentos da Biologia Moderna. 3.ed. São Paulo: Moderna; 2002. p.234.  
 Lopes S. Bio. 5.ed. São Paulo: Saraiva; 1996. p.302.  
 Raven PH, Evert RF, Eichhorn SE. Biologia Vegetal. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001. p.906.  
 Taiz L, Zeiger E. Fisiologia Vegetal. 3.ed. Porto Alegre: Artmed Editora; 2004. p.719.

---

Recebido em: 28.02.05

Aceito em: 06.02.06

Revista indexada no *Periodica*, índice de revistas Latino Americanas em Ciências: <http://www.dgbiblio.unam.mx> (ISSN 1980.959X).

Continuação de: Arquivos da Apadee (ISSN 1414.7149)

Maringá, PR

## APÊNDICE C: Exercícios sobre Fototropismo.



Nome: \_\_\_\_\_

Professora: Eliana Rodrigues

Data: / /

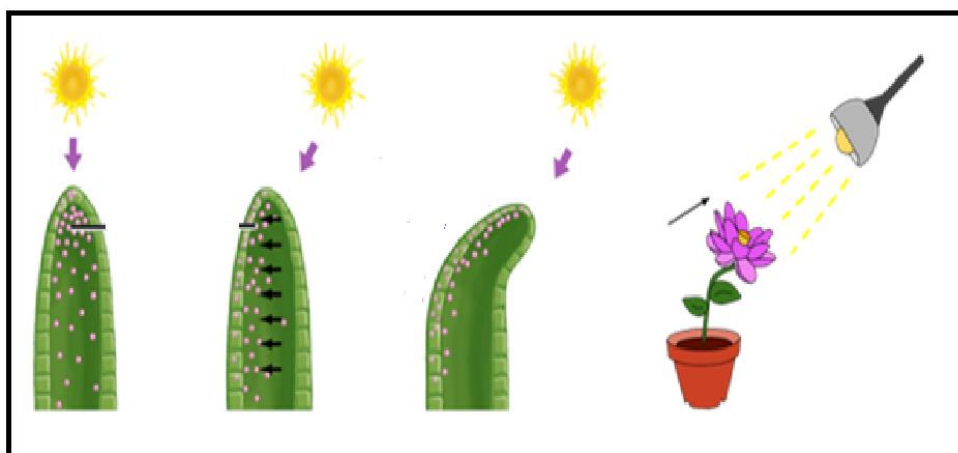
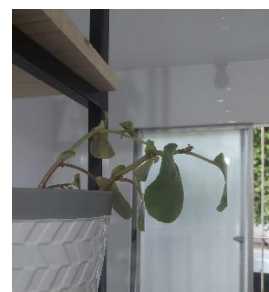
1- Quais os fatores que podem influenciar no desenvolvimento da planta?

---



---

2- Podemos observar, diferentes posicionamentos das plantas. Qual seria sua explicação para esta diferença. Como ocorre esse fenômeno?



Fonte: <http://katyabotanica.blogspot.com/2015/06/hormonios-vegetais.html>

---



---



---

3- Sinalize na imagem e enumere de acordo com as palavras correspondentes: (1) auxina, (2) crescimento unilateral, (3) luz, (4) fototropismo.

## APÊNDICE D: Projeto da caixa para fototropismo

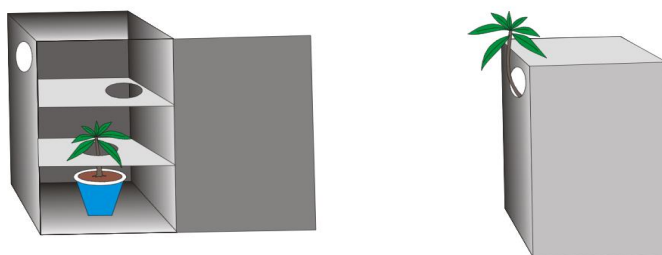


Nome: \_\_\_\_\_

Professora: Eliana Rodrigues

Data: / /

### Aula prática: Fototropismo



Fonte: UEM <sup>38</sup>

Os pontos principais para o projeto:

- 1 Qual o formato e tamanho da caixa que pretende fazer?
- 2 Quantas prateleiras pretende colocar dentro da caixa?
- 3 Qual semente pretende utilizar para germinar?;
- 4 Onde pretende fazer o orifício da caixa?
- 5 Qual o tamanho do orifício da caixa?

A avaliação deste encontro será através da elaboração escrita do projeto da caixa para fototropismo. Relate o máximo de detalhes para as perguntas e planejamento do experimento pelo grupo.

---



---



---



---



---



---

<sup>38</sup> <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19985/10810>

APÊNDICE E– Roteiro Plataforma *Phet*: Luz visível.

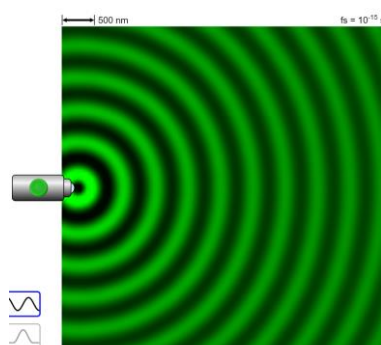
Nome: \_\_\_\_\_

Professora: Eliana Rodrigues

Data: / /

**Vamos acessar a plataforma *Phet* pelo link:**

[https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_all.html?locale=pt_BR)



A - Analise a frequência da luz na cor VERDE. Registre suas observações.

\_\_\_\_\_

B - Analise a frequência da luz na cor AZUL. Registre suas observações

\_\_\_\_\_

C - A - Analise a frequência da luz na cor VERMELHA. Registre suas observações.

\_\_\_\_\_

D - Após observações, qual a conclusão que chegamos?

\_\_\_\_\_

## APÊNDICE F: Roteiro análise do experimento fototropismo

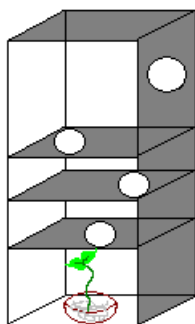


Nome: \_\_\_\_\_

Professora: Eliana Rodrigues

Data: / /

1- Agora que vamos analisar o experimento do fototropismo, responda:



Fonte: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/fototropismo.htm>

a) Qual a intenção de fecharmos a caixa totalmente e deixarmos apenas um orifício na parte externa da caixa?

---



---



---

b) Quais os elementos fundamentais para que o vegetal desenvolva nesse experimento?

---



---



---

c) Ocorreu o experimento conforme você esperava?

( ) sim ( ) não

Justifique/ explique:

---



---



---

d) Faça suas observações e avaliação sobre o experimento. Se você fosse justificar o crescimento vegetal a que você atribuiria?

---



---



---

## APÊNDICE G: Roteiro Espectro eletromagnético.

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE**

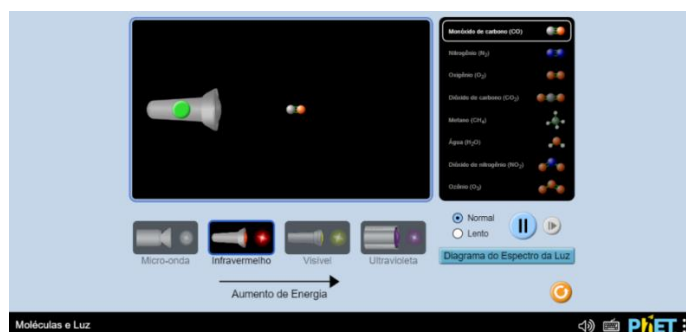
**SBF**  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Aluno: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Professora: Eliana Rodrigues

**Vamos acessar a plataforma *Phet* pelo link:**

[https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html)



Vamos observar as reações e interações moleculares de acordo com cada espectro de luz, faça os registros na tabela abaixo caso ocorra alguma interação molecular com a emissão:

Micro-ondas	Infravermelho	Luz visível	Ultravioleta

## APÊNDICE H: Roteiro atividade Espectro eletromagnético.



Nome: \_\_\_\_\_

Professora: Eliana Rodrigues

Data: / /

### Espectro eletromagnético



**RaMiLUX-G:** (Ra) Rádio, (Mi) Micro-ondas, (I) de Infravermelho, (L) Luz Visível, (U) ultravioleta, (X) raios x e (G) raios gama. Agora que você já sabe as frequências (faixas) do espectro e o acróstico **RaMiLUX-G**, escreva nos quadros abaixo as informações e a participam no nosso cotidiano de cada.

#### **RaMiLUX-G**

**Rádio:**

**Micro-ondas:**

**Infravermelho:**

**Luz Visível:**

**Ultravioleta:**

**RaioX:**

**Raios Gama:**



## APÊNDICE I: Ficha avaliativa 1

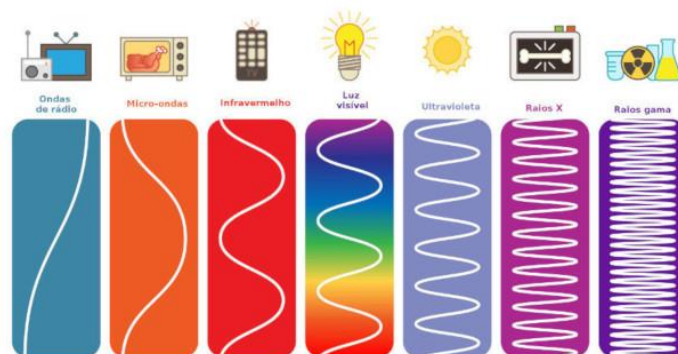
**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE

**SBF**  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Aluno: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Professora: Eliana Rodrigues



Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>

Agora, que assistimos os vídeos sobre Espectro Eletromagnéticos, das sete categorias que são: Ondas de Rádio, Micro-ondas, Infravermelho, Luz Visível, ultravioleta, raios x e raios gama.

1- Qual categoria você considera **mais** importante? Justifique.

---



---



---



---

2- Qual categoria você considera **menos** importante? Justifique.

---



---



---

## APÊNDICE J: Slides Introdução à Onda Eletromagnéticas.

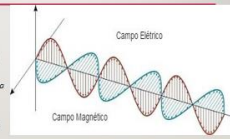
### ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

ELIANA RODRIGUES

1

### ONDAS ELETROMAGNÉTICAS:

- São resultados das fontes de energia elétrica e magnética em conjunto.
- Formadas pelo campo elétrico e o magnético.
- Não necessita de um meio material para se propagar. (vibração de cargas elétricas) - propaga no vácuo.
- No vácuo a velocidade da luz, cerca de 300 000 km/s.



2

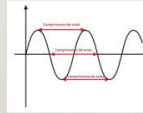
### VELOCIDADE E PERÍODO

- **Velocidade:** representado pela letra ( $v$ ), a velocidade de uma onda depende do meio em que ela está se propagando. Assim, quando uma onda muda seu meio de propagação, a sua velocidade pode mudar.
- **Período:** representado pela letra ( $T$ ), o período corresponde ao tempo de um comprimento de onda. No sistema internacional, a unidade de medida do período é segundos (s).

3

### COMPRIMENTO DE ONDA

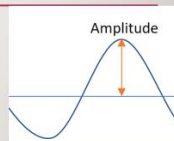
- **comprimento de onda** é a distância entre valores repetidos sucessivos num padrão de **onda**. É usualmente representado pela **letra grega lambda** ( $\lambda$ ).
- É a distância entre dois vales ou duas cristas sucessivas.



4

### AMPLITUDE

- Corresponde à altura da onda.
- Marcada pela distância entre o ponto de equilíbrio (repouso) da onda até a crista.
- Note que a "crista" indica o ponto máximo da onda, enquanto o "vale", representa a ponto mínimo.



5

### FREQUÊNCIA:

- Representada pela letra ( $f$ ), (S.I)
- É medida em hertz (Hz)
- Corresponde ao número de oscilações da onda em determinado intervalo de tempo.
- A frequência de uma onda não depende do meio de propagação, apenas da frequência da fonte que produziu a onda.

