



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – POLO 58**

**MARIA PAULA DE MORAIS SILVA**

**CONECTIVIDADE E INTERATIVIDADE NO ESTUDO DA FÍSICA MODERNA E  
CONTEMPORÂNEA PARA A DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK  
UTILIZANDO ARDUÍNO E O *MIT APP INVENTOR***

Recife  
2024

MARIA PAULA DE MORAIS SILVA

**CONECTIVIDADE E INTERATIVIDADE NO ESTUDO DA FÍSICA MODERNA E  
CONTEMPORÂNEA PARA A DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK  
UTILIZANDO ARDUÍNO E O *MIT APP INVENTOR***

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 58 da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Teixeira  
Bruno Silva

Coorientador: Prof. Dr. Jairo Ricardo Rocha de  
Oliveira.

Recife  
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586c Silva, Maria Paula de Morais  
Conectividade e interatividade no estudo da física moderna e contemporânea para a determinação da constante de Planck utilizando Arduino e o Mit app inventor / Maria Paula de Morais Silva. – 2024.  
133 f.: il.

Orientadora: Ana Paula Teixeira Bruno Silva.  
Coorientador: Jairo Ricardo Rocha de Oliveira.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação Nacional Profissional em Ensino de Física, Recife, BR-PE, 2024.  
Inclui bibliografia, anexo(s) e apêndice(s).

1. Física – Estudo e ensino 2. Física moderna 3. Arduino (Controlador programável) 4. Plataforma aberta da Web 5. Software de aplicação - Desenvolvimento I. Silva, Ana Paula Teixeira Bruno, orient. II. Oliveira, Jairo Ricardo Rocha de, coorient.  
III. Título

CDD 530.07

MARIA PAULA DE MORAIS SILVA

**CONECTIVIDADE E INTERATIVIDADE NO ESTUDO DA FÍSICA MODERNA E  
CONTEMPORÂNEA PARA A DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK  
UTILIZANDO ARDUÍNO E O *MIT APP INVENTOR***

Dissertação apresentada ao Polo 58 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 23 de agosto de 2024.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profª. Dra. Ana Paula Teixeira Bruno Silva - Presidente  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/UAEADTec

---

Prof. Dr. Ernande Barbosa da Costa – Examinador Externo  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/DF

---

Prof. Dr. Michael Lee Sundheimer – Examinador Interno  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/DF

## **AGRADECIMENTOS**

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

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me conceder saúde, força e sabedoria para trilhar este caminho e alcançar este marco significativo em minha vida.

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) por proporcionar um ambiente acadêmico estimulante e recursos essenciais para minha formação.

A minha orientadora, Profa. Dra. Ana Paula Teixeira Bruno Silva, expresso minha profunda gratidão pela orientação, paciência e apoio contínuo. Sua dedicação foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Jairo Ricardo Rocha de Oliveira, agradeço a colaboração, ideias valiosas e incentivo. Seu conhecimento e experiência enriqueceram grandemente este projeto.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Michael Lee Sundheimer e Prof. Dr. Ernande Barbosa da Costa, pela atenção, carinho e disponibilidade com intuito de contribuição com o nosso trabalho.

Aos meus colegas de turma do Mestrado, Alexandre Nogueira, Audênio Vinicius, Erick Carvalho e Uelpis Tenório, por todo o incentivo, força nos momentos difíceis, todas as risadas e momentos de conquistas compartilhados.

A minha esposa, Profa. Dra. Dáfenes Rodrigues, meu eterno agradecimento pelo amor, paciência e apoio incondicional em todos os momentos. Sua presença foi essencial para que eu pudesse superar os desafios deste percurso.

Aos meus pais e familiares, minha sincera gratidão pelo apoio e incentivo ao longo de toda minha vida.

A escola EREM Jornalista Jáder de Andrade por todo o suporte e pela confiança depositada ao meu trabalho.

Por fim, aos meus alunos da escola EREM Jornalista Jáder de Andrade, pela contribuição dada ao ensino da física e ao nosso trabalho, pela participação, pelas histórias de alegria e tristeza por todo tempo junto e parceria de sempre.

A todos, meu muito obrigada!

## RESUMO

Esta dissertação apresenta um produto educacional que teve como finalidade contribuir para o ensino da Física Moderna e Contemporânea, utilizando recursos tecnológicos. O uso de ferramentas inovadoras tem se tornado fundamentais no contexto escolar. Assim, incluir tecnologias que fazem parte do cotidiano dos alunos, nas práticas pedagógicas, no ensino de Física, trazem inúmeros benefícios, como um aprendizado dinâmico e mais próximo da realidade deles. Nessa linha de ideias, o principal objetivo foi analisar as contribuições de uma proposta metodológica, utilizando o modelo de Sala de Aula Invertida, juntamente com os recursos tecnológicos, Arduino e o aplicativo *MIT App Inventor*, na determinação experimental da constante de Planck com estudantes do ensino médio. Para isso, escolhemos uma Escola de Referência em Ensino Médio, localizada na Mata Norte de Pernambuco, e uma turma de 3º ano do Antigo Ensino Médio, antes da reforma do Novo Ensino Médio. Escolhemos a metodologia que faz parte do ensino híbrido, Sala de Aula Invertida, pois consideramos que a mesma uniu as ideias de fazer com que os alunos sejam protagonistas de seu conhecimento e, trabalhar com tecnologias com atividades digitais e não digitais, como: celular, Arduino, sensores, questionários e roteiro experimental. Utilizamos como embasamento teórico as ideias de Lev Vygotsky, especialmente nos seus conceitos de Zona de Desenvolvimento Proximal e, suas contribuições para o ensino de Física. Fizemos uma análise dos resultados de forma qualitativa, em que os dados coletados foram interpretados com base nas aplicações das Etapas, desenvolvidas em grupos pelos alunos. Concluímos que as práticas propostas nas Etapas, juntamente com o aparato experimental e o aplicativo do *MIT App Inventor* facilitaram e proporcionaram vários momentos de participação dos alunos, construção de conhecimentos, além da produtividade obtida nos momentos das Etapas, podendo ser uma ótima ferramenta para o uso de professores de Física e ajudar no processo de ensino e aprendizagem dos alunos.

**Palavras-chave:** Arduino Uno; Ensino de Física; Física Moderna e Contemporânea; Constante de Planck; Metodologias Ativas; *MIT App Inventor*.

## ABSTRACT

This dissertation presents an educational product aimed at contributing to the teaching of Modern and Contemporary Physics using technological resources. The use of innovative tools has become essential in the school context. Thus, including technologies that are part of students' daily lives in pedagogical practices in Physics teaching brings numerous benefits, such as dynamic learning that is more closely aligned with their reality. In this line of thinking, the main objective was to analyze the contributions of a methodological proposal using the Flipped Classroom model, along with technological resources such as Arduino and the MIT App Inventor application, to experimentally determine Planck's constant with high school students. To achieve this, we chose a High School of Reference located in the Mata Norte region of Pernambuco and a senior class from the old high school curriculum, prior to the New High School reform. We selected the Flipped Classroom methodology, which is part of hybrid teaching, because we believe it merges the idea of making students the protagonists of their own knowledge and integrates technologies with both digital and non-digital activities, such as mobile phones, Arduino, sensors, questionnaires, and experimental scripts. We based our theoretical framework on the ideas of Lev Vygotsky, especially his concepts of the Zone of Proximal Development and his contributions to Physics teaching. We conducted a qualitative analysis of the results, where the collected data were interpreted based on the implementation of the stages developed by students in groups. We concluded that the proposed practices in the stages, together with the experimental apparatus and the MIT App Inventor application, facilitated and provided several moments of student participation, knowledge construction, and productivity during the stages. These practices can be a great tool for Physics teachers and help in the teaching and learning process for students.

**Keywords:** Arduino UNO; Physics Teaching; Modern and Contemporary Physics; Planck's Constant; Active Methodologies; *MIT App Inventor*.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> - Representação esquemática de uma onda eletromagnética. ....                                                                                                                                                                                                    | 18 |
| <b>Figura 2</b> - Espectro eletromagnético.....                                                                                                                                                                                                                                  | 19 |
| <b>Figura 3</b> - Aproximação de um corpo negro. ....                                                                                                                                                                                                                            | 20 |
| <b>Figura 4</b> - Função distribuição espectral $R(\lambda)$ para várias temperaturas. A radiação emitida pelo Sol se parece muito com a de um corpo negro a 5.800 K. O comprimento de onda $\lambda_m$ está indicado para as curvas de 5.000 K e 6.000 K.....                   | 21 |
| <b>Figura 5</b> - Exibe osciladores nas paredes internas da cavidade.....                                                                                                                                                                                                        | 24 |
| <b>Figura 6</b> - Bandas de energia em (a) condutores; (b) isolantes e (c) semicondutores. ....                                                                                                                                                                                  | 25 |
| <b>Figura 7</b> - (a) Uma representação bidimensional da rede de silício; (b) Um átomo de fósforo (valência = 5) substitui um átomo de silício, criando um sítio doador. (c) Um átomo de alumínio (valência = 3) substitui um átomo de silício, criando um sítio aceitador. .... | 26 |
| <b>Figura 8</b> - Região de depleção de uma junção p-n. ....                                                                                                                                                                                                                     | 27 |
| <b>Figura 9</b> - Representação da estrutura física do LED de luz azul. ....                                                                                                                                                                                                     | 28 |
| <b>Figura 10</b> - Partes constituintes de um LED.....                                                                                                                                                                                                                           | 29 |
| <b>Figura 11</b> - Processo de funcionamento do LED.....                                                                                                                                                                                                                         | 30 |
| <b>Figura 12</b> - Arduino Uno R3. ....                                                                                                                                                                                                                                          | 33 |
| <b>Figura 13</b> - Página correspondente a instalação do Arduino IDE. ....                                                                                                                                                                                                       | 36 |
| <b>Figura 14</b> - Página inicial do Arduino IDE após instalação no computador. ....                                                                                                                                                                                             | 36 |
| <b>Figura 15</b> - Escolhendo a placa no Arduino IDE. ....                                                                                                                                                                                                                       | 37 |
| <b>Figura 16</b> - Detectando a porta USB no computador. ....                                                                                                                                                                                                                    | 38 |
| <b>Figura 17</b> - Enviando o código para a placa Arduino.....                                                                                                                                                                                                                   | 38 |
| <b>Figura 18</b> - Cores das palavras <i>void setup()</i> no Arduino IDE. ....                                                                                                                                                                                                   | 40 |
| <b>Figura 19</b> - Cores das palavras <i>void loop()</i> no Arduino IDE.....                                                                                                                                                                                                     | 40 |
| <b>Figura 20</b> - Comentário de até uma linha. ....                                                                                                                                                                                                                             | 40 |
| <b>Figura 21</b> - Comentário extenso. ....                                                                                                                                                                                                                                      | 41 |
| <b>Figura 22</b> - Função <i>pinMode</i> no Arduino IDE. ....                                                                                                                                                                                                                    | 41 |
| <b>Figura 23</b> - Programa para fazer um LED piscar com intervalo de tempo de um segundo. ...                                                                                                                                                                                   | 42 |
| <b>Figura 24</b> - Exemplo da função <i>digitalRead</i> .....                                                                                                                                                                                                                    | 43 |
| <b>Figura 25</b> - Exemplo de uma função <i>digitalRead()</i> .....                                                                                                                                                                                                              | 44 |
| <b>Figura 26</b> - <i>Protoboard</i> .....                                                                                                                                                                                                                                       | 48 |
| <b>Figura 27</b> - Ligação entre fileiras e colunas da <i>protoboard</i> . ....                                                                                                                                                                                                  | 48 |

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 28</b> - Jumpers. ....                                                                     | 49 |
| <b>Figura 29</b> - Resistor. ....                                                                    | 50 |
| <b>Figura 30</b> - Código de cores para resistência de resistores. ....                              | 50 |
| <b>Figura 31</b> - Resistor de cinco faixas. ....                                                    | 51 |
| <b>Figura 32</b> - Potenciômetro. ....                                                               | 52 |
| <b>Figura 33</b> - Botão. ....                                                                       | 52 |
| <b>Figura 34</b> - Módulo <i>bluetooth</i> HC-05. ....                                               | 53 |
| <b>Figura 35</b> - Página inicial do <i>MIT App Inventor</i> . ....                                  | 55 |
| <b>Figura 36</b> - Página de desenvolvimento de um novo aplicativo no <i>MIT</i> . ....              | 56 |
| <b>Figura 37</b> - Página da configuração do aplicativo no modo <i>Blocks</i> . ....                 | 59 |
| <b>Figura 38</b> - Aplicativo <i>MIT AI2 Companion</i> na <i>Google Play</i> . ....                  | 60 |
| <b>Figura 39</b> - Menu conectar. ....                                                               | 61 |
| <b>Figura 40</b> - Página do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2 no site da <i>MIT App Inventor</i> . .... | 62 |
| <b>Figura 41</b> – Estrutura esquemática da Zona de Desenvolvimento Proximal. ....                   | 65 |
| <b>Figura 42</b> - Modelos de ensino híbrido. ....                                                   | 70 |
| <b>Figura 43</b> - Comparação do uso de tempo nas salas de aula tradicional e invertida. ....        | 73 |
| <b>Figura 44</b> - Esquema sobre a Sala de Aula Invertida. ....                                      | 74 |
| <b>Figura 45</b> - Aplicação do Questionário – Etapa <i>Quark</i> . ....                             | 77 |
| <b>Figura 46</b> - Aluno respondendo questionário. ....                                              | 78 |
| <b>Figura 47</b> - Capa da Edição de outubro de 2020 da Revista Super Interessante. ....             | 79 |
| <b>Figura 48</b> - Material da Etapa <i>Nêutron</i> . ....                                           | 79 |
| <b>Figura 49</b> - Material enviado via Classroom para os alunos. ....                               | 80 |
| <b>Figura 50</b> - Momento do debate. ....                                                           | 81 |
| <b>Figura 51</b> - Momento da professora/mediadora debatendo com os alunos. ....                     | 82 |
| <b>Figura 52</b> - Material da Etapa <i>Elétron</i> . ....                                           | 83 |
| <b>Figura 53</b> – Material agrupado da Etapa <i>Próton</i> . ....                                   | 84 |
| <b>Figura 54</b> - Alunos fazendo montagem do experimento. ....                                      | 85 |
| <b>Figura 55</b> - Alunos fazendo montagem do experimento. ....                                      | 86 |
| <b>Figura 56</b> – Liga e Desliga LED para teste. ....                                               | 87 |
| <b>Figura 57</b> – Alunos verificando a tensão de joelho do LED. ....                                | 88 |
| <b>Figura 58</b> - Orientação para cálculo da constante de Planck. ....                              | 88 |
| <b>Figura 59</b> - Espectro eletromagnético: <i>bluetooth</i> e <i>wi-fi</i> . ....                  | 96 |
| <b>Figura 60</b> - Montagem do experimento. ....                                                     | 97 |

## GRÁFICOS

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gráfico 1</b> - Comparativo da questão 1 dos dois questionários. .... | 91 |
| <b>Gráfico 2</b> - Comparativo da questão 2 dos dois questionários. .... | 92 |
| <b>Gráfico 3</b> - Comparativo da questão 3 dos dois questionários. .... | 93 |
| <b>Gráfico 4</b> - Comparativo da questão 5 dos dois questionários. .... | 96 |

## QUADROS

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Quadro 1</b> - Tipos de Arduino e suas informações técnicas. ....                | 32  |
| <b>Quadro 2</b> - Partes de um Arduino UNO. ....                                    | 33  |
| <b>Quadro 3</b> - Função das partes do módulo HC-05. ....                           | 53  |
| <b>Quadro 4</b> - Momentos e descrições das atividades vivenciadas. ....            | 76  |
| <b>Quadro 5</b> - Nomes de equipes e assuntos para o debate. ....                   | 81  |
| <b>Quadro 6</b> - Categorização das respostas - Questão 4. ....                     | 94  |
| <b>Quadro 7</b> - Categorização das respostas - Questão 6. ....                     | 98  |
| <b>Quadro 8</b> - Grupos e respostas do questionário da Etapa <i>Elétron</i> . .... | 100 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                    | <b>11</b>  |
| <b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>                                                                                          | <b>16</b>  |
| 2.1 Física Moderna e Contemporânea: conceitos, aplicações e práticas pedagógicas .....                                       | 16         |
| 2.1.1 Luz e Radiação eletromagnética .....                                                                                   | 17         |
| 2.1.2 A radiação do corpo negro.....                                                                                         | 20         |
| 2.1.3 Solução para a Catástrofe do Ultravioleta e a Constante de Max Planck.....                                             | 23         |
| 2.1.4 Os Semicondutores e a Teoria de Bandas.....                                                                            | 24         |
| 2.1.5 LED.....                                                                                                               | 27         |
| 2.1.6 Plataforma Arduino.....                                                                                                | 31         |
| 2.1.7 Componentes Eletrônicos .....                                                                                          | 47         |
| 2.1.8 <i>MIT App Inventor</i> .....                                                                                          | 54         |
| 2.2 As interações sociais no desenvolvimento humano e na aprendizagem: um olhar nas ideias de Vygotsky.....                  | 63         |
| 2.3 Metodologias Ativas de Aprendizagem: modelos híbridos e Sala de Aula Invertida (SAI) .....                               | 67         |
| 2.3.1 Ensino Híbrido.....                                                                                                    | 68         |
| 2.3.2 Sala de Aula Invertida ( <i>Flipped classroom</i> ) .....                                                              | 71         |
| <b>3 METODOLOGIA: O PRODUTO EDUCACIONAL E SUA APLICAÇÃO .....</b>                                                            | <b>75</b>  |
| 3.1 O contexto e os procedimentos metodológicos da aplicação do produto educacional .....                                    | 75         |
| <b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>                                                                                        | <b>90</b>  |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                                                           | <b>104</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                      | <b>106</b> |
| <b>ANEXO A – ETAPA <i>NÊUTRON</i>: MATERIAL PARA LEITURA .....</b>                                                           | <b>114</b> |
| <b>APÊNDICE A – ETAPA <i>QUARK</i>: QUESTIONÁRIO: REFLETINDO SOBRE<br/>CONCEITOS DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA .....</b> | <b>120</b> |
| <b>APÊNDICE B – ETAPA <i>ELÉTRON</i>: QUESTIONAMENTOS.....</b>                                                               | <b>122</b> |
| <b>APÊNDICE C – ETAPA <i>PRÓTON</i>: MANUAL DE MONTAGEM E DADOS. ....</b>                                                    | <b>123</b> |
| <b>APÊNDICE D – PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO IDE .....</b>                                                                         | <b>125</b> |
| <b>APÊNDICE E – PROGRAMAÇÃO <i>MIT</i> EM BLOCOS DO APP<br/>MNPEF_BLUE_LAB_1_2 (VERSÃO 1.2) .....</b>                        | <b>128</b> |
| <b>APÊNDICE F – <i>DESIGNER</i> DO APLICATIVO <i>MIT</i> .....</b>                                                           | <b>132</b> |
| <b>APÊNDICE G – PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>                                                                                | <b>133</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Grandes descobertas no ramo da tecnologia foram tomadas como base de estudos voltados para a Física do início do século XX, o que chamamos de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Tais avanços têm chamado cada vez mais atenção dos jovens e adultos, tendo em vista que estes temas estão em crescente presença em seus cotidianos. Podemos analisar essa evolução em celulares, computadores, eletrodomésticos, e mesmo assim, algumas escolas ainda não têm esses aparatos como realidade em sala de aula.

Nesse sentido, é um pouco difícil falar na integração desses aparatos em sala de aula sem afirmar que o fundamento de toda tecnologia que utilizamos hoje deriva de conceitos advindos da FMC. Nesta acepção, aparelhos celulares, sensores diversos, microprocessadores, tecnologias avançadas na medicina, são evidências claras da importância de trazer essa Física para as salas de aulas de nossos estudantes.

À vista disso, desde a aparição dos estudos de FMC pesquisadores, professores e documentos oficiais abordam sobre a importância desses conteúdos em sala de aula para os estudantes da formação básica (Alvarenga *et al.*, 2022; Antunes *et al.*, 2023; Cavalcante; Tavolaro, 2001; Gonçalves, 2020; Januário; Massoni, 2023; Ostermann; Moreira, 2000; Terrazzan, 1992).

Contudo, apesar da relevância desta área, para Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), a escassez de tópicos de Física Moderna e Contemporânea na sala de aula colabora para que a Física seja ensinada de forma desvinculada da realidade do aluno. Esse fato afirma a importância da inserção da FMC no Ensino Médio (EM). Sendo assim, é um equívoco dizer que os alunos não têm capacidade de aprender tópicos atuais relacionados a FMC, uma vez que o problema está relacionado em como os temas estão sendo abordados (Ostermann; Moreira, 2001).

Mediante a isto, a inclusão de temas relacionados a FMC no EM inclui, sobretudo, inclui o objetivo de despertar o interesse dos alunos pelos avanços tecnológicos presentes em seu dia a dia, principalmente com o auxílio de materiais de pesquisas atuais. Logo, isso permite que os alunos reflitam e avaliem de forma consciente o impacto que essas tecnologias trazem para a sociedade. E, apesar dos debates recentes enfatizarem a aproximação da escola na vida dos alunos, é praticamente impensável ensinar Física sem incluir os conteúdos relacionados à FMC.

Neste cenário, de acordo com Jesus, Oliveira e Silva (2021), a formação inadequada dos professores, pode ser identificada como um obstáculo para a inserção de tópicos de FMC em sala de aula no EM, integrando tecnologia como uso de metodologias dos professores. Para

tanto, é fundamental que os professores não se limitem ao método meramente tradicional de ensino, é primordial buscar por aprimoramento em sua formação e, conseqüentemente, aumentar significativamente as possibilidades de usos de metodologias que possam atrair os discentes. Portanto, torna-se crucial a incorporação desses recursos como ferramentas metodológicas, integrando-as ao ensino (Guimarães *et al.*, 2022).

Além dessa visão global sobre como a Física pode se tornar mais atrativa para os estudantes, a integração da tecnologia na sala de aula pode estimular os alunos de forma a potencializar a construção de novos conhecimentos. Além do mais essa inserção tecnológica, acarreta em uma compreensão mais simples e acessível, permitindo que a teoria se conecte com a prática, trazendo resultados expressivos para o processo educativo (Souza; Souza, 2013).

Destarte, a inclusão de dispositivos tecnológicos que fazem parte da realidade dos alunos – como celular e computador – nas aulas de Física, destacam-se ainda mais quando consideramos que a geração atual está introduzida nesse mundo. Assim, entende-se que o ensino da Física precisa utilizar desses materiais e propor ao aluno situações em que o faça refletir e solucionar problemas que estão presentes no seu mundo e, como consequência, uma aprendizagem que faça sentido para sua vida. Diante disso, o aluno ao perceber que determinado conteúdo visto em sala de aula faz parte de seu cotidiano, surge a consolidação do aprendizado. Neste ínterim, buscando a inclusão de ferramentas tecnológicas, abordaremos sobre duas possibilidades de uso: o Arduino UNO e o *MIT App Inventor*.

O Arduino é um microprocessador de fácil uso tanto para professores quanto para alunos. Como uma plataforma eletrônica de código aberto, ela é baseada em hardware e software acessíveis e possui um custo relativamente baixo. No âmbito escolar, essa ferramenta pode ser empregada em experimentos para demonstrar princípios físicos, fazendo uma relação direta da prática com a teoria (Moreira *et al.*, 2018).

Atrelado à essa lógica sobre a aplicação de experimentos com o Arduino, segundo Martinazzo *et al.* (2014, p. 24):

No que diz respeito ao Ensino de Física, tem grande aplicabilidade, pois é possível ler dados de qualquer fenômeno físico detectável por sensores, ou seja, basicamente é um sistema que lê sinais elétricos em sensores expostos ao ambiente a partir de suas portas digitais e analógicas (Martinazzo *et al.*, 2014, p. 24).

Além do Arduino, outra ferramenta tecnológica que pode ser utilizada nas práticas pedagógicas é o *MIT App Inventor*. O desenvolvimento do *MIT App Inventor* veio de uma parceria entre o Instituto de Tecnologia de Massachusetts e a *Google*, com o objetivo de tornar

o processo de implementação de algoritmos e programação mais acessível, de modo que crianças e adolescentes possam ter maior acesso e facilidade de uso (Lara, 2015).

Segundo Silva, Rutz e França (2022, p. 2), o *MIT App Inventor* é uma ferramenta promissora, pois:

A programação em blocos lógicos é intuitiva, não requer grandes conhecimentos de desenvolvimento de softwares. Provavelmente este seja um dos maiores diferenciais do *App Inventor*, fator determinante para a aceitabilidade de professores, alunos e todos que buscam criar aplicativos voltados ao contexto educacional (Silva, Rutz e França, 2022, p. 2).

Em consonância, é pertinente refletir em como o Ensino de Física (EF) é desenvolvida nas escolas, a fim de melhorar e ampliar o aprendizado dos alunos, modificando metodologias e recursos, de acordo com a realidade de cada um deles. Na atualidade existem diversos métodos que buscam fugir do tradicional de modo a efetivar a aprendizagem, a saber, destaca-se neste trabalho, a Sala de Aula Invertida. No que concerne a isto, Filatro e Cavalcanti (2023), apontam a Sala de Aula Invertida como uma possibilidade de estratégia viável para o professor utilizá-la, onde os alunos estudam os conteúdos em casa e preparam-se para tirar dúvidas na sala de aula junto aos demais, tendo o professor como um orientador.

Nessa conjuntura, documentos oficiais também abordam essa preocupação na vivência dos alunos com o mundo ao qual está inserido, como exemplo, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), reconhece que “a educação tem um compromisso com a formação e o desenvolvimento humano global, em suas dimensões intelectual, física, afetiva, social, ética, moral e simbólica” (Brasil, 2018, p. 16).

No que diz respeito ao Ensino Médio, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC (Brasil, 2018) ressalta o interesse em auxiliar na formação dos jovens para enfrentarem os desafios da contemporaneidade, no aprofundamento do exercício do pensamento crítico, nas tomadas de decisões responsáveis, éticas e consistentes. Além disso, destaca ainda, que os alunos:

[...] aprendam a estruturar linguagens argumentativas que lhes permitam comunicar, para diversos públicos, em contextos variados e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), conhecimentos produzidos e propostas de intervenção pautadas em evidências, conhecimentos científicos e princípios éticos e responsáveis” (Brasil, 2018, p. 538).

Junto à BNCC, o currículo de Pernambuco (CPE) para o EM visa permitir práticas educativas críticas, reflexivas e contextualizadas, onde suas pautas tenham como prioridade a dialogicidade na busca de conhecimento daqueles que fazem o processo educativo no seu dia a

dia (Freire, 1987). Para tal, observa-se que os avanços científicos e tecnológicos da sociedade atual trazem a necessidade que a escola adote novas formas de aprendizagem e desenvolvimento na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Pernambuco, 2021).

Outrossim, o CPE também se importa com os mesmos aspectos, enfatizando a importância de trabalhar com os alunos por meio do uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC). Em uma de suas habilidades, da Física, considera-se importante a abordagem das TDIC, conforme segue explícito na habilidade:

(EM13CNT302FIS16PE) Socializar, em diversos contextos, como em mostras científicas, feiras de ciências, seminários, entre outros, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), em torno do tema Terra e Universo, temática de relevância tecnológica, sociocultural e ambiental, observando-se a comunidade em torno da escola (Pernambuco, 2019, p. 13).

Diante do contexto elucidado, justifica-se nesta pesquisa, o interesse de colaborar para o ensino de Física, em especial na construção de recursos didáticos com a finalidade de contribuir no processo de ensino e aprendizagem inerentes aos conceitos da Física Moderna e Contemporânea. Para isso, foi escolhida a Teoria de Lev Vygotsky para fundamentar diretrizes sobre a aprendizagem.