6

### ONDA ELETROMAGNÉTICA:

No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade, conhecida como velocidade da luz  $c$ . Assim, no vácuo,

$$c = \lambda \cdot f$$

- As incógnitas das equações acima são:
- $v$  - velocidade de propagação da onda
- $f$  - frequência da onda
- $T$  - período da onda
- $\lambda$  - comprimento de onda

7

# APÊNDICE K: Slides sobre as faixas de ondas eletromagnéticas

## Ondas eletromagnéticas

Etiana Rodrigues

1

► Maxwell foi o primeiro a prever a existência das ondas eletromagnéticas, porém a comprovação dessa existência se deu 30 anos depois, por Heinrich Hertz.

www.labcisco.com.br

2

## Ondas de Rádio (Ra)

- Ondas hertzianas ou ondas de radiofrequência.
- Podem ser produzidas por correntes elétricas de que oscilam rapidamente em um condutor (antena).
- Espectro de ondas de rádio ou faixa de rádio frequência
- Vai de 10 kHz a 300.000 MHz.
- Aplicações : Transmissões de rádio e TVs, telefones móveis, áudio, vídeo radionavegação, serviços de emergência e radio digital (civil ou militar).

Imagem fonte: <https://blog.brlogica.com/pt/am-fm-web/>

3

## Micro-ondas (M)

- São ondas de alta frequência, (109Hz até 1011Hz)
- Não são fonte de calor, mas de energia;
- Possui aplicação em telecomunicações mas aplicação mais conhecida é o forno de micro-ondas.
- Micro-ondas tipo magnetron com frequência 2,45GHz - Processo de vibração das moléculas de água e outras substâncias, que ao vibrarem geram calor que aquece o alimento.

4

## Infravermelho (I)

- William Herschel astrônomo inglês em 1800;
- Colocou o termômetro de mercúrio no espectro obtido por um prisma, observou que o calor era mais forte ao lado do vermelho do espectro e que ali não havia luz.
- Não é percebida na forma de luz pelo olho humano;
- Quanto mais alta a temperatura do objeto maior será a radiação emitida;
- Câmeras termográficas infravermelhas produzem imagens virtuais dessa radiação.
- Calcula a temperatura sem contato com o objeto.

5

## Luz visível (L) ou Espectro visível ou óptico

- Radiação composta por fótons (partículas elementares) capazes de sensibilizar o olho humano.
- Issac Newton observou que a luz se propagava em linha reta, e que ao atravessar um prisma de vidro a luz solar branca, sofria dispersão.
- Velocidade de propagação da luz é de 300,000 km/s.

6

## Ultravioleta (U)

- Comprimento de onda de 200 a 400nm;
- Frequência maior que a luz visível;
- É a radiação mais energética emitida pelo sol; (proteção da camada de ozônio);
- Pode ser classificada em: UVA, UVB, UVC

7

## Raio (X)

- Primeira radiografia da história ocorreu em 1895 pelo alemão Wilhelm Conrad Röntgen, que recebeu em 1901 o prêmio Nobel.
- O Raio X foi contactado através do estudo da luminescência por raios catódicos num tubo de crookes.
- Os elétrons com energia são acelerados e então emitem ondas eletromagnéticas que são os raios X;
- Podem atravessar tecidos como carne humana (baixa densidade) mas não o tecido ósseo (alta densidade);
- Principal aplicação é na medicina através de radiografias.

8

## Raios (G)ama

- Produzidos por elementos químicos radioativos, com Urânio e Polônio;
- Apresentam comprimentos de ondas muito baixos, aumentando seu poder de penetração;
- A radiação gama é a transição de um estado excitado para menor excitação porem no núcleo.
- É comum ter-se a emissão Alfa em seguida por Gama;
- Possui aplicação na esterilização de equipamentos hospitalares, assim como em determinados alimentos.
- As radiações podem ser barradas por: Alfa (folha de papel); Beta (chapa de alumínio) e gama (Placa de chumbo).

A radiação gama é a mais penetrante das radiações, mas pode ser barrada com placas de chumbo ou iradiôdeno, que possuem altas densidades. FONTE: brisidocoba

9

## Ramilux - G

10



APÊNDICE L – Tabuleiro para impressão - Jogo Ramilux-G



## **APÊNDICE M: Instruções e Regras jogo de tabuleiro.**

Os itens do jogo: 1 tabuleiro (Apêndice L), 1 dado, 4 peças pinos e cartas individuais (Apêndice N) com instruções de ações durante o jogo, ou perguntas temas em que a resposta são de acordo com uma das faixas do Espectro: (Ra) Rádio, (Mi) Microondas, (I) de Infravermelho, (L) Luz Visível, (U) ultravioleta, (X) raios x e (G) raios gama.

Podem jogar de 2 até 4 participantes. Ao iniciar a partida todos os jogadores devem jogar o dado, o que tirar maior pontuação inicia a partida e os demais na sequência.

O jogo funciona com cartas que terão ação ou perguntas, onde outro participante que não seja o que estará na vez de jogar deve ler as instruções e aguardar a ação do jogador.

Se for carta relacionada a ação deverá fazer o que se pede, exemplo, ande 2 casas, volte 1 casa, ou fique uma partida sem jogar. Caso a carta seja de pergunta então o participante deverá responder qual faixa do Espectro esta relacionada. Se a resposta estiver correta o participante avançará o número de casas que cair no dado, caso erre espere a próxima rodada para jogar. Vence o jogo o primeiro que alcançar o fim do percurso.

Caso as cartas acabem antes do jogo terminar, deverão ser embaralhadas e colocadas novamente no jogo.

### Regras do jogo:

- 1- Ao jogar o dado o participante só poderá avançar se responder corretamente à pergunta relativa à faixa a ser avaliado.
- 2- Se o participante errar a resposta permanece na mesma posição do jogo, se acertar avança a casa referente ao número do dado.
- 3- Caso caia no nº36 e responder corretamente à pergunta, poderá avançar pela “onda” para a casa de número nº48, caso erre continuará normalmente o jogo na próxima rodada.
- 4- Se a carta for uma ação faça, correspondente, não necessitando do valor do dado.

APÊNDICE N: Cartinhas para jogo RaMILUX G

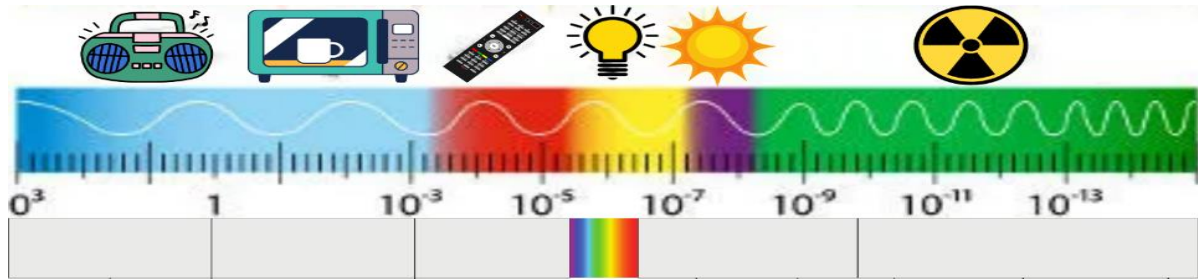
<p>Todas as formas de radiação eletromagnética viajam à velocidade da luz no vácuo.</p> <p><b>ANDE 3 CASAS</b></p>	<p>A exposição a certos tipos de radiação eletromagnética pode ser prejudicial à saúde.</p> <p><b>VOLTE 1 CASA</b></p>	<p>Os raios gama têm a menor frequência e a maior energia de todos os tipos de radiação eletromagnética.</p> <p><b>ANDE 2 CASAS</b></p>
<p>Os raios X foram descobertos por Wilhelm Conrad Röntgen em 1895.</p> <p><b>PASSE SUA VEZ NESTA RODADA</b></p>	<p>A exposição excessiva à luz ultravioleta pode causar danos à pele e aos olhos.</p> <p><b>BUSQUE UM OCÚLOS DE SOL VOLTE 3 CASAS.</b></p>	<p>A luz visível é apenas uma pequena parte do espectro eletromagnético, mas é a única que os olhos humanos podem ver.</p> <p><b>VAMOS CONTEMPLAR A NATUREZA FIQUE UMA RODADA SEM JOGAR.</b></p>
<p>O infravermelho é o que sentimos como calor quando estamos perto de um objeto quente.</p> <p><b>SÓ AVANCE SE TIRAR NÚMERO ÍMPAR.</b></p>	<p>As ondas de rádio foram originalmente descobertas por Heinrich Hertz em 1888.</p> <p><b>SÓ AVANCE SE TIRAR NÚMERO PAR.</b></p>	<p>O que significa a letra “I” do Ramilux -G</p> <p><b>INFRAVERMELHO</b></p>

 <p>AM (amplitude modulada) e FM (frequência modulada) correspondem a qual faixa do espectro?</p> <p><b>RÁDIO</b></p>	<p>Além de cozinhar, são usadas em radares e em telecomunicações, como em redes Wi-Fi?</p> <p><b>Micro-ondas (M)</b></p>	<p>Este é o tipo de radiação emitida pelos corpos em forma de calor. Todo objeto com temperatura acima do zero absoluto emite esta radiação que é?</p> <p><b>Infravermelho (I)</b></p>
<p>Usado em câmeras térmicas e controles remotos, estamos falando do (a)?</p> <p><b>INFRAVERMELHO</b></p>	<p>O termômetro que afere a temperatura sem contato com o objeto. Esta em qual faixa do espectro eletromagnético?</p> <p><b>INFRAVERMELHO</b></p>	<p>Radiação composta por fótons (partículas elementares) capazes de sensibilizar o olho humano.</p> <p><b>LUZ VISÍVEL</b></p>
<p>Issac Newton observou que essa luz se propagava em linha reta, e que ao atravessar um prisma de vidro a luz solar branca, sofria dispersão. Estamos falando da (o)?</p> <p><b>LUZ VISÍVEL</b></p>	<p>Velocidade de propagação da luz é de 300,000 km/s.</p> <p><b>AVANCE 5 CASAS</b></p>	<p>O fototropismo esta relacionado a qual faixa do espectro eletromagnético?</p> <p><b>LUZ VISÍVEL</b></p>

<p>Comprimento de onda de 200 a 400nm e a frequência é maior que a luz visível.</p> <p><b>Ultravioleta (U)</b></p>	<p>É usada na esterilização de equipamentos médicos, em lâmpadas fluorescentes e para detectar falsificações em documentos.</p> <p><b>Ultravioleta (U)</b></p>	<p>Pode ser classificada em: UVA,UVB,UVC.</p> <p><b>Ultravioleta (U)</b></p>
<p>São usados para exames médicos, pode penetrar na maioria dos materiais, mas são absorvidos por substâncias mais densas, como ossos. Qual faixa estamos falando?</p> <p><b>RAIO X</b></p>	<p>Os elétrons com energia são acelerados e então emitem ondas eletromagnéticas que são os ?</p> <p><b>RAIO X</b></p>	<p>Podem atravessar vários tecidos, mas não o tecido ósseo. Usado para exames?</p> <p><b>RAIO X</b></p>
<p>Que tipo de onda eletromagnética é aplicada na medicina através de radiografias?</p> <p><b>RAIO X</b></p>	<p>As radiações podem ser barradas por: Alfa (folha de papel); Beta (chapa de alumínio) e gama (Placa de chumbo)?</p> <p><b>RAIOS GAMA</b></p>	<p>Possui aplicação na esterilização de equipamentos hospitalares, assim como em determinados alimentos.</p> <p><b>RAIOS GAMA</b></p>



<p>O que significa a letra “M” do Ramilux -G?</p> <p><b>MICROONDAS</b></p>	<p>O que significa a letra “U” do Ramilux -G?</p> <p><b>ULTRAVIOLETA</b></p>	<p>A que faixa remete a letra “X” do Ramilux -G?</p> <p><b>Raio X</b></p>
<p>São produzidas por correntes elétricas oscilantes, que podem ser encontradas em antenas de televisão, GPS e radares.</p> <p><b>RÁDIO</b></p>	<p>Produzidos por elementos químicos radioativos, com Urânio e Polônio;</p> <p><b>Raios gama</b></p>	<p>O que significa a letra “Ra ” do Ramilux -G</p> <p><b>Rádio</b></p>
<p>Qual é a faixa do <i>WI-FI</i>?</p> <p><b>RÁDIO</b></p>	<p>O que significa a letra “L” do Ramilux -G?</p> <p><b>LUZ VISÍVEL</b></p>	<p>O que significa a letra “I” do Ramilux -G?</p> <p><b>INFRAVERMELHO</b></p>

**APÊNDICE O: banner do Espectro eletromagnético para impressão.**

Fonte: *google* com adaptações.