Dessarte, investiga-se o seguinte problema de pesquisa: *Como o uso de metodologias ativas, associadas à utilização de recursos tecnológicos, Arduino UNO e aplicativo MIT App Inventor, pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem na determinação experimental da constante de Planck com estudantes do ensino médio?*

Logo, segue os objetivos almejados na pesquisa:

#### Objetivo geral

- Analisar as contribuições de uma proposta metodológica, utilizando o modelo de Sala de Aula Invertida, juntamente com os recursos tecnológicos, Arduino UNO e o aplicativo *MIT App Inventor*, na determinação experimental da constante de Planck com estudantes do ensino médio.

#### Objetivos específicos

- Identificar as concepções iniciais de alunos acerca de conceitos da Física Moderna e Contemporânea aplicados em situações do cotidiano;

- Utilizar a plataforma Arduino, junto com o aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2, no contexto de sala de aula para obter dados, no cálculo da determinação da constante de Planck;
- Caracterizar as concepções dos alunos acerca de conceitos da Física Moderna e Contemporânea aplicadas a situações do cotidiano.
- Analisar as contribuições do uso do modelo de metodologia ativa, Sala de Aula Invertida, durante o processo de ensino e aprendizagem de conceitos de Física Moderna e Contemporânea na determinação da constante de Planck;
- Elaborar um roteiro da metodologia proposta, produto educacional, articulada ao uso da Sala de Aula Invertida, que sirva de referencial para professores de Física para a abordagem de conceitos de Física Moderna e Contemporânea, na determinação da constante de Planck.

Diante dessa contextualização, a dissertação está dividida em cinco capítulos, abordando temas considerados relevantes para a efetivação desta pesquisa.

Desse modo, a introdução é abordada no primeiro capítulo. Por conseguinte, no segundo capítulo, estão elencados os conceitos de Física apresentados na fundamentação teórica, correspondentes aos conceitos da Física Moderna e Contemporânea, além das ferramentas tecnológicas Arduino e o aplicativo *MIT App Inventor*, e os conceitos teóricos de Lev Semionovich Vygotsky sobre aprendizagem, enfatizando suas contribuições para o Ensino de Física. Em seguida, é exibido o modelo de metodologia ativa do ensino híbrido: a Sala de Aula Invertida. Já no terceiro capítulo, discute-se sobre a metodologia e a aplicação do produto educacional. Enquanto, o quarto capítulo expõe as análises dos resultados. E por fim, o capítulo cinco apresenta as considerações finais, a partir dos objetivos preestabelecidos e os respectivos resultados encontrados, com indicações também de possíveis caminhos para futuros estudos e melhorias quanto às práticas pedagógicas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o intuito de ampliar as discussões sobre a Física Moderna e Contemporânea e alcançar os objetivos propostos, neste capítulo, serão apresentadas algumas aplicações e práticas pedagógicas sobre a FMC, aspectos da luz e radiação eletromagnética, os conceitos de radiação de um corpo negro, considerado o ponto de partida para o nascimento da FMC, os semicondutores, *Light Emitting Diode* (Diodo Emissor de Luz), a plataforma Arduino e seus *sketch* e a construção de um aplicativo no site *MIT App Inventor*, e por fim, a Teoria da Aprendizagem de Vygotsky, que fundamentou a aplicação do produto educacional desta pesquisa.

### 2.1 Física Moderna e Contemporânea: conceitos, aplicações e práticas pedagógicas

Os estudos acerca da inserção da FMC na Educação Básica têm sido foco de pesquisa de diversos autores, dentre eles: Biazus e Rosa (2016), Coêlho et al. (2022), Goulart e Leonel (2020), Souza e Ferreira (2020). Estes estudos têm como propósito apresentar uma possibilidade de alcançar bons resultados, tendo como base a metodologia proposta com temas da FMC.

Nesse enquadro, Biazus e Rosa (2016) apresentam uma proposta de sequência didática na qual abordam tópicos de FMC no Ensino Médio (EM), onde são considerados alguns aspectos, a saber: situações cotidianas dos alunos, promoção de interação social e a realidade da escola pública. No estudo, os autores perceberam de início, uma pequena resistência podendo ser considerado um desafio caso não seja bem orientado pelo professor, porém, os alunos logo se adaptaram à proposta, adotando uma nova atitude em relação ao trabalho.

Baseado nisso, Coêlho et al. (2022) preocuparam-se com a ausência de conceitos de FMC no EM, utilizando uma abordagem experimental, com materiais de baixo custo e/ou reciclado para avaliar a capacidade dos alunos em assimilar fenômenos descritos pela FMC. Os pesquisadores supracitados afirmam que esta aplicação trouxe bons resultados, pois ao realizar perguntas sobre os fenômenos apresentados, foi possível despertar a atenção por parte dos alunos.

Já nas pesquisas de Goulart e Leonel (2020), ao fazerem uma revisão de literatura de artigos abordando o estudo e análise de estratégias de ensino da FMC no EM, escolheram artigos publicados em diversos periódicos responsáveis por publicações relacionados ao Ensino de Física, entre os anos de 2005 a 2018. Os autores fizeram uma análise das categorias criadas

pelos mesmos, e destacaram que seu estudo pode auxiliar outros trabalhos que tenham como objetivo a implementação de UEPS (Unidades de Ensino Potencialmente Significativas) ou seqüências didáticas relacionadas a temática de FMC no EM.

Outro trabalho relevante foi o de Oliveira et al. (2021), no qual apresentaram uma proposta de uso de leituras paradidáticas como uma forma de trabalhar conceitos da FMC na educação básica, utilizando um romance de autoria própria que aborda temas da FMC, cuja linguagem é mais próxima do leitor, e apresentada de forma mais acessível e inspiradora, a fim de facilitar o entendimento dos fenômenos abordados na leitura. Os autores concluíram que essa abordagem não resolve todos os obstáculos encontrados na inserção desse conteúdo na educação básica, contudo, pode ser uma estratégia para o aprimoramento do ensino dessa ciência, que desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da sociedade.

Nessa perspectiva, estes são apenas alguns exemplos de aplicações e estudos sobre a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, que inspiram educadores e pesquisadores empenhados em tornar o ensino de Física mais atrativo.

Considerando a relevância de estudos que contribuem no processo de ensino e aprendizagem da FCM, destacam-se nas seções seguintes os conceitos abordados na aplicação do produto.

### **2.1.1 Luz e Radiação eletromagnética**

Radiações eletromagnéticas estão presentes no nosso dia a dia de formas diversas. Exemplos como: a luz que nos permite ver o mundo ao nosso redor; fornos de micro-ondas que nos auxiliam na cozinha; controles remotos de vários eletrodomésticos; energia emitida pelo Sol; *Wi-Fi* para conexões com aparelhos, dentre outros.

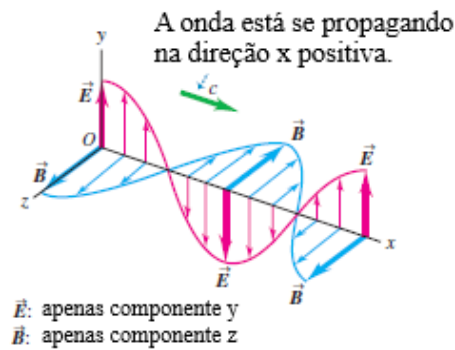
Nessa linha de ideias, Halliday, Resnick e Walker (2023, p. 2) reforçam o seguinte:

[...] Nossos corpos também são atravessados por sinais de rádio, televisão e telefonia celular. Micro-ondas de aparelhos de radar podem chegar até nós. Temos também as ondas eletromagnéticas provenientes das lâmpadas, dos motores quentes dos automóveis, das máquinas de raios X, dos relâmpagos e dos elementos radioativos existentes no solo. Além disso, somos banhados pelas radiações das estrelas e de outros corpos de nossa galáxia e de outras galáxias (Halliday; Resnick; Walker, 2023, p. 2).

Nesta significação, as radiações eletromagnéticas são vibrações de campo elétrico e campo magnético geradas mutuamente, e propagam-se no espaço com a velocidade da luz (aproximadamente  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ). Elas se propagam de forma perpendicular entre si e na

direção da propagação da energia, podendo se deslocar no vácuo (Tavolaro; Cavalcante, 2003), conforme ilustrado na Figura 1.

**Figura 1** - Representação esquemática de uma onda eletromagnética.



**Fonte:** Young e Freedman (2012, p.1061).

A velocidade de qualquer onda eletromagnética no vácuo ( $c$ ) pode ser calculada como a Equação (1).

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (1)$$

Em que:

$\mu_0$  = permeabilidade magnética no vácuo, com valor aproximadamente  $4\pi \times 10^{-7} T \cdot m/A$ ;

$\epsilon_0$  = permissividade do vácuo, com valor aproximado  $8,85419 \times 10^{-12} C^2/N \cdot m^2$ .

Avaliando numericamente, esta velocidade, tem-se:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\left(4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}\right) \left(8,85419 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}\right)}}$$

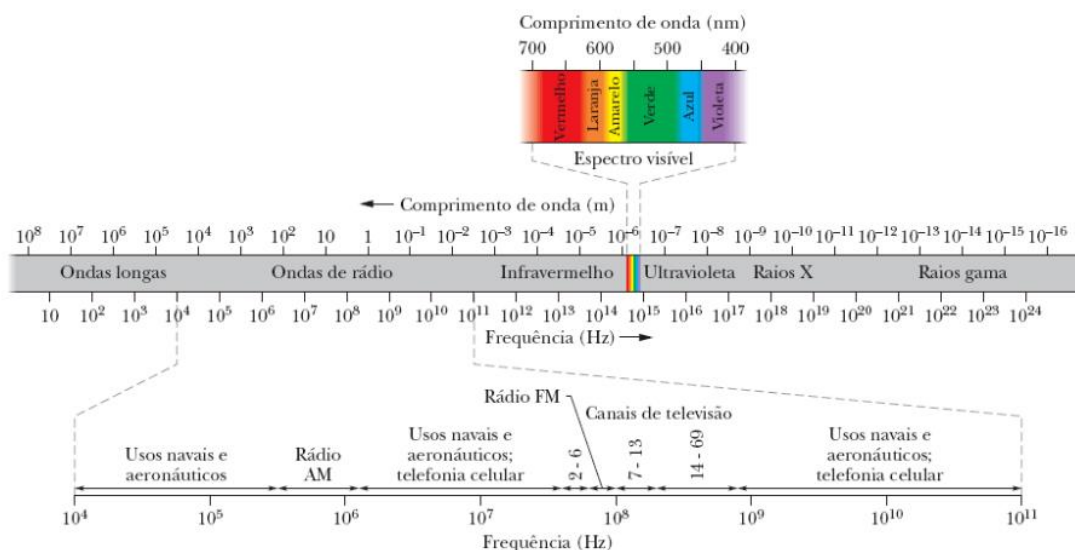
$$c \cong 3 \times 10^8 m/s$$

Correspondente a isto, Serway e Jewett Jr (2014), afirmam que esta velocidade é idêntica à luz no vácuo, então, dessa forma, somos induzidos a acreditar (corretamente) que a luz é uma onda eletromagnética.

Nessa abordagem, em 1861, James Clerk Maxwell (1831-1879), deduziu a partir de suas equações que as ondas eletromagnéticas se propagavam com a velocidade da luz, gerando a ideia de que a luz era uma onda eletromagnética. A comprovação experimental da teoria eletromagnética da luz veio das experiências de Hertz, em 1888, em que ele produziu ondas eletromagnéticas utilizando um circuito oscilador de alta frequência e um dipolo, a fim de gerar ondas eletromagnéticas. Assim, Hertz observou que as ondas geradas possuíam propriedades semelhantes às da luz. (Nussenzveig, 2014).

Assim como mostra a Figura 2, temos o espectro de ondas eletromagnéticas e podemos afirmar que estamos imersos nessas ondas. Ele abrange todas as frequências das ondas eletromagnéticas, variando desde as ondas de rádio, que possuem as menores frequências, até as ondas de radiação gama, que têm as maiores frequências.

**Figura 2** - Espectro eletromagnético.



**Fonte:** Halliday, Resnick e Walker (2023, p.2).

Nesse contexto, a luz é a região visível do espectro e a mais familiar para nós, como espécie, nossos olhos são sensíveis a este tipo de radiação eletromagnética emitida pelo Sol, a fonte mais próxima de nós (Halliday; Resnick; Krane, 2010).

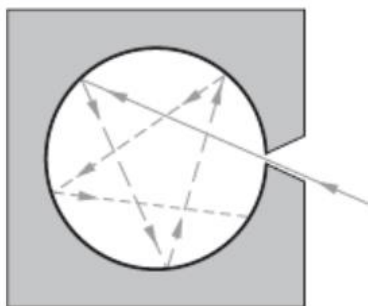
### 2.1.2 A radiação do corpo negro

O estudo da radiação térmica emitida por objetos opacos forneceu os primeiros indícios sobre a natureza quântica da radiação. Pois, quando uma radiação atinge um corpo opaco, parte dela é refletida e outra parte é absorvida. Ademais, objetos de cores claras tendem a refletir a maior parte da radiação visível, enquanto os de cores escuras absorvem a maior parte. Dessa maneira, a radiação absorvida pelo corpo escuro eleva a energia cinética dos átomos que o compõem, fazendo com o grau de oscilação se intensifique em relação as suas posições de equilíbrio. E, como a temperatura de um corpo é determinada pela energia cinética média de seus átomos, a absorção de radiação resulta no aumento da temperatura do corpo. Desta forma, calcula-se a temperatura de um corpo considerando a energia cinética média de seus átomos, e a absorção de radiação causa o aumento da temperatura. Logo, os átomos desse corpo possuem partículas carregadas (elétrons), que ao serem aceleradas, devido ao aumento da oscilação, emitem radiação (Tipler; Llewellyn, 2014).

Neste enfoque, de acordo com Serway e Jewett, Jr (2014), essas cargas, agitadas pelo calor, podem apresentar uma variedade de acelerações, o que justifica o espectro contínuo de radiação emitido pelo objeto. Essa explicação, sob uma perspectiva clássica, se mostrou inadequada até o final do século XIX, pois, o problema encontrado estava em entender a distribuição dos comprimentos de onda presentes na radiação emitida por um objeto teórico conhecido como um corpo negro.

Sob tal prospectiva, Tipler e Llewellyn (2014), mostram uma boa aproximação de um corpo negro, que é uma cavidade ligada ao ambiente externo através um pequeno furo, em que a radiação penetra pelo furo e não consegue escapar, ao invés de ser absorvida pelas paredes da cavidade.

**Figura 3** - Aproximação de um corpo negro.



**Fonte:** Tipler e Llewellyn (2014, p. 79).

No estudo do físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) foi proposto que se uma cavidade fosse criada em um corpo sólido com suas paredes mantidas a uma temperatura constante  $T$ , e um pequeno orifício fosse feito em sua superfície, a radiação emitida por esse orifício não dependeria do material ou da forma como a cavidade foi construída, mas apenas da temperatura (Halliday; Resnick; Krane, 2010).

Ressalta-se ainda, nessa contextualização, que um objeto que absorve toda a radiação que incide sobre ele é denominado corpo negro perfeito. Nesse sentido, em 1879, Josef Stefan (1835-1893) encontrou uma relação experimental entre a potência irradiada por unidade de área de um corpo negro e sua temperatura (Tipler; Llewellyn, 2014). Esta lei ficou conhecida como mostra a Equação (2).

$$R = \sigma T^4 \quad (2)$$

em que,

$R$  = potência irradiada por unidade de área;

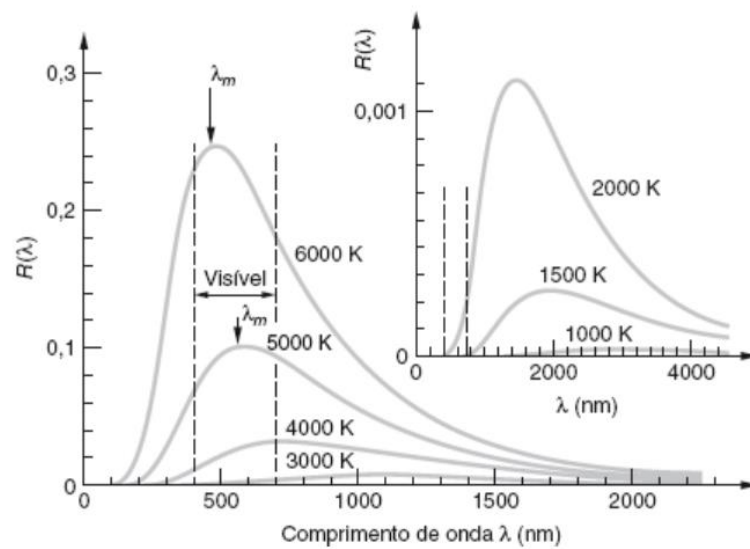
$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann =  $5,6704 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ ;

$T$  = a temperatura absoluta em Kelvin.

Ademais, Josef Stefan formulou essa lei com base em uma série de experimentos. Anos mais tarde, Boltzmann a derivou teoricamente, utilizando-se de princípios das teorias da termodinâmica e do eletromagnetismo (Halliday; Resnick; Krane, 2010).

E, segundo Tipler e Llewellyn (2014), sendo  $R(\lambda) d\lambda$  a radiação emitida por unidade de área com comprimentos de onda entre  $\lambda$  e  $\lambda + d\lambda$ , a Figura 4 mostra os valores obtidos experimentais da distribuição espectral  $R(\lambda)$  em função de  $\lambda$  para vários valores de  $T$  entre 1.000K e 6.000K. Esse estudo ficou conhecido como Lei de Deslocamento de Wien.

**Figura 4** - Função distribuição espectral  $R(\lambda)$  para várias temperaturas. A radiação emitida pelo Sol se parece muito com a de um corpo negro a 5.800 K. O comprimento de onda  $\lambda_m$  está indicado para as curvas de 5.000 K e 6.000 K.



**Fonte:** Tipler e Llewellyn (2014, p. 78).

As curvas de  $R(\lambda)$  em função de  $\lambda$ , conforme demonstradas na Figura 4, possuem diversas características interessantes: uma delas é o comprimento de onda, na qual a radiação atinge seu máximo, diminuindo à medida que a temperatura aumenta, ou seja, varia inversamente com a temperatura:

$$\lambda_m \propto \frac{1}{T} \quad (3)$$

Portanto, tem-se que:

$\lambda_m$  = comprimento de onda máximo da radiação emitida pelo corpo negro

$\lambda_m \cdot T$  = constante de dispersão de Wien =  $2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ .

Tal resultado, conhecido como a lei do deslocamento de Wien, foi descoberto por Wien pela primeira vez em 1893 (Tipler; Llewellyn, 2014).

À vista disso, com o objetivo de aprofundamento de experimentos sobre a emissão de um corpo negro, nos anos de 1900, John William Strutt Rayleigh (1842-1919), físico inglês, conhecido como Lord Rayleigh, demonstrou uma maneira diferente para definir a densidade de energia emitida por um corpo negro em relação a sua temperatura exposta. Após cinco anos, Sir Jeans adicionou uma constante de proporção ao método de Rayleigh, concluindo essa teoria e determinada como Lei Rayleigh-Jeans ou Lei de Radiação Térmica, sendo a mesma, a Equação (4):

$$R(\lambda) = \frac{c}{4} \frac{8\pi}{\lambda^4} \sigma T \quad (4)$$

Onde:

$c$  = velocidade da luz no vácuo ( $3 \times 10^8 m/s$ )

Nesse caso, a Equação (4) só funcionava para frequências baixas, de forma com que a frequência aumentava, como a frequência de raio ultravioleta, a radiação emitida pelo corpo negro tendia para o infinito. Por isso, essa divergência ficou conhecida como Catástrofe do Ultravioleta, que veio a ser solucionada posteriormente pelo físico Max Planck.

### 2.1.3 Solução para a Catástrofe do Ultravioleta e a Constante de Max Planck

Em 1900, o físico alemão Max Planck anunciou que, após adotar algumas hipóteses um tanto incomuns, conseguiu desenvolver uma função de energia que estava em conformidade com os dados experimentais. Inicialmente, ele havia encontrado uma função empírica que correspondia aos resultados experimentais e, posteriormente, descobriu uma maneira de ajustar os cálculos clássicos para obter essa função (Tipler; Llewellyn, 2014).

De acordo com Nussenzveig (2014), Planck postulou que um oscilador de frequência  $\nu$  só poderia emitir ou absorver energia em múltiplos inteiros de um “*quantum* de energia”, dada na Equação (5)

$$E = h\nu \quad (5)$$

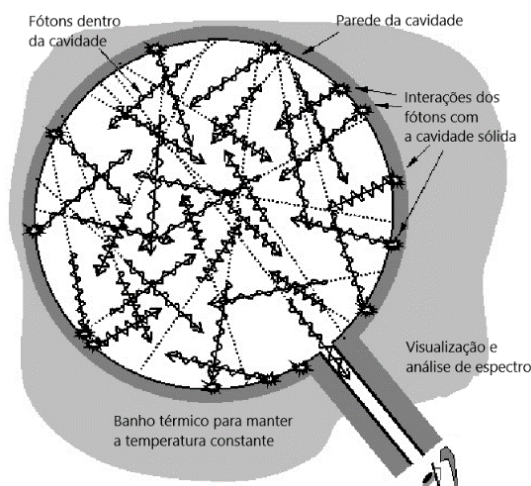
Onde:

$h$  = constante de Planck =  $6,626 \times 10^{-34} J.s$ ;

$\nu$  = frequência do oscilador.

Com base nisto, segundo Braga e Filgueiras (2013), os osciladores com baixa frequência admitiam energias em pacotes pequenos e o contrário também era verdadeiro, osciladores com frequências altas, aceitavam pacotes grandes, conforme mostra Figura 5.

**Figura 5** - Exibe osciladores nas paredes internas da cavidade.



**Fonte:** Adaptado de Semantic Scholar.

Esses pacotes foram chamados de “*quantum*”, que hoje conhecemos como fótons. Com essa equação, Planck agora conseguia que os resultados concordassem para qualquer valor de comprimento de onda, com os experimentos realizados, desde que o  $h$  fosse igual a aproximadamente,  $6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ . Logo, Planck foi responsável por abrir as portas da Física do mundo microscópico que, junto com outros fenômenos, consolidaram a Física Quântica (Thiara *et al.*, 2022).

#### 2.1.4 Os Semicondutores e a Teoria de Bandas

A maioria das tecnologias altamente inovadoras existentes devem-se aos estudos de materiais classificados como semicondutores. Desse modo, é sabido que todos os materiais são formados por átomos que se distribuem de acordo com a natureza deles, modificando número de prótons, elétrons e nêutrons. Sendo assim, existem os condutores e isolantes e, entre ambos, os semicondutores, caracterizados pela relação de como se comportam com a passagem de corrente elétrica (Bertoli, 2000).

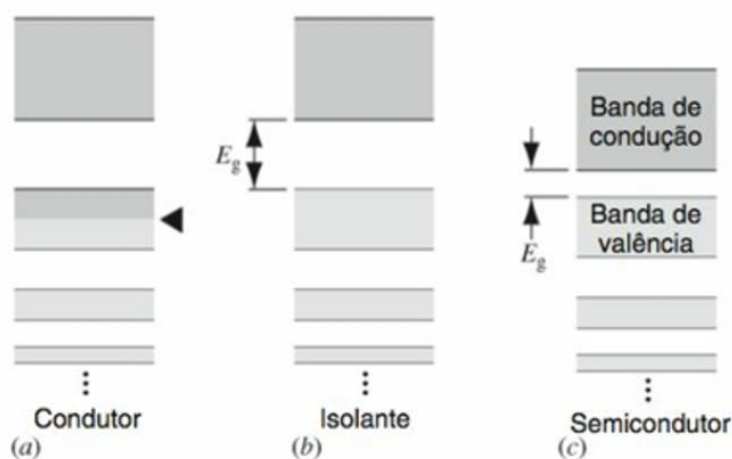
À vista do exposto, saber como as bandas são constituídas e organizadas determina se o material é um condutor, isolante ou semicondutor. Portanto, a banda de condução de um material é onde os elétrons se distribuem, que é quem caracteriza a natureza desse material, assim, ela pode ficar totalmente cheia ou vazia de elétrons e os que ficam no último nível, são denominados de elétrons de valência. Além disso, quando o número de átomo é grande, os níveis de energia se aproximam tanto que se sobrepõem, formando uma faixa de energia

denominada de banda de energia. Entre essas duas bandas existe a banda proibida, que é comumente representada por  $E_g$  e mostrado na

Figura 6, que corresponde a diferença entre as bandas de condução e a de valência (Bandeira, 2017).

Nessa conjuntura, Halliday, Resnick e Krane (2010) conceituam os condutores como o ponto principal é que a banda de energia mais alta que contém elétrons está apenas parcialmente preenchida. Já nos objetos isolantes, a  $E_g$  é extremamente grande e sua camada de valência está lotada. O ponto principal é que sua banda de energia mais alta está totalmente ocupada, e a banda proibida de energia, localizada logo acima dessa banda, representada na Figura 6 como  $E_g$ , é significativa.

**Figura 6** - Bandas de energia em (a) condutores; (b) isolantes e (c) semicondutores.



**Fonte:** Halliday, Resnick e Krane (2010, p. 248)

Para Halliday, Resnick e Krane (2010, p. 248), os semicondutores:

Ele difere do isolante na sua banda de energia proibida por ser pequena o suficiente para que, à temperatura ambiente, elétrons excitados termicamente possam atravessá-la até certo ponto. Isto coloca elétrons na (quase vazia) banda chamada de banda de condução da figura e deixa um número igual de estados vagos, ou lacunas, na (praticamente cheia) banda de valência. Em uma banda que está praticamente cheia, vem a ser mais conveniente analisar a contribuição do movimento das lacunas para a condução elétrica, que se comportam como partículas carregadas positivamente (Halliday; Resnick; Krane, 2010, p. 248).

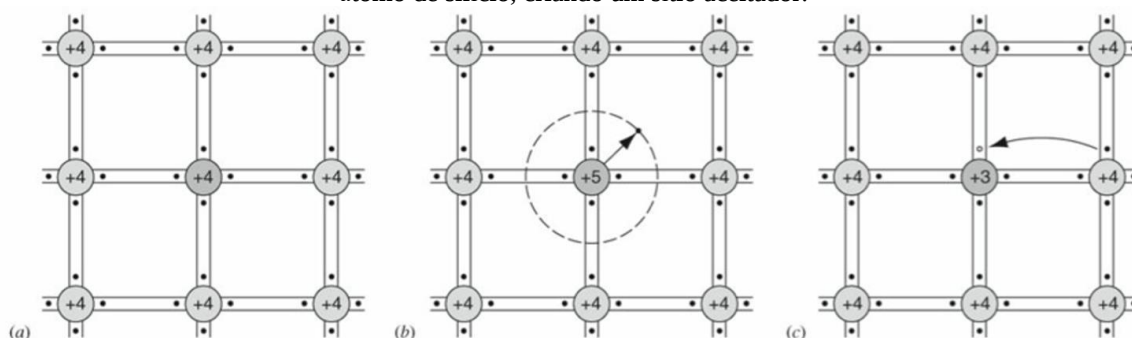
Os semicondutores são úteis como base para construção de componentes eletrônicos, em que é possível controlar a resistividade com a aplicação de uma tensão ou corrente. Esses semicondutores utilizados são chamados de semicondutores com impurezas, sendo criados a

partir de adição controlada de impurezas, em que esse processo é conhecido como dopagem (Tipler; Mosca, 2009).

A Figura 7 mostra uma representação de uma dopagem do silício. Em (a), cada átomo de silício possui quatro elétrons de valência e estabelece uma ligação de dois elétrons com cada um de seus quatro átomos vizinhos. Os elétrons que participam dessas ligações formam a banda de valência do material. Em (b), um dos átomos de silício foi trocado por um átomo de fósforo, que possui cinco elétrons de valência. Quatro desses elétrons criam ligações com os quatro átomos vizinhos de silício, enquanto o quinto elétron fica fracamente ligado ao núcleo do íon de fósforo. Esse elétron pode ser termicamente excitado para a banda de condução com muito mais facilidade do que um dos elétrons de valência do silício. O átomo de fósforo é conhecido como átomo doador, pois facilmente cede um elétron para a banda de condução.