## APENDICÊ P– Ficha avaliativa dos instrumentos pelos alunos



Nome: \_\_\_\_\_

Com relação aos itens a seguir, atribua uma nota de 1 a 5, considerando 1 a menor e 5 a maior nota.

**1- O que você achou da sequência didática aplicadas nesse bimestre?**

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**2- O quanto você acha que ela contribuiu na aprendizagem sobre fototropismo?**

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**3- O quanto contribuiu na aprendizagem sobre espectro eletromagnético?**

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**4- Você gostou de fazer experimentos em grupos?**

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**5- Foi possível identificar os conceitos no cotidiano?**

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**6- Assinale as atividades que mais contribuíram para sua aprendizagem.**

- ( ) aulas dialogadas    ( ) simuladores    ( ) painel    ( ) jogo  
 ( ) vídeos                    ( ) experimentos    ( ) Questões discursivas

**7- Comente o que você gostou e o que não gostou das aulas.**

---



---



---



---



---



---

**8- Comentários adicionais:**

---



---



---



---



---



---

## APENDICÊ Q – Simulador Arduino do fototropismo.

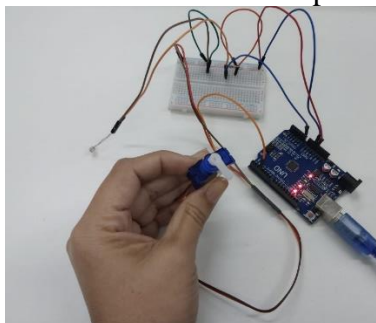
### Simulador Arduino Fototropismo

Projeto Arduino fototropismo trata-se de um protótipo que simula de forma artificial o fototropismo, o LDR (Resistor Dependente de Luz), resistor variável de acordo com a intensidade da luz, (segue a lanterna do celular), simulando o movimento de inclinação da planta em curvatura na direção ao Sol, ou seja, o fototropismo.

Um sensor de luminosidade é um componente eletrônico capaz de detectar a quantidade de luz no ambiente, seu principal componente é o LDR (*Light Dependent Resistor* ou Resistor Dependente de Luz) também conhecido como fotoresistor, que varia sua resistência de acordo a quantidade de luz do ambiente.

Fonte: <https://guiarobotica.com/sensor-de-luminosidade-ldr/>

#### Circuito Arduino Fototropismo.



Fonte: Elaboração própria.

O protótipo eletrônico pode ser empregado nas diferentes áreas do STEAM, na Ciência com as interações entre o vegetal e a luz, Tecnologia e Matemática com a programação do Arduino, Artes para elaborar a parte externa do dispositivo. A imagem a seguir mostra como finaliza-se o simulador antes de fecha-lo.

#### Protótipo internamente



Fonte: Elaboração própria.

A imagem a seguir mostra na ordem (esquerda para direita) os materiais necessários para montagem e execução do Arduino.

Materiais para simulador Arduino fototropismo.

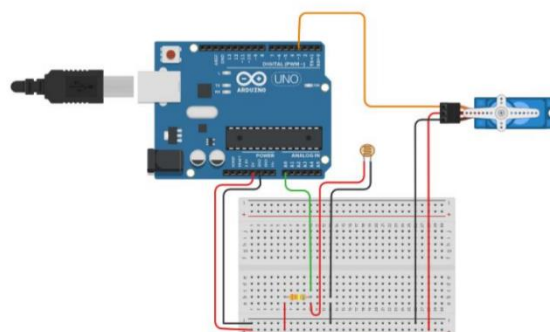


Fonte: Elaboração própria.

O projeto oferta todas as informações necessárias para sua confecção dentre eles os materiais necessários:

- 1 Arduino UNO
- 1 placa protobord 400 pinos;
- Cabo USB AB
- 1 Servo Motor MG995 Tower Pro 180°;
- 1 Fonte de alimentação 9V 1A;
- 1 LDR Sensor de Luminosidade 5mm;
- Resistores 330R
- 2 pares de *Jumpers*;
- 1 Canudo;
- Potinho plástico.

Esquema do circuito



Fonte: Elaboração própria.

### Simulador em funcionamento



Fonte: Elaboração própria.

Após as conexões é necessário calibrar o servo motor a 90° pelo programa Arduino UNO Roteiro de montagem do dispositivo Arduino fototropismo disponível em<sup>39</sup> “Simulador Arduino fototropismo”, A programação encontra-se disponível no site Arduino.cc e referente na figura a seguir:

### Código de programação para sistema Arduíno para simulador fototrop

```
#include <Servo.h>
#define pinmotor 3
#define LDRmotor A0
Servo motor;
unsigned long mostradorTimer = 1;
const unsigned long intervaloMostrador = 2000;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  motor.attach(pinmotor);
}
void loop() {
  int memLDR, memMOTOR, POSICAO;
  memLDR = analogRead(LDRmotor);
  memMOTOR = map(memLDR, 980, 300, 90, 135 );
  POSICAO = memMOTOR;
  if (memLDR > 350) {
    POSICAO = 90;
  }
  if ((millis() - mostradorTimer) >= intervaloMostrador) {
    // envio para o monitor serial do posicionamentos dos motores
    Serial.println("*****");
    Serial.print("LDR:");
    Serial.print(analogRead(memLDR));
    Serial.print(" Angulo Motor:");
    Serial.println(POSICAO);
  }
  motor.write(POSICAO);
} else {
  if(POSICAO<135) {
    for (POSICAO = 91; POSICAO <= 135; POSICAO += 1 ) { // inclinação do modo
      motor.write(POSICAO);
      delay(20);
      if ((millis() - mostradorTimer) >= intervaloMostrador) {
        // envio para o monitor serial do posicionamentos dos motores
        Serial.println("*****");
        Serial.print("LDR:");
        Serial.print(analogRead(memLDR));
        Serial.print(" Angulo Motor:");
        Serial.println(POSICAO);
      }
      delay(10000); // tempo de espera para um novo movimento.
    } else {
      POSICAO=135;
      motor.write(POSICAO);
      delay(10000);
    }
  }
  // inclui biblioteca do servomotor
}
```

<sup>39</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=WXk6VmuYJIE>

# FOTOTROPISMO E LUZ

## DO FENÔMENO AO ESPECTRO ATRAVÉS DO STEAM

PRODUTO EDUCACIONAL



ELIANA DE ABREU RODRIGUES





# MATERIAL DO PROFESSOR



**Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF)**  
**Instituto Federal Fluminense IFF - *Campus* Centro**

Eliana de Abreu Rodrigues  
Cristine Nunes Ferreira  
Renata Lacerda Caldas

**Campos dos Goytacazes, RJ.**  
**Outubro/2024**



**Caro professor (a),**

Este material é uma sequência didática (SD) elaborada com o objetivo de promover o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa, com foco nos temas de Fototropismo e Ondas Eletromagnéticas.

A proposta visa atender às habilidades e competências definidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para os alunos do 2º ano do Ensino Médio. No entanto, também poderá ser utilizada em disciplinas eletivas, como STEAM, que fazem parte da nova grade curricular do Ensino Médio implementada pela SEEDUC.

A fundamentação teórica desta SD embasada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (2003), que valoriza os conhecimentos prévios dos alunos e a reconciliação integrativa (ao rever o que foi ensinado, o aluno pode acomodar-se similaridades e coerências. A abordagem STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) favorece o desenvolvimento de competências transdisciplinares e aplicáveis a situações reais, visando a participação dos alunos como protagonistas e o professor como um norteador.

A sequência foi dividida em 10 encontros de 2h/aulas cada, sendo o primeiro com aplicação de questionário no objetivo de levantar os conhecimentos prévios dos alunos, nos demais encontros teremos aulas expositivas dialogadas, jogos, simuladores computacionais, experimentos, vídeos, Arduino etc.

Que você possa utilizar de maneira proveitosa esse material.

Dúvidas, sugestões ou críticas.  
Eliana de Abreu Rodrigues  
[eliananaear@gmail.com](mailto:eliananaear@gmail.com)

## SUMÁRIO:

1- Sequência didática _____	5
2- Resumo dos conteúdos _____	6
3- Aula 1 Fototropismo e Ondas eletromagnética _____	7
4- Aula 2 Fototropismo, Auxina e Ondas eletromagnéticas _____	7
-Exercício sobre fototropismo _____	9
5- Aula 3 Fototropismo aula prática _____	10
6- AULA 4 Os vegetais e as ondas eletromagnéticas _____	12
-Roteiro simulador 1 _____	14
7- Aula 5 Fototropismo e simuladores (Arduíno e alternativo) _____	15
- Confecção de simulador fototropismo sustentável _____	18
8- Aula 6 Luz e interações moleculares _____	21
- Roteiro simulador 2 _____	22
9- Aula 7 Ondas eletromagnéticas _____	23
10- Aula 8 Faixas do Espectro eletromagnético _____	27
11- Aula 9 Mostra e Jogo RaMILUX-G _____	29
12- Aula 10 Questionário Final _____	36
Apêndice _____	37
Questionário Final _____	37
Artigo _____	40
Ficha avaliativa dos instrumentos pelos alunos _____	43
Referências _____	44

## Sequência didática

A Teoria da Aprendizagem significativa (TAS) proposta por David Ausubel (2003) fornece fundamentação teórica para a elaboração desta sequência didática desta (SD). Defende que na construção de novos conhecimentos, deve-se priorizar a valorização dos conhecimentos prévios e a Reconciliação Integrativa em rever o que foi ensinado para agregar novos conceitos. Os materiais devem ser bem organizados e potencialmente significativos (Moreira, 2006).

Abordagem STEAM, advinda do acrônimo Ciência (*Science*), Tecnologia (*Technology*), Engenharia (*Engineering*), Artes (*Arts*) e Matemática (*Mathematics*) permite a interdisciplinaridade, que abrange das ciências exatas, permeando pelo conhecimento científico e finalizando no contexto artístico dos educandos.

Não se tem uma clareza de como o STEAM pode ser concretizado em sala devido as diversas interpretações e possibilidades de utilização, no contexto social permite a resolução de problemas por meio de aulas práticas (projetos), busca o pensamento crítico, a criatividade e o protagonismo dos alunos (Bacich e Holanda, 2020).

Neste trabalho, o fototropismo iniciou-se como tema principal e a explicação desse conceito pode ser abordado com diferentes recursos tais como; vídeos, experimentos práticos e como a luz inicia o processo de estímulo vegetal, atrelou-se os conceitos da física através das ondas eletromagnéticas seus conceitos e apresentando todo o espectro porém com ênfase na luz visível por ser a (azul) que interage com os vegetais, e não podemos esquecer da participação do hormônio auxina.

O objetivo de trazer algumas ideias para que os conceitos da Biologia (vegetal) e da Física (ondas) pudessem ser abordados de maneira experimental e prática para que os alunos pudessem vivenciar em situações simples, porém, em contato com diferentes recursos na busca por aulas mais dinâmicas.

## Resumo dos conteúdos

### **Objetivos:**

1. Compreender o conceito de fototropismo e o papel da auxina no crescimento das plantas.
2. Explorar a natureza das ondas eletromagnéticas, especialmente a luz visível, e sua influência no fototropismo.
3. Relacionar os conceitos biológicos e físicos por meio da observação e análise do comportamento das plantas em resposta à luz.
4. Faixas do espectro eletromagnéticos e suas aplicabilidades no cotidiano.

### **Habilidades da BNCC:**

- (EM13CNT304) Explicar fenômenos biológicos e físicos envolvendo luz e seus efeitos nos seres vivos.
- (EM13CNT206) Avaliar a importância de investigações científicas para a compreensão de fenômenos biológicos e físicos.
- (EM13MAT102) Utilizar modelos e simulações computacionais para interpretar fenômenos físicos.

### **Conteúdos:**

- Fototropismo e auxina – Biologia.
- Espectro eletromagnético (luz visível) - Física
- Simulações e experimentos para observação do comportamento vegetal em relação à luz.

## Aula 1: Fototropismo e Ondas eletromagnética

Aplicação de um questionário individual para levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos (APÊNDICE A), com perguntas sobre fototropismo, hormônio auxina, luz visível e ondas eletromagnéticas. O objetivo é coletar informações prévias armazenadas na estrutura cognitiva do aluno.