Finalmente em (c), é apresentado uma rede de átomos de silício onde um átomo de silício foi substituído por um átomo de alumínio, que possui três elétrons de valência. Nesse caso, há um "elétron em falta", e o núcleo do íon de alumínio pode facilmente "capturar" um elétron de valência de um átomo de silício próximo, criando assim uma lacuna na banda de valência.

**Figura 7** - (a) Uma representação bidimensional da rede de silício; (b) Um átomo de fósforo (valência = 5) substitui um átomo de silício, criando um sítio doador. (c) Um átomo de alumínio (valência = 3) substitui um átomo de silício, criando um sítio aceitador.

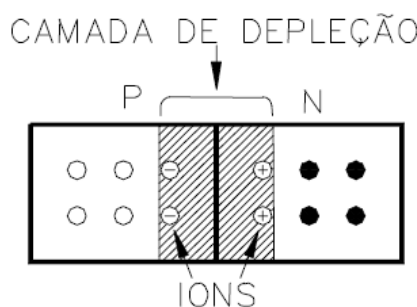


**Fonte:** Halliday, Resnick e Krane (2010, p. 250).

Quando os dois tipos de dopagem são unidos, passam a ser chamados de de junção *p-n* e assim prevalece uma reorganização dos elétrons, formando uma barra de potencial ou zona de depleção. Essa reorganização funciona da seguinte forma: junta-se um bloco de um semiconductor do tipo *n* em contato direto com um do tipo *p*, ambos não polarizados. Dessa forma, há uma difusão de elétrons do lado *n* para o lado *p* e de buracos do lado *p* para o lado *n*, formando uma corrente de difusão. Os elétrons, na difusão, combinam-se com as lacunas que estão no lado *p* próximas a junção e, com isso, cargas negativas no lado *p* surgem, da mesma

forma no lado  $n$  surgem cargas positivas, dando origem a zona de depleção, citada acima e demonstrada na Figura 8 (Bandeira, 2017):

**Figura 8** - Região de depleção de uma junção  $p-n$ .



Fonte: Bertoli, (2000, p.7).

Para Tavolaro e Cavalcante (2003), quando as cargas se movem, surge um campo elétrico que atua como uma barreira ao seu deslocamento livre. Caso for aplicado um campo elétrico na mesma direção da junção, o resultado dará origem a uma corrente elétrica, conhecida como corrente térmica. Por outro lado, caso seja aplicado um campo elétrico na direção oposta a estabelecida pela junção, ocorre o movimento dos portadores majoritários (elétrons no lado  $n$  e lacunas no lado  $p$ ), gerando correntes cada vez maiores à medida que aumenta o campo externo aplicado.

### 2.1.5 LED

A descoberta do diodo emissor de luz (LED) está ligada a dois cientistas notáveis, Henry Joseph Round e Oleg Vladimirovitch Losev. Em 1907, o primeiro cientista, no Laboratório de Marconi, observou o fenômeno de eletroluminescência, utilizando um cristal de carboneto de silício e um detector.

O segundo, cientista russo, que também fez a descoberta do LED de forma independente, Oleg compreendeu a natureza "fria" (não térmica) da emissão do LED, mediu o limiar atual de sua emissão de luz, identificou que a emissão está ligada à ação de diodo e detalhou a dependência da característica tensão-corrente desse dispositivo eletrônico (Oliveira *et al.*, 2019).

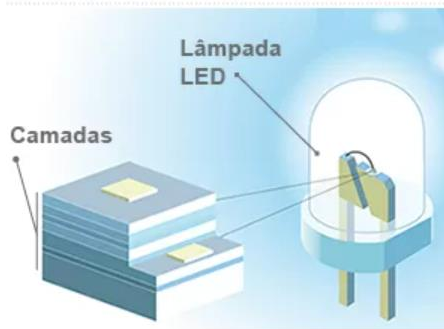
Nesse contexto, o LED é um dispositivo semicondutor que quando energizado, emite luz. Atualmente, o LED de luz visível, tem sido bastante discutido. Porém, foi construído pelo engenheiro e educador Nick Holonyak, em 1963. Inicialmente, apenas com a cor vermelha, e com pequena intensidade luminosa. Durante muito tempo, o LED era utilizado exclusivamente

para indicar se os dispositivos da época, como televisores e rádios, estavam ligados ou desligados (Scopacasa, 2008).

E, conforme Oliveira *et al.* (2019), em 1972, M. George Craford, que foi aluno de Nick Holonyak durante sua pós-graduação, aprimorou a luminosidade dos LEDs vermelhos e vermelho-alaranjado em dez vezes. Além disso, ainda criou o primeiro LED na cor amarela. Por volta de 1975, o primeiro LED verde foi construído. Esse LED tinha um comprimento de onda em torno de 550 nanômetros, o que é muito próximo do comprimento de onda do amarelo. No entanto, sua intensidade era um pouco maior, na ordem de algumas dezenas de milicandelas (Scopacasa, 2008).

À vista disso, a criação do LED de luz azul foi um desafio que perpetuou por décadas. Os cientistas japoneses Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura desenvolveram tecnologias que possibilitaram a fabricação de LEDs azuis eficientes, que lhes rendeu o Prêmio Nobel de 2014. Conforme a reportagem do G1, esses japoneses descobriram como associar o nitreto de gálio com elementos como índio e alumínio em uma estrutura em camadas, criando uma lâmpada eficiente. A Figura 9 mostra um esquema do LED desenvolvido pelos japoneses:

**Figura 9** - Representação da estrutura física do LED de luz azul.



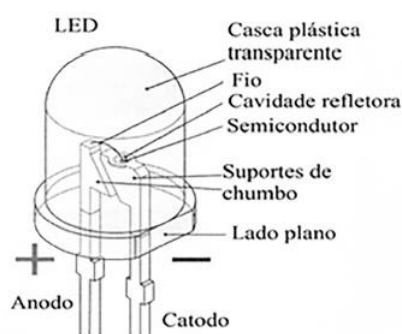
**Fonte:** Adaptado do G1 (2024).

De acordo com Pinto (2008), quando misturamos as cores vermelha, verde e azul, o resultado é a cor branca. Portanto, utilizando três LEDs coloridos ou apenas um LED RGB (Red, Green e Blue), podemos criar um feixe de luz branco ou qualquer tonalidade intermediária entre essas três cores. Basta ajustar a intensidade luminosa de cada LED para obter a cor desejada.

O processo de dopagem acontece quando elementos químicos são adicionados em baixas concentrações para auxiliar na condutividade do LED, mudando suas propriedades eletrônicas e estruturais, como por exemplo, a cor emitida (Bandeira, 2017).

Atualmente, os LEDs, como o uso de outros materiais, são capazes de emitir luz azul, violeta e até ultravioleta, sendo fabricados. Também estão disponíveis os LEDs brancos, que são geralmente emissores de luz azul, revestidos com uma camada de fósforo similar ao usado em lâmpadas fluorescentes. Essa camada absorve a luz azul e emite luz branca. A Figura 10 apresenta a parte interna de um LED.

**Figura 10** - Partes constituintes de um LED.



**Fonte:** Oliveira *et al.* (2019, p. 3)

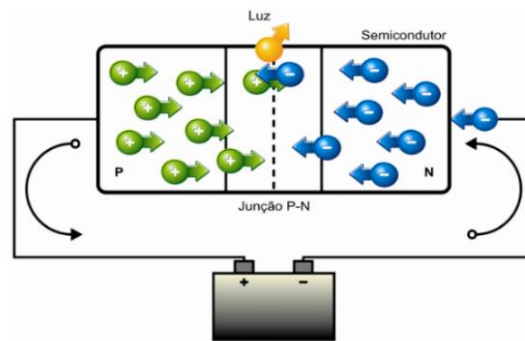
Nas junções  $p-n$  polarizadas diretamente, próximas à estrutura do LED, há recombinações de elétrons e buracos e, durante essa recombinação, a energia do elétron, que estava em movimento livre, é liberada, podendo se manifestar na forma de calor ou fótons de luz (Portes, 2010).

O princípio de funcionamento do LED baseia-se da seguinte forma:

A luz gerada pelo LED é composta de uma única cor e surge das interações energéticas dos elétrons. Quando uma fonte de energia elétrica é aplicada, ocorre o fenômeno conhecido como eletroluminescência, que é o processo de emissão de luz. Nas junções  $p-n$  polarizadas diretamente, próximas à estrutura do LED, há recombinações de elétrons e lacunas. Durante essa recombinação, a energia do elétron, anteriormente em movimento livre, é liberada, podendo se manifestar na forma de calor ou fótons de luz (Pinto, 2008, p. 25).

A Figura 11, ilustra o processo de funcionamento do LED, destacando as interações entre as cargas elétricas.

**Figura 11** - Processo de funcionamento do LED.



Fonte: Pinto (2008, p. 26).

Baseado nesta aceção, Oliveira *et. al.* (2020), quando aplicamos uma diferença de potencial  $V$  diretamente aos terminais do LED, o campo elétrico externo  $E$  se opõe ao campo elétrico de contato, que chamamos de  $E_C$ , mostrado na Figura 11. Como resultado, a barreira de potencial na junção  $p-n$  diminui e torna-se igual a  $e(V_C - V)$ , onde  $e$  representa a carga elétrica elementar. Isso permite que alguns portadores de carga atravessem a junção  $p-n$  e ocorra a emissão de luz no LED. A energia proveniente da fonte de corrente elétrica no LED, utilizada para vencer a barreira de potencial  $eV_0$  para cada portador, é convertida em energia luminosa. Consequentemente, podemos expressar pela Equação (6).

$$eV_0 = h\nu \quad (6)$$

Onde  $\nu$  está ligada ao comprimento de onda da radiação emitida, dada por  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ , em que  $c$  é a velocidade da luz no vácuo.

Quando se trata da intensidade máxima de frequência emitida, podemos estabelecer uma relação entre a tensão mínima necessária e a energia associada a um fóton. Essa relação é fundamental para entender como a energia elétrica se transforma em energia luminosa, dada pela Equação (7) (Halliday; Resnick, 2009).

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = eV_0 \quad (7)$$

Em que  $V_0$  é a tensão mínima citada acima.

Existem diversos benefícios sobre o uso de LEDs em circuitos elétricos, de acordo com Scopacasa (2008), sendo estes: maior vida útil, custos de manutenção reduzidos, eficiência, baixa voltagem de operação, resistência a impactos e vibrações, controle dinâmico da cor,

acionamento instantâneo, controle de intensidade variável, cores vivas e saturadas sem filtros, luz direta, ecologicamente correto, ausência de ultravioleta infravermelho. Os LEDs são altamente eficientes para geração de luz, devido a sua baixa produção de calor e longa vida útil. Além disso, operam com baixas tensões, geralmente entre 1,7 V e 4,5 V, dependendo do tipo do material específico de fabricação.

### 2.1.6 Plataforma Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica que opera tanto com hardware livre quanto com software de código aberto. A placa Arduino pode ser adquirida já montada ou pode obter seus componentes separadamente e montá-los de acordo com as necessidades do projeto. Também pode ser denominado como uma interface eletrônica com um microcontrolador programável de oito bits da série *AVR ATMega* da Atmel, com portas de entrada e saída, além de portas digitais e analógicas (Rodrigues; Cunha, 2014; Fernandes, 2020).

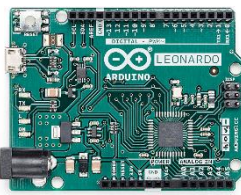
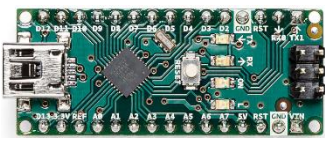
De acordo com Warren, Adams e Molle (2019, p.9), o microcontrolador Arduino:

[...] é como um pequeno centro de comando que fica aguardando suas ordens. Com algumas linhas de código, você pode fazê-lo ligar ou desligar uma lâmpada, ler o valor de um sensor e exibi-lo na tela do computador ou mesmo usá-lo na construção de um circuito caseiro para consertar um eletrodoméstico (Warren; Adams; Molle, 2019, p. 9),

Por sua vez, a proposta principal da comunidade Arduino é criar um ambiente acessível em que qualquer pessoa que tenha interesse possa utilizar e contribuir com projetos de baixo custo inicialmente. Além de econômico, os criadores da plataforma desenvolveram uma linguagem de programação orientada a objeto baseada em C++, fácil de aprender e que simplifica a implementação de funções complexas em comandos simples, mais intuitivos, tornando ideal para iniciantes (Warren; Adams; Molle, 2019).

Existem vários tipos de Arduino para funções diversas, dentre elas, alguns exemplos estão apresentados no Quadro 1, com suas respectivas informações técnicas.

Quadro 1 - Tipos de Arduino e suas informações técnicas.

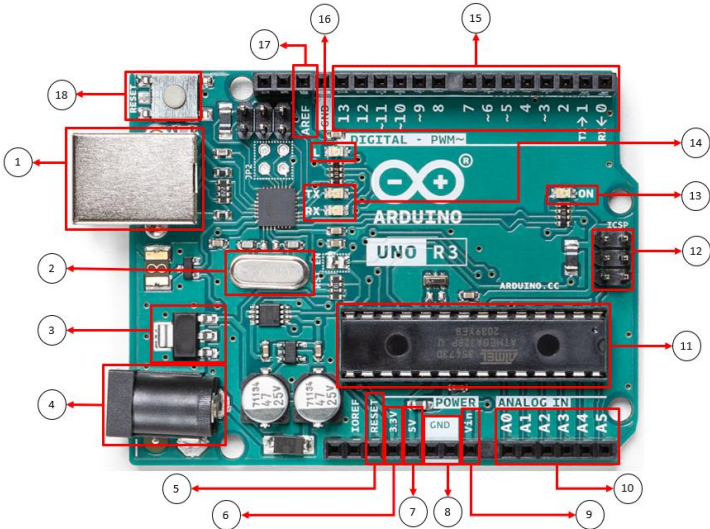
| Placa                   | Uno                                                                               | Leonardo                                                                           | Nano                                                                                |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Imagens: Arduino        |  |  |  |
| Microcontrolador        | ATmega328                                                                         | ATmega32u4                                                                         | ATmega328                                                                           |
| Tensão de funcionamento | 5V                                                                                | 5V                                                                                 | 5V                                                                                  |
| Tensão de entrada       | 7-12V                                                                             | 7-12V                                                                              | 7-12V                                                                               |
| E/S digitais            | 14                                                                                | 20                                                                                 | 22                                                                                  |
| Entradas analógicas     | 6                                                                                 | 12                                                                                 | 8                                                                                   |
| Memória flash           | 32KB                                                                              | 32KB                                                                               | 32KB                                                                                |
| Velocidade do relógio   | 16MHz                                                                             | 16MHz                                                                              | 16MHz                                                                               |

Fonte: Adaptado de Arduino.cc (2024).

O Quadro 1 expõe três ilustrações de uma ampla variedade de placas Arduino, cada uma projetada para funções específicas. Embora algumas delas possam parecer semelhantes fisicamente, cada modelo atende a projetos particulares. Neste trabalho, iremos focar no Arduino UNO, especialmente por conta da diversidade de projetos didáticos disponíveis na literatura, e pela utilização no produto educacional, tornando-o uma excelente escolha para atividades durante as aulas.

O nome Arduino vem de um bar em Ivrea, na Itália, onde alguns dos fundadores do projeto se reuniram. Enquanto, o termo UNO foi originado no idioma italiano e significa “um”. Esse nome foi escolhido para denominação devido ao lançamento da versão 1.0 do software Arduino. Anterior a essa versão, existiam outras, por exemplo, Serial, NG, Diecimila e Duemilanove. A Figura 12 apresenta em detalhes as partes de um Arduino UNO:

Figura 12 - Arduino Uno R3.



Fonte: Indicação dos componentes elaborado pela autora (2024).

O Quadro 2 exibe o que cada número indicado na Figura 12 significa.

Quadro 2 - Partes de um Arduino UNO.

| Numeração | Descrição                      | Função                                                                                                            |
|-----------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | Conector USB                   | Permite comunicação com um computador via cabo USB.                                                               |
| 2         | Oscilador de cristal de 16 MHz | Temporizador do sistema.                                                                                          |
| 3         | Regulador de voltage           | Estabiliza as tensões DC em toda a placa.                                                                         |
| 4         | Conector de alimentação        | Entrada de tensão (7V a 12V DC).                                                                                  |
| 5         | Pino de reset da placa         | Reinicia a placa com botão externo.                                                                               |
| 6         | Pino de 3,3V                   | Fornece 3,3V saída.                                                                                               |
| 7         | Pino de 5V                     | Fornece 5V de saída.                                                                                              |
| 8         | Pino GND (Ground)              | Pino terra e de retorno de corrente.                                                                              |
| 9         | Pino Vin                       | Entrada de tensão por fonte de energia externa AC.                                                                |
| 10        | Pinos analógicos de A0 a A5.   |                                                                                                                   |
| 11        | Microcontrolador da placa      | No Arduino Uno é ATmega328P.                                                                                      |
| 12        | Pino ICSP                      | Usado para transferir programas/firmwares e também para executar tarefas administrativas.                         |
| 13        | LED indicador                  | Indica que a placa está ligada corretamente.                                                                      |
| 14        | LEDs TX e RX                   | O LED TX pisca enquanto envia os dados seriais. O LED RX pisca durante o processo de recebimento.                 |
| 15        | Pinos digitais                 | A placa Arduino Uno possui 14 pinos de entrada e saída digitais.                                                  |
| 16        | LED built-in                   | Conectado geralmente ao pino digital 13.                                                                          |
| 17        | Pino AREF                      | Define uma tensão de referência externa (entre 0 e 5V) como o limite superior para os pinos de entrada analógica. |
| 18        | Botão de reset da placa        | Reinicia a placa.                                                                                                 |

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Segundo Nussey (2019), um microcontrolador representa um computador compacto contido em um único chip. Eles oferecem uma ótima solução para combinação de programação e controle de componentes eletrônicos, além de permitir os usuários vincularem entradas e saídas, conforme necessário.

#### 2.1.6.1 Microcontrolador

O chip utilizado no Arduino UNO é o *ATmega328P*, que também é denominado como circuito integrado (IC). Ele fica envolvido em um soquete com intuito de proteção e conexão dentro da placa, o soquete do microcontrolador conecta todas as pernas do chip a outros soquetes da placa. Esses soquetes são divididos em três partes: pinos digitais, pinos de entrada analógica e pinos de alimentação (Nussey, 2019).

O microcontrolador *ATmega328P*, segundo Fernandes (2020), pertence ao grupo *Entry Level* e é amplamente utilizado em projetos de desenvolvimento para iniciantes.

#### 2.1.6.2 Alimentação

A placa de Arduino pode ser alimentada tanto por meio de uma conexão USB quanto por meio de uma fonte de alimentação externa, que precisa ser entre 7V e 12V, pois caso seja inferior a 7V, sua operação pode ficar instável e isso não é interessante para um circuito elétrico, e se for acima de 12V, corre-se o risco de superaquecimento da placa (Bandeira, 2017).

Com o intuito de distribuir energia advinda da alimentação da placa para entradas e saídas, usamos os pinos de alimentação. O pino *Vin*, tem significado entrada de tensão, e pode ser usado para fornecer uma tensão igual a tensão dada pelo conector externo. Além disso, esse pino também pode ser utilizado para alimentar a placa Arduino de outras fontes (Nussey, 2019).

Ainda de acordo com Nussey (2019), os pinos GND (abreviação de *GROUND*, que em inglês significa terra), que são pinos terra, servem para fechar os circuitos. São três dele na placa, onde dois deles ficam lado a lado na parte inferior e o terceiro fica ao lado do pino 13, como mostrado na Figura 12. O botão de reset do Arduino funciona igual quando reiniciamos um computador, por exemplo, neste caso, Monk (2014, p. 21) ainda ressalta:

Da mesma forma que reinicializamos um computador PC, inicializamos o microcontrolador. Essa inicialização obriga o microcontrolador a começar a execução de seu programa desde o início. O pino Reset permite que você inicialize o microcontrolador aplicando momentaneamente uma tensão de nível lógico alto (+5V) a esse pino (Monk, 2014, p. 21).

### 2.1.6.3 Portas digitais

O Arduino UNO possui 14 pinos digitais, de 0 a 13, que podem desempenhar como entrada (luz em um sensor, um dedo em um botão) e saída (ativando um motor, ligando um LED) digital, sendo que cada um oferece cinco volts de tensão quando ligadas e zero volts, quando desligadas, em que cada um cede ou recebe uma corrente elétrica de 40 mA (Bandeira, 2017; Macêdo; Faria, 2021; Leite, 2018).

Os pinos 3, 5, 7, 9, 10 e 11 funcionam com a função PWM (*Pulse-Width-Modulation*), com tradução igual a modulação por largura de pulso e, é uma opção utilizada para ceder um nível de tensão de forma eficiente em algum ponto entre a fonte e o GND. Os pinos 0 e 1 têm a função de enviar dados ao computador através do TX e RX, para transmissão e recepção. Os pinos 2 e 3 têm a possibilidade de fazer interrupções externas (Bandeira, 2017; Rodrigues; Cunha, 2014; Warren; Adams; Molle, 2019).

### 2.1.6.4 Portas Analógicas

Enquanto as portas digitais funcionam com situações como sim ou não, ligado ou desligado, zero volts ou cinco volts, existem as portas analógicas, de A0 a A5, que podem analisar circuitos com tensões que podem estar entre zero volts ou cinco volts, por exemplo, dois volts, 3,4V, 4,6V, podendo enviar informações a um computador a todo momento, através de sensores e que também é possível acompanhar essas informações pelo serial monitor (Rodrigues; Cunha, 2014; Warren; Adams; Molle, 2019).

### 2.1.6.5 Arduino IDE

Para utilizar o Arduino e todas suas funcionalidades, é preciso inicialmente enviar códigos para ele. Para tanto, é necessário fazer o *download* da plataforma operacional Arduino IDE (Ambiente Integrado de Desenvolvimento), um software livre disponível para diferentes sistemas operacionais como, *Windows*, *Mac OS*, *Linux*, em sua página oficial (Guedes, 2018), destacamos que utilizamos a versão 1.8.19 do Arduino IDE, apresentada na Figura 13:

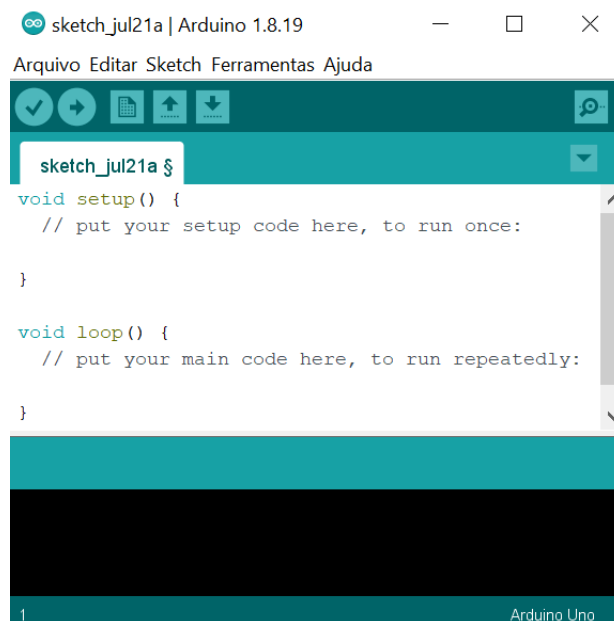
**Figura 13** - Página correspondente a instalação do Arduino IDE.



Fonte: Print screen do Arduino.cc (2024).

Escolhemos o sistema operacional e após instalação, é possível escrever um conjunto de instruções baseadas em código C, como falado anteriormente, e são chamados de *sketches* ou *script*, que tem como tradução esboço ou rascunho. Na Figura 14 é apresentada a primeira página do Arduino IDE depois de instalado.

**Figura 14** - Página inicial do Arduino IDE após instalação no computador.

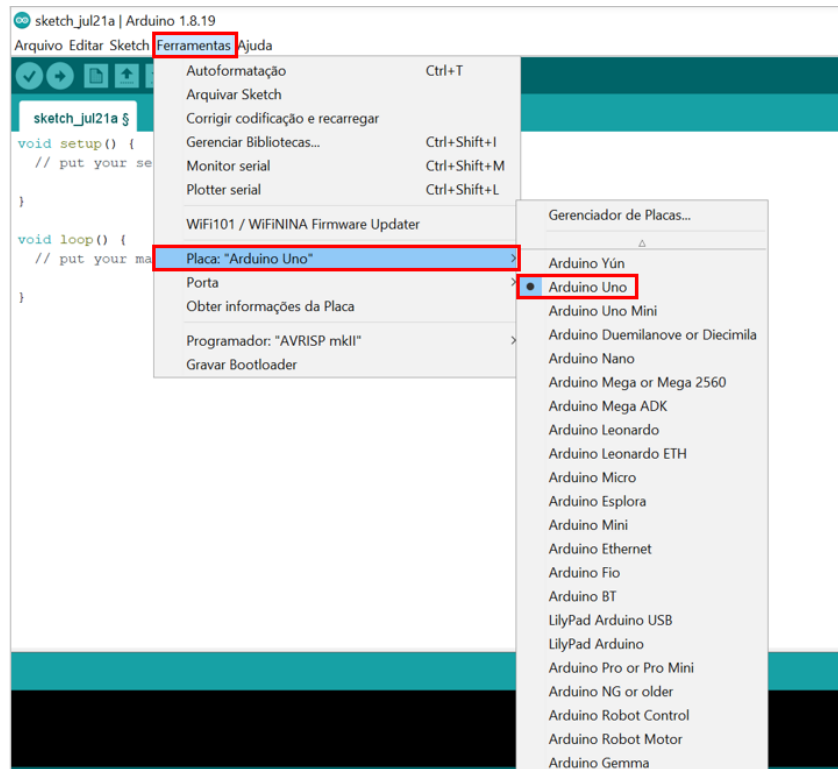


Fonte: Print screen do Arduino IDE (2024).

Assim que o programa ficar pronto, de acordo com os códigos organizados da forma correta, é necessário ir ao menu + ferramentas + selecionar a placa utilizada; depois menu + ferramentas + selecionar a porta USB conectada no computador e, por fim, menu + rascunho +

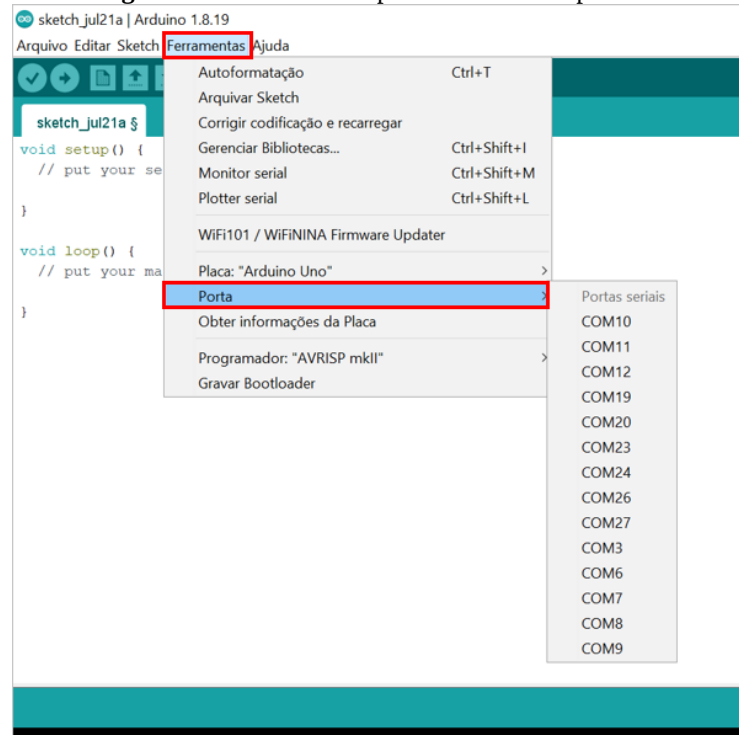
fazer o *upload* direto para a placa através de um cabo USB (Bandeira, 2017), a sequência demonstrada na Figura 15:

**Figura 15** - Escolhendo a placa no Arduino IDE.



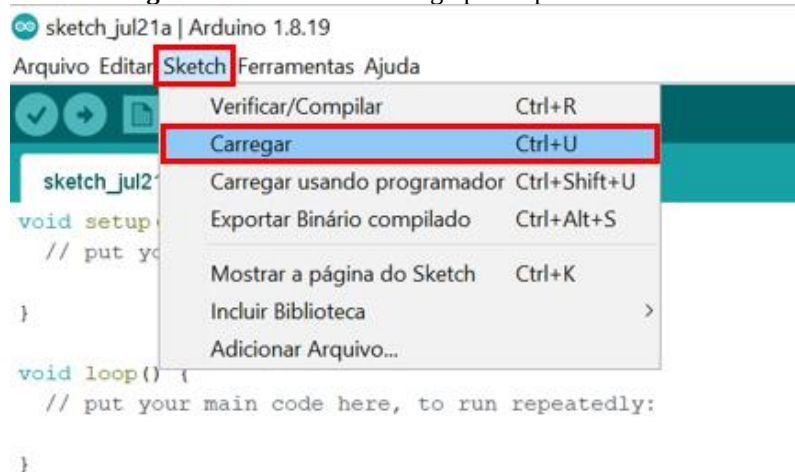
**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

Em seguida, precisamos selecionar a porta USB detectada pelo computador, como mostra a Figura 16 a seguir.