## Aula 2: Fototropismo, Auxina e Ondas eletromagnéticas

Aula expositiva e dialogada, como objetivo o estudo de conceitos de fototropismo, hormônio auxina e Luz visível. Retornar alguns questionamentos feitos pelo questionário para levantamento das concepções prévias mostrando a Figura 1, e relatar uma problemática para que os alunos possam expressar suas concepções novamente.

**Contextualizando:** A planta popularmente conhecida como begônia, foi levada para dentro de um apartamento, e após alguns dias observou-se que a mesma estava inclinada.

**Figura 1:** Begônia com envergadura.



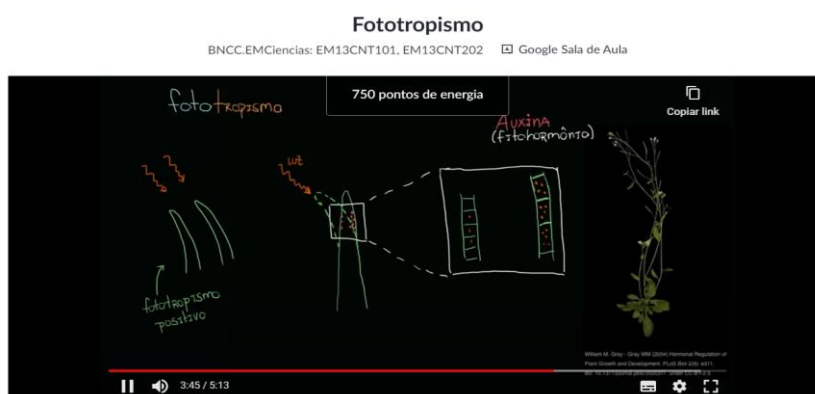
Fonte: Elaboração própria.

Então, as perguntas a seguir podem ser feitas de forma oral:

- 4- Quais as possíveis causas para a “envergadura” da planta?
- 5- Quais os fatores fundamentais para manutenção e sobrevivência dessa planta?

Em seguida, o vídeo <sup>140</sup> sobre fototropismo, disponível no site *khanacademy.org* (Figura 2), aborda a temática fototropismo.

**Figura 2:** Vídeo sobre fototropismo



Fonte: Khan Academy

Após o vídeo, entregar um artigo<sup>41</sup> (APÊNDICE B) para leitura dos alunos, ele descreve experimentos práticos para o fototropismo, utilizando recursos simples permitindo uma melhor compreensão do comportamento das plantas diante de estímulos luminosos.

O artigo científico demonstra a importância de embasamento teórico através de referências científicas (Kemper, 2008).

Considerações desta aula com as respostas iniciais e os conceitos abordados e ao final exercícios sobre fototropismo.

<sup>40</sup> Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/plant-biology/plant-responses-to-light-cues/v/phototropism>.

<sup>41</sup> SERT, M. A.; KERN, K. A. P.; CORTEZ, E. M. *Práticas de laboratório-experimento para observação de fototropismo em plantas de beijo (impatiens sp) e feijão (phaseolus vulgaris)*. Arquivos do Mudi, v. 10, n. 3, p. 29-31, 2006. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19985>.

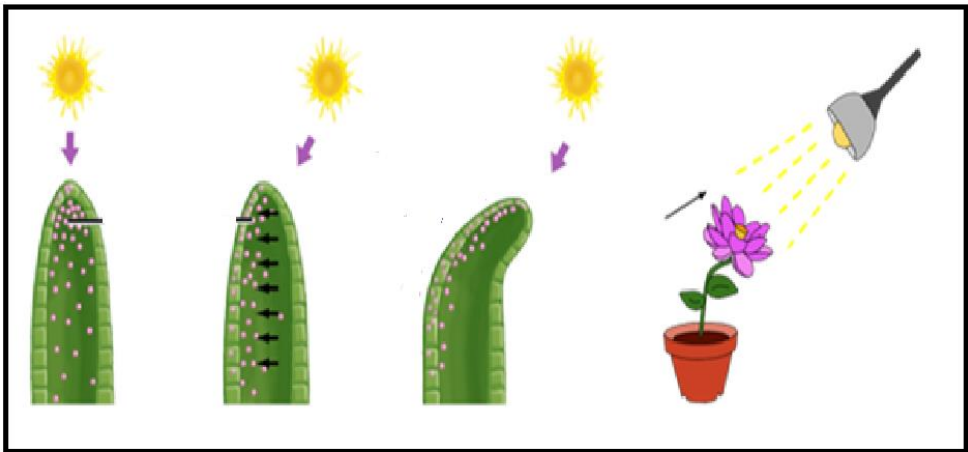
### Exercícios sobre Fototropismo.

1- Quais os fatores que podem influenciar no desenvolvimento da planta?

---

---

2- Podemos observar, diferentes posicionamentos das plantas. Qual seria sua explicação para esta diferença. Como ocorre esse fenômeno?



Fonte: <http://katyabotanica.blogspot.com/2015/06/hormonios-vegetais.html>

---

---

---

---

3- Sinalize na imagem e enumere de acordo com as palavras correspondentes: (1) auxina, (2) crescimento unilateral, (3) luz, (4) fototropismo.

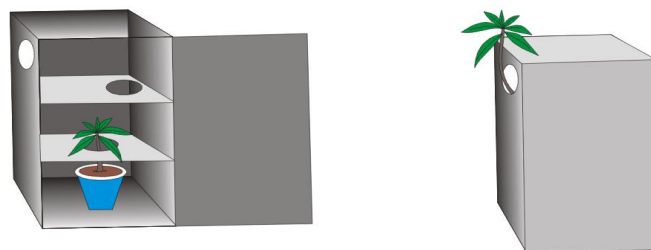
### Aula 3: Fototropismo aula prática

Aula iniciada lembrando o conceito de fototropismo recursos vídeo e artigo como modelo (Figura 3), reconciliação integrativa (Ausubel, 2003) divisão dos alunos em grupos para planejamento e execução do experimento de desenvolvimento vegetal com caixa de papelão e visualização do fototropismo.

Materiais para o experimento:

- Feijões crus;
- vasilhinhos plásticos;
- Algodões;
- Uma caixa com tampa;
- Papelão;
- Régua;
- Compasso,
- Caneta ou lápis;
- Fita dupla face;
- tesoura;
- Cola
- Tinta e pincel

**Figura 3:** Experimento fototropismo



Fonte: UEM <sup>42</sup>

#### **Aula prática:** Fototropismo

A prática experimental potencializa o procedimento e valores para a comunicação e a criatividade do educando associados a abordagem STEAM pode-se atribuir suas diferentes temáticas para um mesmo conteúdo (Bacich e Holanda, 2020, p. 3). Na busca pelo protagonismo dos alunos deixa-los decidirem o planejamento e após a execução de suas caixas.

<sup>42</sup> <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19985/10810>



**O que acontece:**

A sugestão para usar semente de feijão por ser algo mais prático e necessitar de duas semanas para desenvolvimento, deixar os alunos decidirem quanto ao planejamento trará uma série de questionamentos posteriores de acordo com os resultados apresentados ao final do processo. Orientar os grupos quanto as necessidades de deixar a caixa num local com boa iluminação e a umidade do algodão.

Avaliação desta aula podem ser feitas de diferentes maneiras, a participação dos alunos para planejamento, a forma como planejaram e executaram o experimento, o experimento e comprometimento, a análises e apresentações que poderão fazer ao final.

**Perguntas de planejamento para experimento:**

1 Qual o formato e tamanho da caixa que pretende fazer/utilizar?

---

---

2 Quantas prateleiras pretende colocar dentro da caixa?

---

3 Qual semente pretende utilizar para germinar?

---

4 Onde pretende fazer o orifício da caixa?

---

5 Qual o tamanho do orifício da caixa?

---

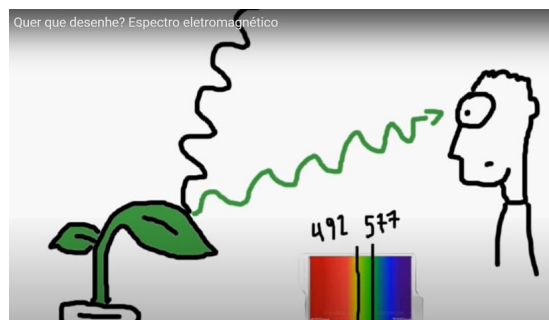
## Aula 4: Os vegetais e as ondas eletromagnéticas

Objetivo dos vídeos, abordar conceitos e curiosidades sobre ondas eletromagnéticas e sua interação com os vegetais.

Aula iniciada com dois vídeos:

- Quer que eu desenhe<sup>43</sup>?, (Figura 4), aborda o espectro eletromagnético e suas interações com as plantas e outros planetas. Explica o fato da maioria dos vegetais serem verdes, analisando a absorção e reflexão da luz.

**Figura 4:** Vídeo “Quer que eu desenhe?”



Fonte: Universidade Veiga de Almeida <sup>44</sup>

- “Introdução a Luz”<sup>45</sup>, explicar “O que é luz?” e suas propriedades, além de alguns conceitos básicos sobre ondas.

**Figura 5:** Vídeo: Introdução a luz



Fonte: Khan Academy

<sup>43</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE>

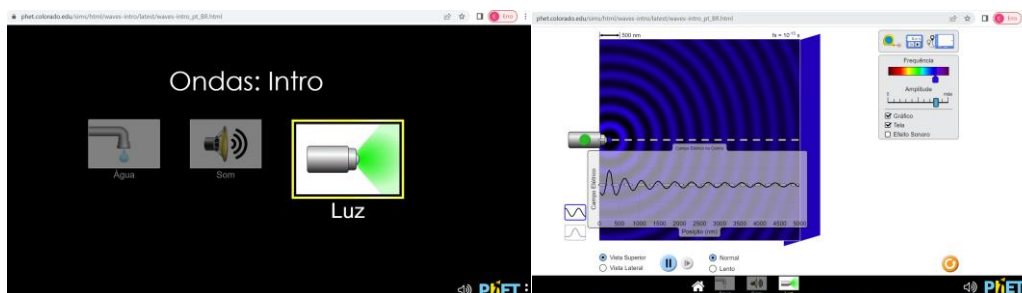
<sup>44</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE>

<sup>45</sup> Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/hs-physics/x215e29cb31244fa1:electromagnetic-radiation/x215e29cb31244fa1:wave-particle-duality/v/introduction-to-light>

Para complementar sugestão de visualização da separação da luz branca em cores do espectro visível, utilizar um espectroscópio, um CD, ou uma régua que venha com papel holográfico, pois esses objetos em exposição a luz podem apresentar a separação.

Ao final, direcionar os alunos para plataforma *Phet*<sup>46</sup>, utilizando o referente simulador (Figura 6) para observar como as alterações da frequência e da amplitude afetam as características das ondas eletromagnéticas.

**Figura 6:** Simulador *Phet* Introdução a Luz



Fonte: Plataforma *Phet*<sup>47</sup>

Os registros das observações podem ser feitos através do roteiro a seguir que podem contribuir para consolidar as percepções e entendimento dos alunos.

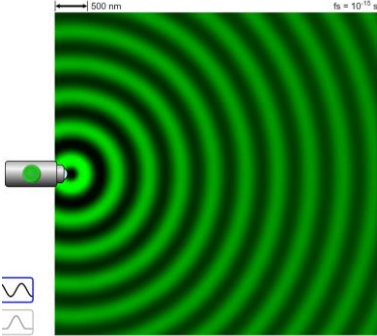
<sup>46</sup> Trata-se de uma plataforma: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/waves-intro](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro)

<sup>47</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/waves-intro](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro)

**Roteiro simulador 1:**

[https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro-all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro-all.html?locale=pt_BR)

**Vamos acessar a plataforma *Phet* pelo link:**



A - Analise a frequência da luz na cor VERDE. Registre suas observações.

---

B - Analise a frequência da luz na cor AZUL. Registre suas observações

---

C- A - Analise a frequência da luz na cor VERMELHA. Registre suas observações.

---

---

D - Após observações, qual a conclusão que chegamos?

---

---

---

## Aula 5: Fototropismo e simuladores (Arduíno e alternativo)

Neste encontro, utilizar protótipo Arduíno para simulação do fototropismo (Figura 7), através da lanterna do celular e o sensor de luz (LDR) presente na ponta do dispositivo, programado para seguir em direção a luz, simulando o movimento de inclinação (fototropismo), com objetivo de interação com os alunos.

**Figura 7:** Simulador fototropismo (Arduíno)



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 8, mostra na ordem (esquerda para direita) os materiais necessários para montagem e execução do Arduino.

**Figura 8: Materiais para simulador Arduino fototropismo.**



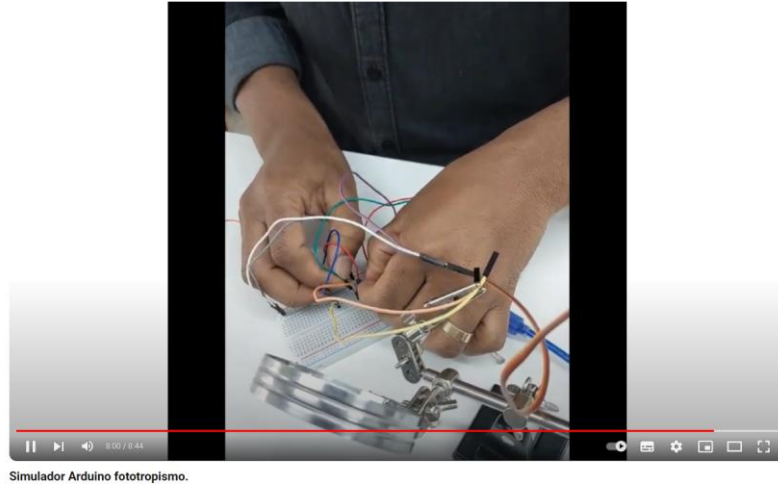
Fonte: Elaboração própria.

O projeto oferta todas as informações necessárias para sua confecção dentre eles os materiais necessários:

- 1 Arduino UNO
- 1 placa protobord 400 pinos;
- Cabo USB AB
- 1 Servo Motor MG995 Tower Pro 180°;
- 1 Fonte de alimentação 9V 1A;
- 1 LDR Sensor de Luminosidade 5mm;
- Resistores 330R
- 2 pares de *Jumpers*;
- 1 Canudo;
- Potinho plástico.

Explicação de como montar o Projeto Arduino fototropismo na Figura 9, pode ser levado programado para sala de aula necessitando de ajustes no código de programação, dependendo da luminosidade do ambiente.

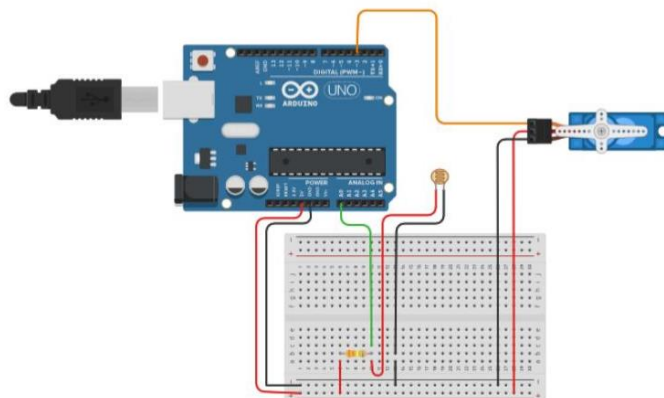
**Figura 9 : Montagem Simulador Arduino fototropismo.**



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=WXk6VmuYJIE>

Após as conexões é necessário calibrar o servo motor a 90° pelo programa Arduino UNO Roteiro de montagem do dispositivo Arduino fototropismo disponível em<sup>48</sup> “Simulador Arduino fototropismo”, Figura 10 mostra as conexões.

**Figura 10:** Conexões feitas no dispositivo



Elaboração Colaborador.

<sup>48</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=WXk6VmuYJIE>

A programação encontra-se disponível no site Arduino.cc e referente na figura 11, a configuração para código de programação que será adaptado de acordo com a montagem e posição do servo motor.

**Figura 11:** Código de programação

```
#include <Servo.h>
#define pinmotor 3
#define LDRmotor A0
Servo motor;
unsigned long mostradorTimer = 1;
const unsigned long intervaloMostrador =
2000;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  motor.attach(pinmotor);
}
void loop() {
  int memLDR, memMOTOR, POSICAO;
  memLDR = analogRead(LDRmotor);
  memMOTOR = map(memLDR, 980, 300,
90, 135 );
  POSICAO = memMOTOR;
  if (memLDR > 350) {
    POSICAO = 90;
    if ((millis() - mostradorTimer) >=
intervaloMostrador) {
      // envio para o monitor serial do
posicionamentos dos motores
      Serial.println("*****");
      Serial.print("LDR:");
      Serial.print(analogRead(memLDR));
      Serial.print(" Angulo Motor:");
      Serial.println(POSICAO);
      motor.write(POSICAO);
    }
  } else {
    if(POSICAO<135) {
      for (POSICAO = 91; POSICAO <=
135; POSICAO += 1 ) { // inclinação do
modo
        motor.write(POSICAO);
        delay(20);
        if ((millis() - mostradorTimer) >=
intervaloMostrador) {
          // envio para o monitor serial do
posicionamentos dos motores
          Serial.println("*****");
          Serial.print("LDR:");
          Serial.print(analogRead(memLDR));
          Serial.print(" Angulo Motor:");
          Serial.println(POSICAO);
        }
      }
      delay(10000); // tempo de espera para um
novo movimento.
    } else {
      POSICAO=135;
      motor.write(POSICAO);
      delay(10000);
    }
  }
}
// inclui biblioteca do servomotor
```

Fonte: Colaborador.

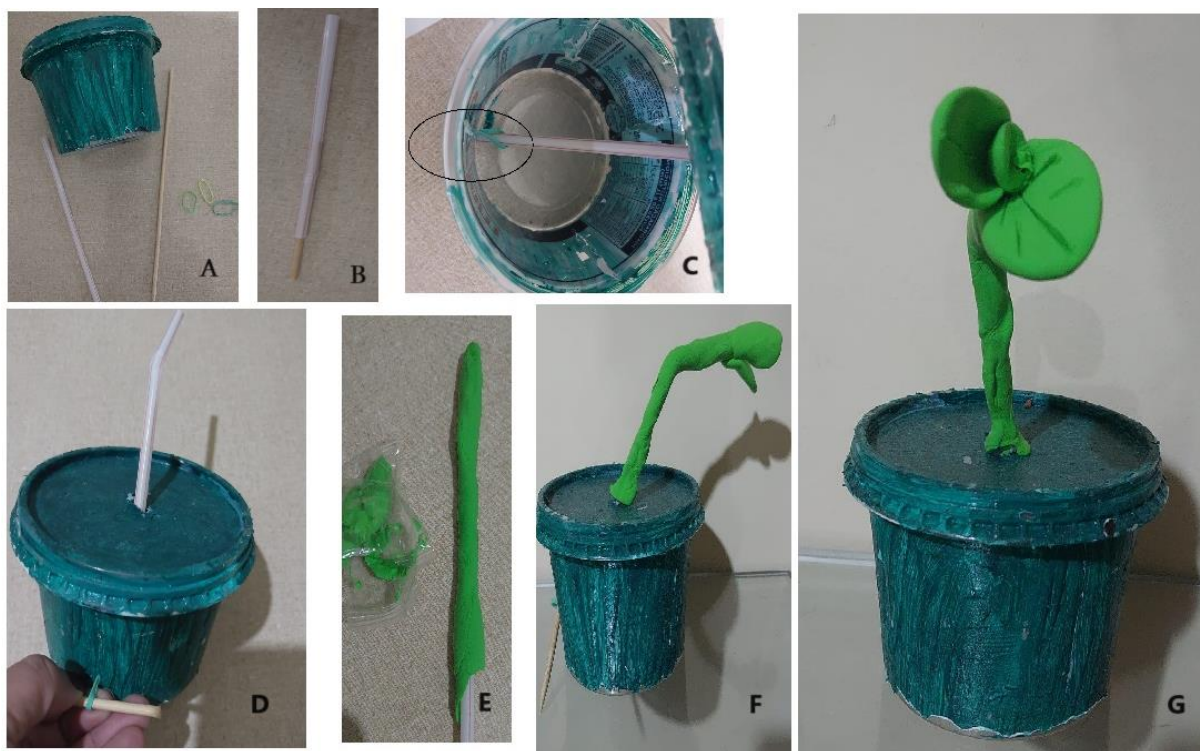


### Confecção de simulador fototropismo sustentável:

Com a utilização de materiais recicláveis como: canudos, diferentes potes (requeijão, sorvete, creme de cabelo), caixas de papelão e diversos materiais os alunos podem ser organizados em grupos, para montar um simulador alternativo sustentável, parecido com o utilizado na aula inicial, com objetivo da prática “mão na massa” integrando o movimento *Maker* e o STEAM, incentivando a exploração criativa.

Os alunos montaram seus simuladores de forma livre, mas a Figura 12, segue uma sugestão para que possa simular o movimento por elásticos de cabelo, que podem ser colocados representando o “hormônio auxina” com atuação contrária a região luminosa e atuação em inclinação devido ao crescimento assimétrico do caule vegetal.

**Figura 12:** fototropismo sustentável



**Fonte:** Elaboração própria.

Os materiais necessários são: (A) 1 canudo, 1 palito de churrasco, um pote com tampa, massa de EVA, elástico pequeno e tesoura, tinta e pincel.



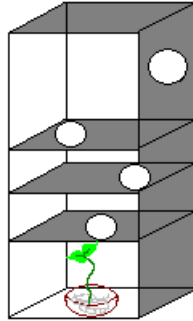
**Modo de fazer:**

Pinte o pote e faça um furo na tampa para que o canudo passe, (B) corte o palito de churrasco no tamanho do canudo sem a envergadura para dar sustentação, e reserve o pedaço para a parte externa, faça uma rachadura lateral do pote e passe metade do elástico que ficará preso (C) internamente pelo canudo com palito internamente e do lado de fora pelo outro pedaço de palito interligados pelo elástico (D) , utilize massa de EVA para cobrir o canudo ou pintar com tinta, (F) mostra lateralmente e (G) o simulador pronto (parte frontal). Ao puxar o palito externo, o canudo/ palito interno será deslocado, simula-se o movimento de envergadura e atuação da auxina. Ao fundo pode-se utilizar caixa de papelão para cenário e colocar o desenho do sol ou usar uma lanterna para ilustrar.

Para finalizar esta aula, abertura das caixas confeccionadas na aula 3 e registro das observações de acordo com as perguntas a seguir, para análise do experimento.

### Análise do experimento: caixa fototropismo

1- Agora que vamos analisar o experimento do fototropismo, responda:



<https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/fototropismo.htm>

a) Qual a intenção de fecharmos a caixa totalmente e deixarmos apenas um orifício na parte externa da caixa?

---

---

---

b) Quais os elementos fundamentais para que o vegetal desenvolva nesse experimento?

---

---

---

c) O experimento ocorreu conforme você esperava?

(   ) sim (   ) não

Justifique/ explique:

---

---

---

d) Faça suas observações e avaliação sobre o experimento. Se você fosse justificar o crescimento vegetal a que você atribuiria?

---

---

---

## Aula 6: Luz e interações moleculares

O vídeo sobre o Espectro Eletromagnético (Figura 13) <sup>49</sup>do canal Física universitária, aborda sobre o comprimento de onda, frequência e as faixas do espectro eletromagnético e aplicações no cotidiano.

**Figura 13:** Espectro Eletromagnético



Fonte: Física Universitária

Em seguida, simulador *Phet* (figura 14) para observação das interações de algumas estruturas moleculares pelas emissões de micro-ondas, infravermelho, luz visível e ultravioleta. Destacando-se a luz visível e a interligação entre o fototropismo e as ondas eletromagnéticas.

Atividade para completaram a tabela, após simulador da plataforma *Phet* <sup>50</sup>como instrumento de avaliação.