**Figura 16** - Detectando a porta USB no computador.

Fonte: Print screen do Arduino IDE (2024).

E para completar o processo de conexão entre a placa e o computador, é necessário enviar o código digitado como programador, assim como a Figura 17 encaminha.

**Figura 17** - Enviando o código para a placa Arduino.

Fonte: Print screen do Arduino IDE (2024).

#### 2.1.6.6 Linguagem de programação do IDE

A linguagem de programação compreendida pelo Arduino é na forma de códigos na língua inglesa, e que precisa seguir uma série de regras para que seja compilado de forma correta

pela placa. A linguagem do tipo C++ é propícia para uso, pois é utilizada há bastante tempo e versátil (Nussey, 2019). Além disso, na internet existem muitas obras que ensinam o passo a passo como construir os programas para o Arduino.

Costuma-se chamar de “função”, um código que vai executar uma determinada tarefa que se deseja e, na maioria das vezes, que essa tarefa se repita em algum momento depois. Ao invés de escrever esse código mais de uma vez, usa-se uma função que faça isso com apenas um código (Nussey, 2019). A função também pode ser um conjunto de comandos que ficam agrupados em um bloco de indentação, e esse bloco deve iniciar com o símbolo de { e finalizar com }. Dessa forma, programa entende que tudo que está entre esses dois símbolos faz parte da função escrita.

O sketch é o programa do Arduino formado por linhas de códigos. Inicialmente encontramos duas seções, como mostra Figura 14, que são: *void setup* e *void loop*. Esses dois termos devem ser utilizados em todos os sketches, pois são pré-requisitos para se fazer upload do programa que se deseja que o Arduino execute. Sem eles, o *sketch* não será compilado (Nussey, 2019).

Em ANSI C, deve-se usar *void* para especificar explicitamente a falta de argumentos da função. Em C++, o uso do *void* é conveniente, mas não é necessário. A função recebe argumento algum e não retorna valor algum.

De acordo com Fernandes (2020), o *void setup()*, ou a função *setup()* é a primeira seção do *sketch* a ser executada e, será sempre apenas uma vez, não será mais repetida. Com a tradução da palavra, essa seção está relacionada a configuração inicial do programa, que possibilita definimos os modos dos pinos, as taxas de transmissão serial, assim como atribui valores e propriedades a placa (Nussey, 2019). Quando colocamos as palavras *void setup()*, percebemos que a coloração das palavras se modifica, pois trata-se de uma palavra reservada da biblioteca do Arduino, indicando que o Arduino IDE reconhece o código, como mostra a Figura 18.

**Figura 18** - Cores das palavras `void setup()` no Arduino IDE.



**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

Nussey (2019) traz a ideia de *loop* como uma função que é executada indefinidamente até o momento que a placa não esteja mais alimentada ou que o botão *reset* seja pressionado. Assim que digitamos `void loop()` no Arduino IDE, ele também modifica a cor das letras por também ser uma palavra reservada da biblioteca do Arduino, afirmando que reconhece com uma função, como mostra a Figura 19.

**Figura 19** - Cores das palavras `void loop()` no Arduino IDE.

```
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

Quando queremos deixar um pequeno comentário entre um comando e outro, a fim de manter a organização do programa, devemos digitar “//” antes das palavras, podendo ser parte de uma linha ou uma linha inteira, a exemplo a Figura 20. A linguagem também pode ser qualquer uma, pois com as duas barras, o Arduino não consegue interpretar o que vem após.

**Figura 20** - Comentário de até uma linha.

```
1
2 // A função de configuração é executada uma vez quando você pressiona Reset ou liga a placa
3
```

**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

Caso o comentário seja mais extenso, mais de uma linha, iniciamos com o símbolo `/*` e finalizamos com `*/`, os dois exemplos mostrados na Figura 21 abaixo:

**Figura 21** - Comentário extenso.

```

1  /*
2
3
4  Acende um LED por um segundo e, em seguida, desliga por um segundo, repetidamente.
5
6  A maioria dos Arduinos tem um LED integrado que você pode controlar. Sobre a ONU, MEGA e ZERO
7  Ele é anexado ao pino digital 13, no MKR1000 no pino 6. LED_BUILTIN está definido como
8  o pino LED correto, independentemente de qual placa é usada.
9  Se você quiser saber a qual pino o LED on-board está conectado no seu Arduino
10 modelo, confira as Especificações Técnicas da sua placa em:
11 https://www.arduino.cc/en/Main/Products
12
13
14 */

```

**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

Temos também a função *pinMode* que configura o pino que se utiliza na placa Arduino para enviar um comando de entrada, chamado de *INPUT*, ou de saída, *OUTPUT*. Por exemplo, caso o interesse seja ligar um LED no pino número 13, é preciso avisar a placa da forma correta. Antes disso, é necessário indicar ao Arduino uma variável, que para este caso, é afirmar em qual pino será encontrado o LED, indicada pelo comando *int*. Outra observação importante, é que a cada comando nas linhas, depois da variável *int* e do *pinMode*, é obrigatório o uso do ponto-vírgula, informando a placa que essa linha terminou após a pontuação, poderá vir mais outra informação, como mostra a Figura 22.

**Figura 22** - Função *pinMode* no Arduino IDE.

```

sketch_jul21a | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

[Icons: Checkmark, Arrow, File, Upload, Download]

sketch_jul21a $
int LED=13; // o valor inteiro do LED é igual a 13.
void setup() { // Definições das portas do Arduino.
  pinMode(LED, OUTPUT); // Define o LED(13) como uma porta de saída.
}

```

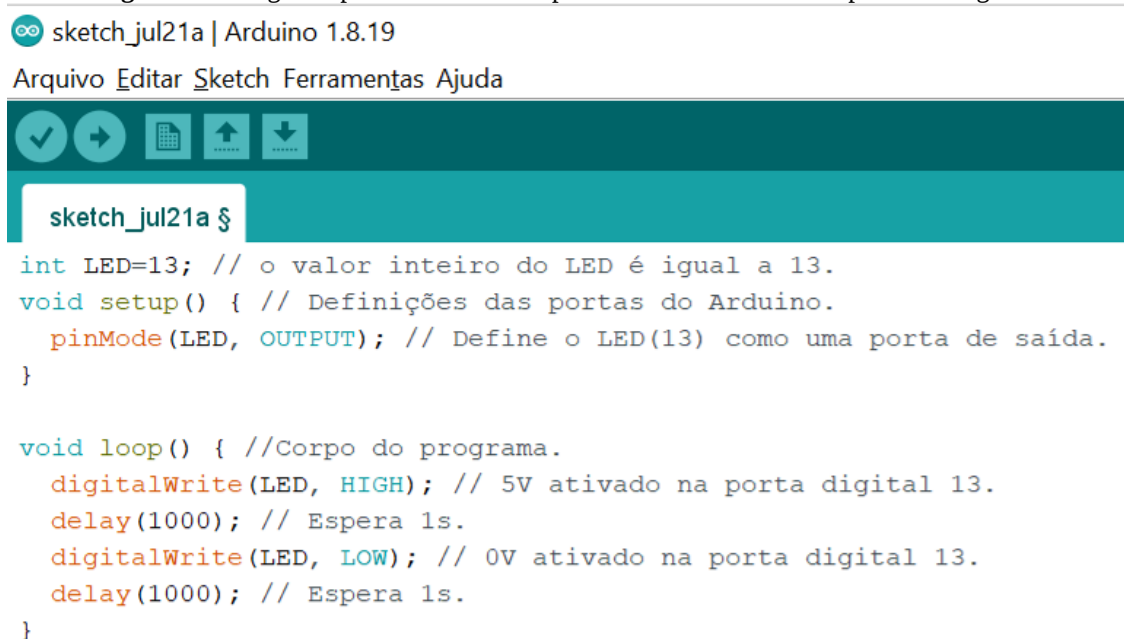
**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

De acordo com Nussey (2019), ainda na função *loop*, utilizamos o *digitalWrite* que envia um valor digital para o pino escolhido, que no exemplo citado, é o 13. Se por acaso o objetivo do programa seja fazer um LED ficar piscando com intervalos de tempo de um segundo, precisamos acionar o comando do tempo, que chamamos de *delay*. Para isso, é

necessário saber que o Arduino lê o tempo em milissegundos, ou seja, como o intervalo de tempo seja um segundo aceso e um segundo apagado, usamos o número 1000 para o *delay*.

Para acender o LED, o comando dado é *HIGH* e para apagar, *LOW*, traduzindo para o português como alto e baixo, respectivamente. Quando o LED se encontra no modo *HIGH*, está sendo enviado, aproximadamente, 5V de tensão, no modo *LOW*, aproximadamente, 0V. Assim, a sequência ficará: variável declarada no pino 13; configuração de um LED como saída de informação; e um *loop* fazendo o LED acender um segundo e apagar um segundo, como demonstrado na Figura 23.

**Figura 23** - Programa para fazer um LED piscar com intervalo de tempo de um segundo.



```

sketch_jul21a | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

int LED=13; // o valor inteiro do LED é igual a 13.
void setup() { // Definições das portas do Arduino.
  pinMode(LED, OUTPUT); // Define o LED(13) como uma porta de saída.
}

void loop() { //Corpo do programa.
  digitalWrite(LED, HIGH); // 5V ativado na porta digital 13.
  delay(1000); // Espera 1s.
  digitalWrite(LED, LOW); // 0V ativado na porta digital 13.
  delay(1000); // Espera 1s.
}

```

**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

De acordo com Schaidler *et al.* (2018), o *digitalRead* é uma função que lê o pino digital utilizado, que é representado por *HIGH* ou *LOW*, e se por acaso o valor da carga do pino possua uma diferença de potencial maior que 3V, a função retorna a *HIGH*; caso a leitura seja menor de 2V, a função retorna a *LOW*, como demonstra a programação da Figura 24, em que utilizamos a variável estado que irá receber a leitura digital do pino escolhido, o 7 por exemplo, que dependendo da resposta, irá realizar o código seguinte:

**Figura 24** - Exemplo da função *digitalRead*.



**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

O *if* serve para indicar se a condição colocada é verdadeira ou não, a condição deve estar entre parênteses e só pode ter dois resultados possíveis, que são: *true* (verdadeiro) ou *false* (falso) (Fernandes, 2020). Para Guedes (2018) o comando *if* examina uma expressão lógica e só executa o comando a seguir se o resultado se apresentar verdadeiro. Também podemos utilizar o comando *if else* que é para permitir muitas verificações de forma agrupada, que podem ser executados todos ao mesmo tempo.

Um exemplo de comando de entrada, *INPUT*, é com a utilização de um botão de pressão, chamado também de *push button*. A Figura 25 demonstra um exemplo em que utilizamos uma função *digitalRead()* que pode ligar ou desligar um LED, conforme um botão de pressão é acionado ou não:

**Figura 25** - Exemplo de uma função *digitalRead()*.

**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

A placa Arduino Uno utiliza dois pinos seriais, que são o pino RX, localizado no pino zero e é responsável pela recepção de dados externos e, TX, localizado no pino um e é responsável pela transmissão de dados. É importante destacar que ao fazer um upload de algum programa para a placa, nenhum outro dispositivo deve estar conectado nos pinos zero e um, pois podem ocorrer interferências e causar falhas (Fernandes, 2020).

Uma das funções mais utilizadas no Arduino é a *serial.begin()*, pois assim, conseguimos configurar a taxa de comunicação em bits por segundo (parâmetro *speed*), chamado para transmissão serial (Souza, 2014). De acordo com Guedes (2018), a velocidade padrão do Arduino UNO é igual a 9600. Temos a função *serial.write()* que escreve um *byte* ou séries de *bytes* na porta serial, ele imprime um valor recebido para algum dispositivo que você queira, computador, celular, etc.

A programação que utilizamos no produto educacional está disponível abaixo, com seus respectivos comentários, suas variáveis e funções.

/\*

Programa de Conexão Bluetooth com Arduino e App Android desenvolvido na plataforma APP inventor

Pode ser expandido para mais troca dados entre celular e Arduino

Componentes:

- Arduino UNO ou Mega;

- Módulo Bluetooth HC-05;
- Resistores de 220 e 330 Ohms ou 1k Ohms e 2,2k Ohms para converter 5V de saída do Arduino para 3.3V (Divisor de tensão);
- Botão 8 fica normalmente aberto no estado ZERO, quando pressionada vai para estado UM;
- Led simples e resistor de 220 a 1k Ohms para o Led.

Versão 1.1 - Versão inicial que recebe e envia dados - 25/Mai/2023

----- Criado por Jairo Rocha para MNPEF\_BlueLab 1.2 -----

\*/

// Biblioteca para Serial

#include <SoftwareSerial.h>

// Define Pinos

#define ledPin 12

#define botao 8

// Cria variáveis

int state = 2; //state = 0

int flagOFF = 0;

int flagON = 0;

float volt = 0.00;

void setup() {

  // Configura Pinos

  pinMode(ledPin, OUTPUT);

  //pinMode(buttonPin, INPUT\_PULLUP);

  pinMode(botao, INPUT\_PULLUP);

  // Pisca LED na inicialização

  digitalWrite(ledPin, LOW);