---

<sup>49</sup> Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>

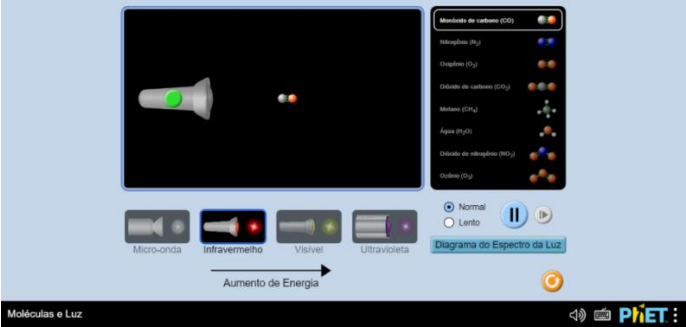
<sup>50</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html)

**Roteiro simulador 2:**

**Vamos acessar a plataforma *Phet* pelo link:**

[https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html)

**Figura 14:** Simulador *Phet*, moléculas e luz.



Fonte: Simulador *Phet*<sup>51</sup>

Vamos observar as reações e interações moleculares de acordo com cada espectro de luz, faça os registros na tabela abaixo caso ocorra alguma interação molecular com a emissão:

Micro-ondas	Infravermelho	Luz visível	Ultravioleta

<sup>51</sup> [https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html)

## Aula 7: Ondas eletromagnéticas

Aula expositiva e dialogada sobre Ondas eletromagnéticas suas propriedades e conceitos básicos (comprimento de onda, frequência, período, amplitude e velocidade de propagação), os slides a seguir:

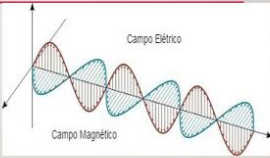
**ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

ELIANA RODRIGUES

1

**ONDAS ELETROMAGNÉTICAS:**

- São resultados das fontes de energia elétrica e magnética em conjunto.
- Formadas pelo campo elétrico e o magnético.
- Não necessita de um meio material para se propagar. (vibração de cargas elétricas) - propaga no vácuo.
- No vácuo à velocidade da luz, cerca de 300 000 km/s.



2

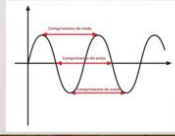
**VELOCIDADE E PERÍODO**

- Velocidade:** representado pela letra (v), a velocidade de uma onda depende do meio em que ela está se propagando. Assim, quando uma onda muda seu meio de propagação, a sua velocidade pode mudar.
- Período:** representado pela letra (T), o período corresponde ao tempo de um comprimento de onda. No sistema internacional, a unidade de medida do período é segundos (s).

3

**COMPRIMENTO DE ONDA**

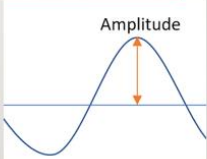
- comprimento de onda** é a distância entre valores repetidos sucessivos num padrão de **onda**. É usualmente representado pela **letra grega lambda** ( $\lambda$ ).
- É a distância entre dois vales ou duas cristas sucessivas.



4

**AMPLITUDE**

- Corresponde à altura da onda,
- Marcada pela distância entre o ponto de equilíbrio (repouso) da onda até a crista.
- Note que a "crista" indica o ponto máximo da onda, enquanto o "vale", representa a ponto mínimo.



5

**FREQUÊNCIA:**

- Representada pela letra (f), (S.I)
- É medida em hertz (Hz)
- Corresponde ao número de oscilações da onda em determinado intervalo de tempo.
- A frequência de uma onda não depende do meio de propagação, apenas da frequência da fonte que produziu a onda.

6

**ONDA ELETROMAGNÉTICA:**

No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade, conhecida como velocidade da luz c. Assim, no vácuo,

$$c = \lambda \cdot f$$

- As incógnitas das equações acima são:
- v – velocidade de propagação da onda
- f – frequência da onda
- T – período da onda
- $\lambda$  – comprimento de onda

7

Breve apresentação das faixas do espectro eletromagnético, com o acróstico “macete” *RaMiLUX-G*, (Ra) Rádio, (Mi) Micro-ondas, (I) de Infravermelho, (L) Luz Visível, (U) ultravioleta, (X) raios X e (G) raios gama, (MENTZ, 2017, p.38), representado na (Figura 15), Associar o vídeo da 5 aula, aos conceitos de radiação não-ionizante e ionizante, reconciliação integrativa (Moreira, 2011).

**Figura 15:** Acróstico RaMiLUX-G



Fonte: Elaboração própria.

Ao final, entregar roteiros (atividades disponibilizadas na sequência) aos alunos, para atribuir o máximo de palavras relacionadas as categorias do espectro eletromagnético e análise da opinião em ficha avaliativa sobre categoria mais ou menos importante no espectro eletromagnético em seu cotidiano.



**RaMiLUX-G:** (Ra) Rádio, (Mi) Micro-ondas, (I) de Infravermelho, (L) Luz Visível, (U) ultravioleta, (X) raios x e (G) raios gama. Agora que você já sabe as frequências (faixas) do espectro e o acróstico **RaMiLUX-G**.

Escreva nos quadros abaixo as informações e a participam no nosso cotidiano de cada.

**RaMiLUX-G**

**R**ádio:

**M**icro-ondas:

**I**nfravermelho:

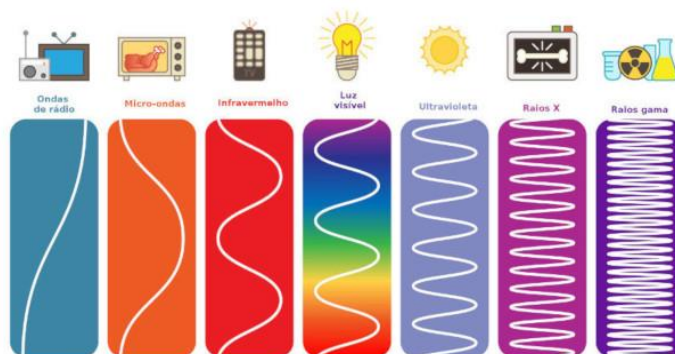
**L**uz Visível:

**U**ltravioleta:

**R**aio **X**:

**R**aio **G**ama:

### Observando as faixas do espectro eletromagnético



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/espectro-eletromagnetico.htm>

Agora, que assistimos os vídeos sobre Espectro Eletromagnéticos, das sete categorias que são: Ondas de Rádio, Micro-ondas, Infravermelho, Luz Visível, ultravioleta, raios x e raios gama.

3- Qual categoria você considera **mais** importante? Justifique.

---

---

---

---

4- Qual categoria você considera **menos** importante? Justifique.

---

---

---



## Aula 8: Faixas do Espectro eletromagnético.

Aula expositiva e dialogada sobre as categorias do espectro eletromagnético com slides a seguir:

### Ondas eletromagnéticas

Eliana Rodrigues

1

► Maxwell foi o primeiro a prever a existência das ondas eletromagnéticas, porém a comprovação dessa existência se deu 30 anos depois, por Heinrich Hertz.

www.labcisco.com.br

2

### Ondas de Rádio (Ra)

- Ondas hertzianas ou ondas de radiofrequência.
- Podem ser produzidas por correntes elétricas de que oscilam rapidamente em um condutor (antena).
- Espectro de ondas de rádio ou faixa de rádio frequência
- Vai de 10 kHz a 300.000 MHz.
- Aplicações: Transmissões de rádio e TVs, telefones móveis, áudio, vídeo radionavegação, serviços de emergência e radio digital (civil e militar).

Imagem fonte: <https://blog.brlogica.com/pt/am-fm-web/>

3

### Micro-ondas (M)

- São ondas de alta frequência, (109Hz até 1011Hz)
- Não são fonte de calor, mas de energia;
- Possui aplicação em telecomunicações mas aplicação mais conhecida é o forno de micro-ondas.
- Micro-ondas tipo magnetron com frequência 2,45GHz - Processo de vibração das moléculas de água e outras substâncias, que ao vibrarem geram calor que aquece o alimento.

4

### Infravermelho (I)

- William Herschel astrônomo inglês em 1800;
- Colocou o termômetro de mercúrio no espectro obtido por um prisma, observou que o calor era mais forte ao lado do vermelho do espectro que ali não havia luz.
- Não é percebida na forma de luz pelo olho humano;
- Quanto mais alta a temperatura do objeto maior será a radiação emitida;
- Câmeras termográficas infravermelhas produzem imagens virtuais dessa radiação.
- Calcula a temperatura sem contato com o objeto.

5

### Luz visível (L) ou Espectro visível ou óptico.

- Radiação composta por fótons (partículas elementares) capazes de sensibilizar o olho humano.
- Isaac Newton observou que a luz se propagava em linha reta, e que ao atravessar um prisma de vidro a luz solar branca, sofria dispersão.
- Velocidade de propagação da luz é de 300.000 km/s.

6

### Ultravioleta (U)

- Comprimento de onda de 200 a 400nm;
- Frequência maior que a luz visível;
- É a radiação mais energética emitida pelo sol; (proteção da camada de ozônio);
- Pode ser classificada em: UVA,UVB,UVC

7

### Raio (X)

- Primeira radiografia da história ocorreu em 1895 pelo alemão Wilhelm Conrad Röntgen, que recebeu em 1901 o prêmio Nobel.
- O Raio X foi constatado através do estudo da luminescência por raios catódicos num tubo de crookes.
- Os elétrons com energia são acelerados e então emitem ondas eletromagnéticas que são os raios X;
- Podem atravessar tecidos como carne humana (baixa densidade) mas não o tecido ósseo (alta densidade);
- Principal aplicação é na medicina através de radiografias.

8

### Raios (G)ama

- Produzidos por elementos químicos radioativos, com Urânio e Polônio;
- Apresentam comprimentos de ondas muito baixos, aumentando seu poder de penetração;
- A radiação gama é a transição de um estado excitado para menor excitação porém no núcleo.
- É comum ter-se a emissão Alfa em seguida por Gama;
- Possui aplicação na esterilização de equipamentos hospitalares, assim como em determinados alimentos.
- As radiações podem ser barradas por: Alfa (folha de papel); Beta (chapa de alumínio) e gama (Placa de chumbo).

A radiação gama é a mais penetrante das radiações, mas pode ser barrada com placas de chumbo ou multiblocos, que possuem altas densidades. FONTE: SANEAMENTO

9

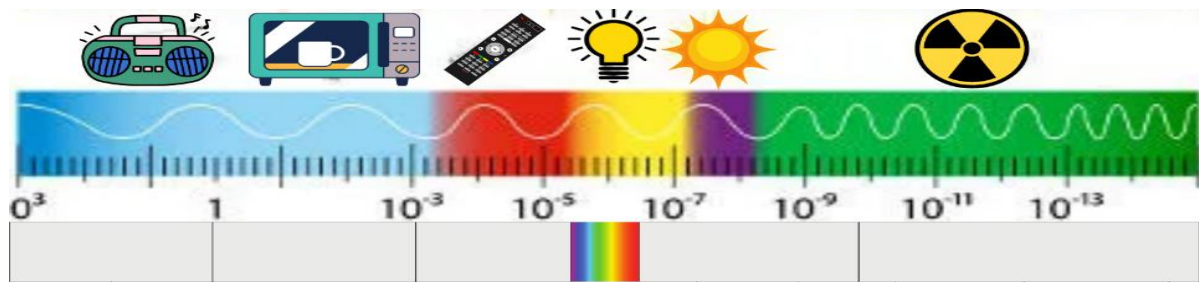
### Ramilux - G

10

Finalizar com elaboração de um cartaz (*banner*) em 2 folhas de papel sulfite de 60kg emendadas, com formação de grupos, propor desenho do espectro eletromagnético e atribuir o máximo de informações pertinentes ao tema, com exposição e apresentação.

O banner pode ser impresso e levado para sala de aula para que os alunos possam escrever no papel e colar informações e curiosidades na imagem de acordo com suas respectivas faixas.

### O: banner do Espectro eletromagnético para impressão.



Fonte: google com adaptações.

## Aula 9: Mostra e JOGO RAMILUX G

Pequena mostra pelos alunos com as apresentações dos trabalhos desenvolvidos durante a SD, tais como: as caixas do fototropismo, banners, simuladores (sustentável e Arduino) e acesso ao jogo de tabuleiro.

### Para confecção do jogo de tabuleiro:

Os itens do jogo: 1 tabuleiro (Figura 17), 1 dado, 6 peças pinos e cartas individuais com perguntas e tem uma das respostas as palavras relacionadas ao espectro eletromagnético, sendo (Ra) Rádio, (Mi) Micro-ondas, (I) de Infravermelho, (L) Luz Visível, (U) ultravioleta, (X) raios x ou (G) raios gama.

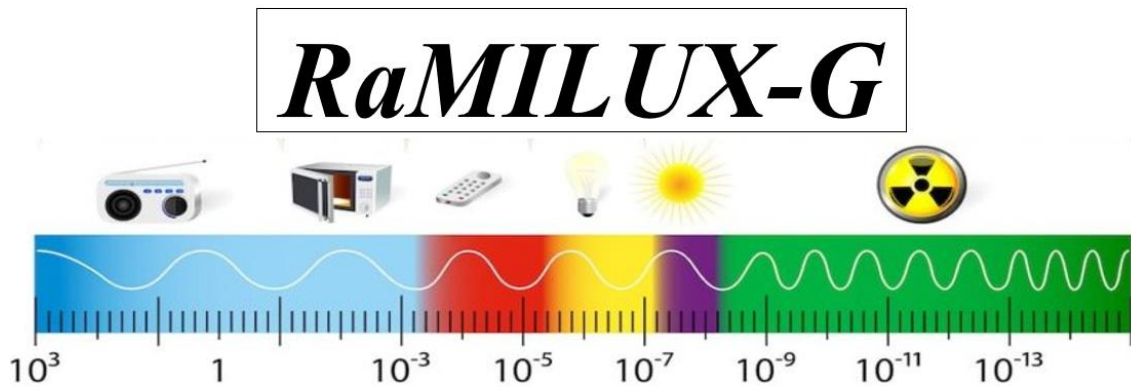
**Figura17:** Tabuleiro RAMILUX -G



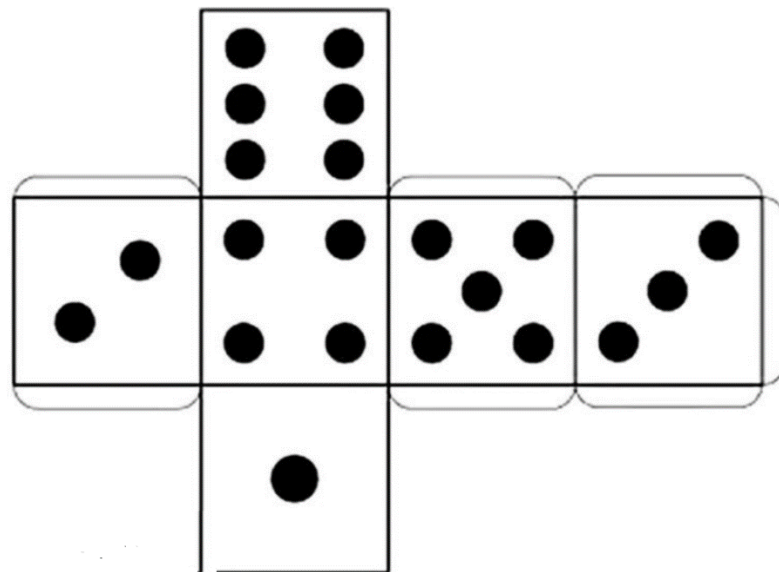
Fonte: Elaboração própria.

**Capa para jogo:** pode ser colocado em caixa de papelão ou um saco plástico com a folha (tabuleiro) impresso em papel cartão, as cartinhas, um dado e 4 pinos.

### Capa para jogo



### Moldes dado e cones para pinus



### Moldes para pinus

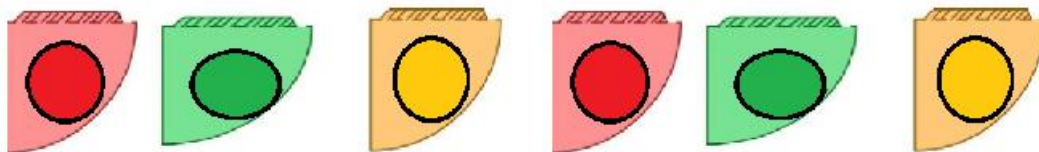




Imagem para tabuleiro:



## Instruções e Regras jogo de tabuleiro.

Os itens do jogo: 1 tabuleiro, 1 dado, 4 peças pinos e cartas individuais com instruções de ações durante o jogo, ou perguntas temas em que a resposta são de acordo com uma das faixas do Espectro: (Ra) Rádio, (Mi) Micro-ondas, (I) de Infravermelho, (L) Luz Visível, (U) ultravioleta, (X) raios x e (G) raios gama.

Podem jogar de 2 até 4 participantes. Ao iniciar a partida todos os jogadores devem jogar o dado e o que tirar maior pontuação inicia a partida e os demais na sequência.

O jogo funciona com cartas que terão ação ou perguntas, onde outro participante que não seja o que estará na vez de jogar deve ler as instruções e aguardar a ação do jogador.

Se for carta relacionada a ação deverá fazer o que se pede, exemplo, ande 2 casas, volte 1 casa, ou fique uma partida sem jogar. Caso a carta seja de perguntas então o participante deverá responder qual faixa do Espectro está relacionada. Se a resposta estiver correta o participante avançará o número de casas que cair no dado, caso erre espere a próxima rodada para jogar. Vence o jogo o primeiro que alcançar o fim do percurso.

Caso as cartas acabem deverão ser embaralhadas e colocadas novamente no jogo.

### Regras do jogo:

- 5- Ao jogar o dado o participante só poderá avançar se responder corretamente à pergunta relativa à faixa a ser avaliado.
- 6- Se o participante errar a resposta permanece na mesma posição do jogo, se acertar avança a casa referente ao número do dado.
- 7- Caso caia no nº36 e responder corretamente à pergunta, poderá avançar pela "onda" para a casa de número nº48, caso erre continuará normalmente o jogo na próxima rodada.
- 8- Se a carta for uma ação faça, correspondente, não necessitando do valor do dado.

## Cartinhas para jogo RAMILUX G

O que significa a letra  
"I" do Ramilux -G

**INFRAVERMELHO**

Possui aplicação na  
esterilização de  
equipamentos  
hospitalares, assim como  
em determinados  
alimentos.

**RAIOS GAMA**

São produzidas por  
correntes elétricas  
oscilantes, que podem  
ser encontradas em  
antenas de televisão,  
GPS e radares.

**RÁDIO**

O que significa a letra  
"M" do Ramilux -G?

**MICROONDAS**

Produzidos por  
elementos  
químicos  
radioativos,  
com Urânio e  
Polônio;

**Raios gama**

A que faixa remete a  
letra "X" do Ramilux -  
G?

**Raio X**

*Todas as formas  
de radiação  
eletromagnética  
viajam à  
velocidade da luz  
no vácuo.*

**ANDE 3 CASAS**

A exposição a certos  
tipos de radiação  
eletromagnética pode  
ser prejudicial à  
saúde.

**VOLTE 1 CASA**

Os raios gama têm  
a menor frequência  
e a maior energia  
de todos os tipos de  
radiação  
eletromagnética.

**ANDE 2 CASAS**

Os raios X foram  
descobertos por  
Wilhelm Conrad  
Röntgen em 1895.

**PASSE SUA VEZ  
NESTA  
RODADA**

A exposição  
excessiva à luz  
ultravioleta pode  
causar danos à pele  
e aos olhos.

**BUSQUE UM  
OCÚLOS DE SOL  
VOLTE 3 CASAS.**

A luz visível é apenas  
uma pequena parte do  
espectro  
eletromagnético, mas é a  
única que os olhos  
humanos podem ver.  
**VAMOS  
CONTEMPLAR A  
NATUREZA FIQUE  
UMA RODADA SEM  
JOGAR.**



O infravermelho é o que sentimos como calor quando estamos perto de um objeto quente.

SÓ AVANCE SE  
TIRAR NÚMERO  
ÍMPAR.

As ondas de rádio foram originalmente descobertas por Heinrich Hertz em 1888.

SÓ AVANCE SE  
TIRAR NÚMERO  
PAR.

Este é o tipo de radiação emitida pelos corpos em forma de calor. Todo objeto com temperatura acima do zero absoluto emite esta radiação que é?

**Infravermelho (I)**

Pode ser classificada em: UVA,UVB,UVG.

**Ultravioleta (U)**

O fototropismo esta relacionado a qual faixa do espectro eletromagnético?

**LUZ VISÍVEL**

Velocidade de propagação da luz é de 300,000 km/s.

**AVANCE 5 CASAS**

São usados para exames médicos, pode penetrar na maioria dos materiais, mas são absorvidos por substâncias mais densas, como ossos. Qual faixa estamos falando?

**RAIO X**

Além de cozinhar, são usadas em radares e em telecomunicações, como em redes Wi-Fi?

**Micro-ondas (M)**

O que significa a letra "U" do Ramilux -G?

**ULTRAVIOLETA**

Os elétrons com energia são acelerados e então emitem ondas eletromagnéticas que são os ?

**RAIO X**

Usado em câmeras térmicas e controles remotos, estamos falando do (a)?

**INFRAVERMELHO**

O termômetro que afere a temperatura sem contato com o objeto. Esta em qual faixa do espectro eletromagnético?

**INFRAVERMELHO**



Issac Newton observou que essa luz se propagava em linha reta, e que ao atravessar um prisma de vidro a luz solar branca, sofria dispersão. Estamos falando da (o)?

**LUZ VISÍVEL**

Comprimento de onda de 200 a 400nm e a frequência é maior que a luz visível.

**Ultravioleta (U)**

É usada na esterilização de equipamentos médicos, em lâmpadas fluorescentes e para detectar falsificações em documentos.

**Ultravioleta (U)**

Que tipo de onda eletromagnética é aplicada na medicina através de radiografias?

**RAIO X**

Podem atravessar vários tecidos, mas não o tecido ósseo. Usado para exames?

**RAIO X**

As radiações podem ser barradas por: Alfa (folha de papel); Beta (chapa de alumínio) e gama (Placa de chumbo)?

**RÁIOS GAMA**

Qual é a faixa do WI-FI?

**RÁDIO**

O que significa a letra "Ra" do Ramilux -G

**Rádio**

O que significa a letra "L" do Ramilux -G?

**LUZ VISÍVEL**

O que significa a letra "I" do Ramilux.-G?

**INFRAVERMELHO**

Radiação composta por fótons (partículas elementares) capazes de sensibilizar o olho humano.

**LUZ VISÍVEL**



AM (amplitude modulada) e FM (frequência modulada) correspondem a qual faixa do espectro?

**RÁDIO**

**Aula 10: Questionário Final**

Questionário final (Apêndice A), análise e a ficha avaliativa dos instrumentos respondidos pelos alunos (Apêndice C). Considere a utilização do jogo de tabuleiro, caso ocorra a disponibilidade.

**APÊNDICE A:** levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos.

1: O mistério da floresta torta na Polônia

Uma floresta na Polônia chama a atenção por parecer ter saído de um livro de fantasias. Conhecida como *Crooked Forest* (floresta torta, em tradução livre), parte de suas árvores possuem um formato peculiar.

Fonte: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-2047406/The-crooked-forest-Fantasy-woodland-come-straight-fairytale.html>



Fonte: Reprodução/Daily Mail/Maciej Sokolowski

Uma reportagem do portal Daily Mail revelou que pelo menos 400 pinheiros tem crescido de forma torta. O motivo real para o fenômeno ainda é desconhecido pelos pesquisadores, visto que o restante da vegetação na floresta possui a posição normal. Quais fatores podem ter influenciado para que as árvores apresentassem esse formato?

2: Observe as imagens a seguir e responda:



Imagem: Elaboração própria.

Em ambas as imagens, apesar de serem espécies diferentes, há uma inclinação.

a) Descreva se você já viu as plantas se comportarem desta forma no seu dia a dia ou se já ouviu falar deste fenômeno?

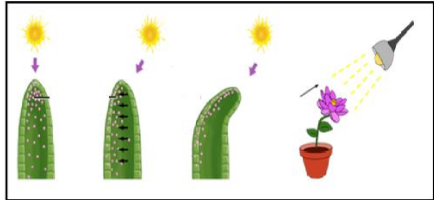
b) Em seu ponto de vista, por que elas apresentam esse comportamento de inclinação?

---

---

---

c) Explique o que está acontecendo nessa imagem abaixo e o que representam as bolinhas rosas.



---

---

---

3 Qual a explicação para o céu ser azul?

---

---

---

---

4 Por que em alguns dias do ano o céu fica avermelhado?

---

---

---

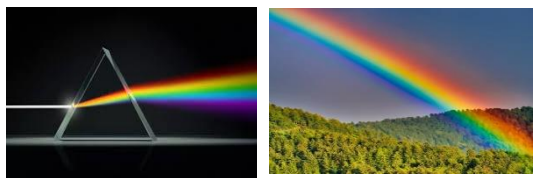
---

**5 Arco-íris: duendes e potes de ouro. (Irlanda)**

Uma lenda da Irlanda diz que se você encontrar um duende e conseguir olhar para ele sem dar uma piscadela sequer, em troca da liberdade ele vai revelar onde se esconde o pote de ouro no final do **arco-íris**.

(Fonte: <http://ciencia Viva.org.br/index.php/2020/03/02/arco-iris-duendes-e-potes-de-ouro-irlanda/> ).

Um dos experimentos mais interessantes para visualização da composição da luz é o prisma. Na natureza há quem se depare com o fenômeno do arco-íris.



Escreva com suas palavras tudo que você souber sobre as imagens.

a) O que é luz?

---

---

b) Por que aparecem essas cores?

---

---

---

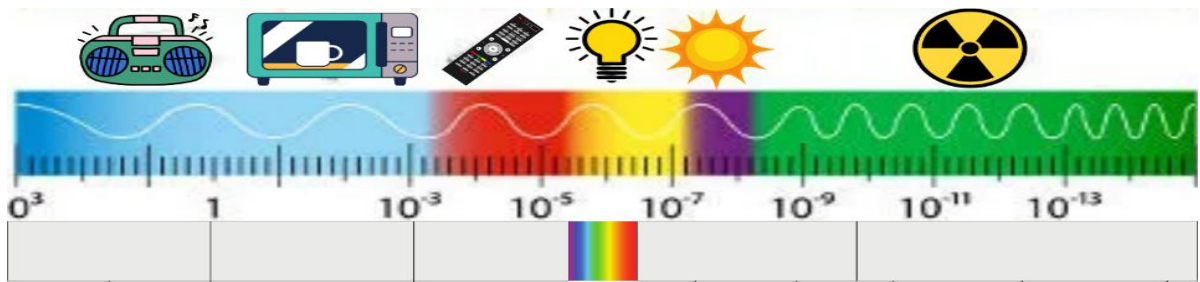
c) Como é possível reproduzir as cores do arco íris em um prisma?

---

---

---

6: A figura a seguir mostra o Espectro Eletromagnético dividido em 7 partes para uma melhor compreensão, agora responda:



d) O que representam as divisões dessas partes?

---

---

---

---

e) Você saberia citar o nome de cada uma delas? Dica: RAMILUX-G

---

---

---

f) Cite palavras que podem ser empregadas dentro desse espectro, desde objetos até cores. Utilize as colunas abaixo para inserir suas respostas.

--	--	--	--	--	--	--



## APÊNDICE B - Artigo sobre fototropismo.

### PRÁTICAS DE LABORATÓRIO

#### EXPERIMENTO PARA OBSERVAÇÃO DE FOTOTROPISMO EM PLANTAS DE BEIJO (*Impatiens sp*) E FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*)

Maria Aparecida Sert <sup>\*®</sup>, Kátia Aparecida Pereira Kern <sup>\*\*</sup>, Elimaida Mayo Cortez <sup>\*\*\*</sup>

Sert MA, Kern KAP, Cortez EM. Experimento para observação de fototropismo em plantas de beijo (*Impatiens sp*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*). Arq Mundi. 2006;10(3):29-31.

**RESUMO.** Este experimento propõe sugestões de ensaios que poderão ser realizados em sala de aula pelos professores de Ensino Fundamental e Médio, para observação do fototropismo. Com a utilização de materiais de fácil acesso e baixo custo, a alteração da forma de crescimento da planta em resposta a um estímulo luminoso poderá ser demonstrada, melhorando, assim, o aprendizado de seus alunos.

**PALAVRAS-CHAVE:** fototropismo; experimentos em Botânica; estímulo luminoso.

---

Sert MA, Kern KAP, Cortez EM. Experiment for observation of phototropism in *Impatiens sp* and *Phaseolus vulgaris*. Arq Mundi. 2006;10(3):29-31.

**ABSTRACT.** This assays aims at providing Fundamental and Medium School teachers with assays on phototropism that may be carried out in the classroom. Phototropism is the directed plant growth according to a light stimulus. Apparatuses are of low cost and easily available and help significantly in the students' learning.

**KEY WORDS:** phototropism; experiments in Botany; light stimulus.

---

#### INTRODUÇÃO

A importância da luz para os seres vivos é observada na fotossíntese, na fotomorfogênese (efeito da luz no desenvolvimento da planta), no fotoperíodismo (capacidade de um organismo detectar o comprimento do dia ocasionando uma resposta sazonal) e no fototropismo (crescimento em relação a um estímulo luminoso) (Taiz, Zeiger, 2004).

Uma das características dos seres vivos é a capacidade de responder a estímulos, sejam eles externos ou internos. Nas plantas essas respostas são, na maioria dos casos, difíceis de serem observadas. Uma exceção seria o fototropismo ou heliotropismo que é o crescimento ou movimento orientado em relação a um estímulo luminoso fornecido unidirecionalmente. E esse pode ser facilmente observado em fungos, pteridófitas e

plantas superiores (Raven et al., 2001).

O fototropismo é resultado da ação do fitohormônio denominado auxina, que promove o crescimento e o alongamento das células (Lopes, 1996). Esse crescimento pode ser classificado geotropismo, como no crescimento das raízes, ou fototropismo que é um dos fatores que exerce grande influência sobre o crescimento do caule (Amabis, Martho, 2002).

Os primeiros relatos sobre fototropismo foram feitos por Charles Darwin, que realizou várias experiências utilizando coleóptiles, sementes de aveia, obtendo com seus resultados o mérito de ter observado os primeiros dados conducentes à idéia de que as plantas produzem hormônios (Taiz, Zeiger, 2004).

Essa prática tem como objetivos:

\*Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biologia; \*\*Pós-graduada em Biologia Celular; \*\*\*Bióloga.

®Universidade Estadual de Maringá, 87020-900 – Maringá-PR, Brasil. Fone: 44 32614312. e-mail: [masert@uem.br](mailto:masert@uem.br)

Sert MA, Kern KAP, Cortez EM. Observação de fototropismo em *Impatiens sp* e *Phaseolus vulgaris*. Arq Mundi. 2006;10(3):29-31.

- Despertar o interesse e a curiosidade dos alunos para a aprendizagem da biologia;
- Propiciar ao professor do ensino fundamental e médio, formas alternativas de trabalhar os tópicos da biologia;
- Mostrar o crescimento da planta em direção ao estímulo luminoso, mesmo estando em diferentes posições;
- Identificar e conhecer uma estratégia de sobrevivência das plantas em busca da luz.

### PROCEDIMENTOS

Dois experimentos são sugeridos para melhor identificação do fototropismo em plantas de beijo (*Impatiens sp*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*).

#### Primeiro experimento

Material utilizado:

- caixa de papelão grande;
- 5 plantas de beijo (*Impatiens sp*) e de

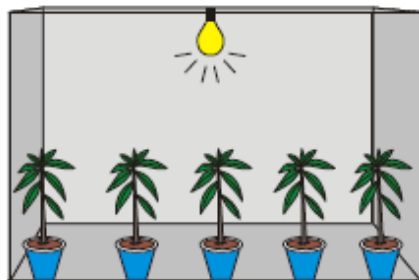


Figura 1a. Disposição das plantas dentro da caixa.

feijão (*Phaseolus vulgaris*) em estágio vegetativo e, aproximadamente, 10 cm de altura;

- lâmpada incandescente com 40 volts de potência ou lâmpada fluorescente.

#### Metodologia

1. Faça um orifício na região central da caixa de papelão e adapte a lâmpada. Coloque as plantas de beijo ou feijão uma ao lado da outra, cobrindo-as com a caixa, conforme a figura 1a. Cuide para não deixar nenhum outro orifício na caixa de papelão, evitando a entrada de luz;
2. Mantenha a lâmpada acesa por todo o período;
3. Após 4 dias da implantação do experimento anote os resultados observados (Fig 1b).

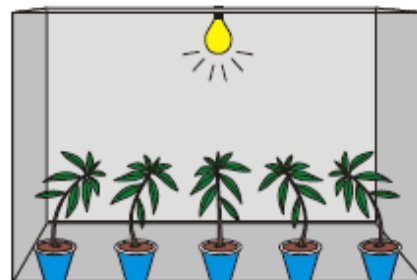


Figura 1b. Resultado esperado.

#### Segundo experimento

Material utilizado:

- 1 planta de beijo (*Impatiens sp*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*);
- caixa de papelão grande com divisórias conforme a figura 2a;
- fita crepe.

Metodologia:

1. Recorte três orifícios na caixa de

papelão, sendo dois nas divisórias e um na lateral da mesma conforme a figura 2a, de forma que a luminosidade possa penetrar;

2. Coloque a planta de beijo e feijão dentro da caixa como no esquema abaixo;
3. Feche a caixa de papelão com fita crepe para evitar a entrada de luz e observe o resultado após 5 dias (Fig 2b).

Sert MA, Kern KAP, Cortez EM. Observação de fototropismo em *Impatiens sp* e *Phaseolus vulgaris*. Arq Mundi. 2006;10(3):29-31.

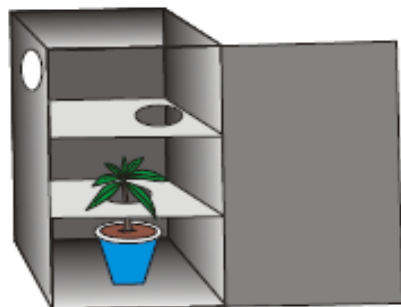


Figura 2a. Planta dentro da caixa com orifícios



Figura 2b. Resultado esperado, a planta sai pelo orifício em busca de luz.

#### SUGESTÕES DE LEITURA

Amabis JA, Martho GR. Fundamentos da Biologia Moderna. 3.ed. São Paulo: Moderna; 2002. p.234.  
Lopes S. Bio. 5.ed. São Paulo: Saraiva; 1996. p.302.  
Raven PH, Evert RF, Eichhorn SE. Biologia Vegetal. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2001. p.906.  
Taiz L, Zeiger E. Fisiologia Vegetal. 3.ed. Porto Alegre: Artmed Editora; 2004. p.719.

---

Recebido em: 28.02.05  
Aceito em: 06.02.06

Revista indexada no *Periodica*, índice de revistas Latino Americanas em Ciências <http://www.dgbiblio.unam.mx> (ISSN 1980.959X).

Continuação de: Arquivos da Apadeo (ISSN 1414.7149)

Maringá, PR



**APÊNDICE C:Ficha avaliativa dos instrumentos**

**FICHA AVALIATIVA (INSTRUMENTOS)**

Com relação aos itens a seguir, atribua uma nota de 1 a 5, considerando 1 a menor e 5 a maior nota.

**1- O que você achou da sequência didática aplicadas nesse bimestre?**

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**2- O quanto você acha que ela contribuiu na aprendizagem sobre fototropismo?**

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**3- O quanto contribuiu na aprendizagem sobre espectro eletromagnético?**

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**4- Você gostou de fazer experimentos em grupos?**

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**5- Foi possível identificar os conceitos no cotidiano?**

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

**6- Assinale as atividades que mais contribuíram para sua aprendizagem.**

- ( ) aulas dialogadas    ( ) simuladores    ( ) painel    ( ) jogo  
 ( ) vídeos                    ( ) experimentos    ( ) Questões discursivas

**7- Comente o que você gostou e o que não gostou das aulas.**

---



---



---



---



---

**8- Comentários adicionais:**

---



---



---



---



---

## Referências bibliográficas

Ausubel, D. P. (2003). *A Aprendizagem Significativa e a Escola*. São Paulo: Editora Edgard Blücher.

Bacich, L.; Holanda, L. *Educação STEAM. Reflexões sobre a implementação em sala de aula, conexões com a BNCC e a formação de professores*. Elaboração Tríade Educacional, 2022.

Kemper, Alessandra. *A evolução biológica e as revistas de divulgação científica: potencialidades e limitações para o uso em sala de aula*. 2008.

Moreira, M. A. *Aprendizagem Significativa: da visão clássica à visão crítica*. In: Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, setembro de. sn, 2006.

Sert, M. A.; Kern, K. A. P.; Cortez, M. E., *Práticas de laboratório-experimento para observação de fototropismo em plantas de beijo (*impatiens sp*) e feijão (*phaseolus vulgaris*)*. Arquivos do Mudi, v. 10, n. 3, p. 29-31, 2006.