```

delay(500);
digitalWrite(ledPin, HIGH);
delay(500);
digitalWrite(ledPin, LOW);
delay(500);
digitalWrite(ledPin, HIGH);
delay(500);
digitalWrite(ledPin, LOW);

// Inicia Serial
Serial.begin(9600); // Serial para Bluetooth
}

void loop() {

    // Checa se botão foi pressionado
    if (digitalRead(botao) == LOW) {
        if (flagON == 0) {
            volt = (analogRead(A0)*5.0)/1023.0;
            Serial.write("V = ");
            Serial.print(volt);
            Serial.write(" volts");
            flagON = 1;          // Altera estado da flag para evitar de ficar escrevendo repetidamente
na serial BT
            flagOFF = 0;
        }

    }

    else if (flagOFF == 0) { // Botão não foi pressionado
        //Serial.write(" V");
        delay(500);
        flagOFF = 1;          // Altera estado da flag para evitar de ficar escrevendo repetidamente na
serial BT
        flagON = 0;
    }
}

```

```

}

// Se serial está com dados disponíveis, faz leitura
if (Serial.available() > 0) {
    state = Serial.read();    // guarda leitura
}

// Se serial está com dados disponíveis, faz leitura. COLOCADO POR MIM.
if (Serial.available() > 0) {
    state = Serial.read();    // guarda leitura
}

// Checa dado recebido
if (state == '1') {          // Se dado foi 1, acende LED
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // acende LED
    state = 2;                // reseta variável de leitura, state = 0
} else if (state == '2') {   // Se dado foi 2, apaga LED
    digitalWrite(ledPin, LOW); // apaga LED
    state = 2;                // reseta variável de leitura, state 0
}

}

```

### 2.1.7 Componentes Eletrônicos

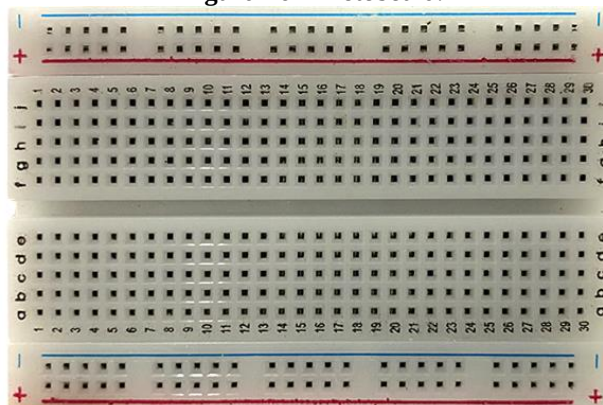
Cada componente utilizado no produto educacional tem uma função muito bem definida, que serão listados nesta seção, dialogando sempre com a ligação na placa do Arduino UNO.

#### 2.1.7.1 *Protoboard*

Uma *protoboard* possibilita a montagem temporária de circuitos eletrônicos, permitindo que os componentes sejam reutilizados, sendo composta por uma grade de contatos conectados

entre si, por meio dos quais os componentes são interligados. A *protoboard* tem a função de facilitar a conexão entre componentes eletrônicos externos, favorecendo a montagem de um circuito elétrico (Libardoni, 2018; Oliveira; Zanetti, 2017). A Figura 26 mostra uma *protoboard*.

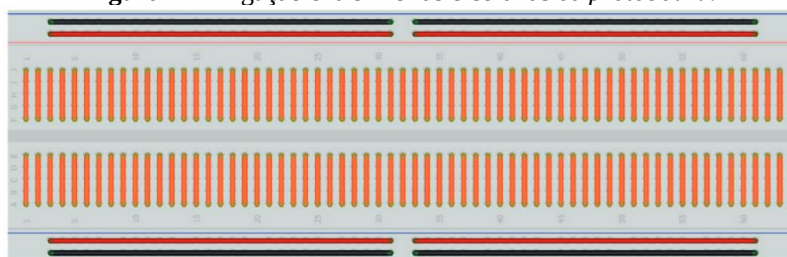
**Figura 26 – Protoboard.**



**Fonte:** Registro da foto pela autora (2024).

Pode-se notar que a *protoboard* apresenta fileiras e colunas de furos nos quais os terminais dos componentes são inseridos. No entanto, é essencial observar como essas fileiras e colunas estão interconectadas, ou seja, ligadas entre si (Silva; Silva, 2020). A Figura 27 demonstra como são conectadas suas fileiras e colunas.

**Figura 27 - Ligação entre fileiras e colunas da *protoboard*.**

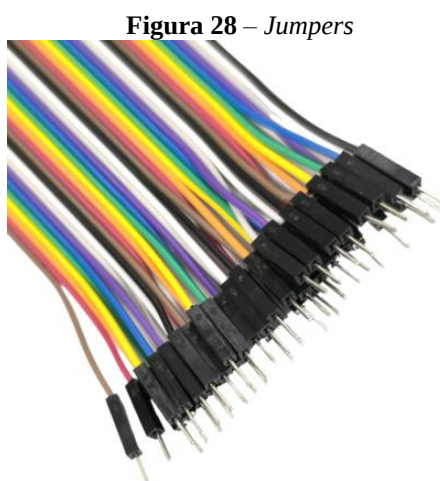


**Fonte:** Libardoni (2018, p. 261).

Os furos são interligados por faixas de metal condutor que residem dentro da placa. As perfurações nas duas linhas de faixas, paralelas ao topo e à base, estão eletricamente conectadas apenas às perfurações dentro da mesma linha, com indicação de negativo (a linha em preto) e positivo (a linha em vermelho). Essas faixas são projetadas para transportar a energia e o aterramento. As faixas no centro ligadas em vertical, deixando um espaço vazio no meio. Isso permite que os circuitos integrados sejam inseridos, garantindo que cada pino do chip seja conectado a um conjunto diferente de furos (Fernandes, 2020).

### 2.1.7.2 Jumpers

As cavidades da *protoboard* facilita ainda mais as conexões com o Arduino e quem ajuda nesse processo são os *jumpers*, mostrados na Figura 28. Estes cabos flexíveis possuem pontas rígidas em suas extremidades, projetadas para serem facilmente inseridas nos furos do *protoboard*, o que simplifica a conexão entre os componentes e a fonte de alimentação (Silva; Silva, 2020).



**Fonte:** Registro da foto pela autora (2024).

### 2.1.7.3 Resistores

Cada dispositivo eletrônico apresenta uma voltagem expressa em volts e uma corrente máxima, medida em Amperes, indicada em suas especificações técnicas. Esses dados são cruciais para selecionar adequadamente o resistor e a fonte de energia a serem empregados no circuito (Schaidler *et al.*, 2018). Um exemplo simples é como podemos ligar um LED, conforme apresentado:

Um resistor é um dispositivo projetado para provocar resistência a uma corrente elétrica e quando conectado em série a um dispositivo, tem-se como resultado uma queda da corrente que atravessa a ambos e também a diminuição da tensão nos terminais do dispositivo. Assim, para limitar a corrente que atravessa o LED e evitar a sua queima, é necessário reduzir os 5 V do pino digital do Arduino para os 3 V requeridos pelo LED. Logo, o terminal curto do LED (cátodo) deve ser conectado ao terra (GND), o terminal longo (ânodo) deve ser ligado em série com um resistor e este deve ser conectado a um dos pinos digitais (Fernandes, 2020. p. 67).

Esses componentes têm dois terminais para conexão e são considerados não polarizados, o que significa que podem ser inseridos em qualquer direção no circuito elétrico, sem a necessidade de distinguir entre polos negativos ou positivos (Oliveira; Zanetti, 2017). Na Figura 29 temos um resistor de quatro faixas coloridas.

**Figura 29 - Resistor**



**Fonte:** Registro da foto pela autora (2024).

Cada cor de faixa significa algo que está sendo explicado na Figura 30, diz respeito a uma tabela de cores ou simplesmente código de cores que fornecem as resistências elétricas dos resistores.

**Figura 30 - Código de cores para resistência de resistores.**

| Cor      | 1ª faixa | 2ª faixa | 3ª faixa | Multiplicador    | Tolerância   |
|----------|----------|----------|----------|------------------|--------------|
| Preto    | 0        | 0        | 0        | $\times 10^0$    |              |
| Marrom   | 1        | 1        | 1        | $\times 10^1$    | $\pm 1\%$    |
| Vermelho | 2        | 2        | 2        | $\times 10^2$    | $\pm 2\%$    |
| Laranja  | 3        | 3        | 3        | $\times 10^3$    |              |
| Amarelo  | 4        | 4        | 4        | $\times 10^4$    |              |
| Verde    | 5        | 5        | 5        | $\times 10^5$    | $\pm 0,5\%$  |
| Azul     | 6        | 6        | 6        | $\times 10^6$    | $\pm 0,25\%$ |
| Violeta  | 7        | 7        | 7        | $\times 10^7$    | $\pm 0,1\%$  |
| Cinza    | 8        | 8        | 8        | $\times 10^8$    | $\pm 0,05\%$ |
| Branco   | 9        | 9        | 9        | $\times 10^9$    |              |
| Dourado  |          |          |          | $\times 10^{-1}$ | $\pm 5\%$    |
| Prata    |          |          |          | $\times 10^{-2}$ | $\pm 10\%$   |

**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

Na Figura 29, conforme comentado anteriormente, é apresentado um resistor de quatro faixas. A primeira faixa é a marrom, equivalente ao número um; a segunda faixa é preta, número zero, dessa forma temos o 10. A terceira faixa é laranja, o multiplicador  $10^3$ ; e a quarta faixa é sua tolerância de cor dourado, 5 %. Assim, temos  $1K\Omega$  com uma tolerância de  $\pm 5\%$ .

Na Figura 31, é apresentado um resistor de cinco faixas. A primeira faixa é a marrom, equivalente ao número um; a segunda faixa é marrom, número um; a terceira faixa é preta, número zero, dessa forma temos o número duzentos e vinte (110). A 4ª faixa a cor preta, o multiplicador  $10^0$ ; a quinta faixa é sua tolerância de cor marrom, 1 %. Assim, temos  $110\Omega$  com uma tolerância de  $\pm 1\%$ .

**Figura 31** - Resistor de cinco faixas.



**Fonte:** Registro da foto pela autora (2024).

Para Libardoni (2018), os resistores possuem três funções principais em um circuito:

- i. Limitar a passagem da corrente elétrica em um circuito;
- ii. Tem um valor de resistência fixo, ou seja, mantém sempre a mesma resistência a corrente, não tem polaridade;
- iii. O cálculo da resistência ideal é dado pela primeira Lei de Ohm, demonstrada na Equação (8).

$$V = I \times R \quad (8)$$

Em que:

$V$  = tensão aplicada, em Volts;

$I$  = corrente elétrica fornecida, em Amperes;

$R$  = resistência do resistor, em Ohms.

#### 2.1.7.4 Potenciômetro

É um tipo de componente que consegue variar a resistência do circuito, ou seja, a resistência de circulação do circuito vai depender da manipulação do potenciômetro, a posição de sua chave (Libardoni, 2018). Os potenciômetros não servem apenas para fazer oposição a corrente elétrica, mas essa variação precisa ser detectada pelo circuito e esse circuito precisa ser programado com base nela (Schneider *et al.*, 2018). A Figura 32 apresenta um potenciômetro que utilizamos no produto educacional.

**Figura 32 - Potenciômetro**

**Fonte:** Registro da foto pela autora (2024).

O potenciômetro apresenta três conexões, sendo que a resistência variável é estabelecida entre o terminal central e um dos terminais externos. Ao medir a resistência entre os terminais externos, obtemos um valor fixo de resistência (Alves *et al.*, 2012).

#### 2.1.7.5 Botão

O botão é um componente eletrônico que controla a passagem da corrente elétrica, que quando pressionado, flui essa corrente pelo circuito. Sua utilização é específica para a interação com o usuário, pois precisa ser acionado manualmente. Sua função é servir como um "disparador" que ativa uma parte do código previamente programado. A Figura 33 demonstra o exemplo de botão que utilizamos em nosso produto educacional.

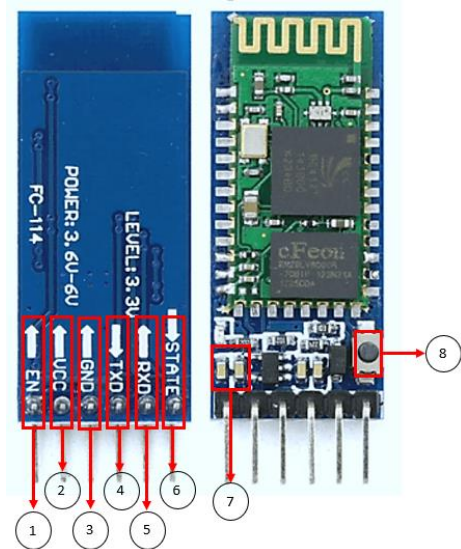
**Figura 33 - Botão**

**Fonte:** Registro da foto pela autora (2024).

#### 2.1.7.6 Módulo *Bluetooth* HC-05

As placas de Arduino UNO não possuem em sua estrutura uma conexão *bluetooth*, porém é possível utilizar um componente eletrônico, conhecido como HC-05, que faz esse papel de fornecer uma interface serial para que a placa consiga enviar e receber dados, via *bluetooth* (Almeida, 2017) e está exibido na Figura 34:

Figura 34 - Módulo *bluetooth* HC-05.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

O Quadro 3 demonstra a representação do que cada numeração da parte de trás do módulo tem como função:

Quadro 3 - Função das partes do módulo HC-05.

| Numeração | Sigla | Função                                                          |
|-----------|-------|-----------------------------------------------------------------|
| 1         | EN    | Habilita comando AT em nível alto                               |
| 2         | VCC   | Alimentação do módulo (+)                                       |
| 3         | GND   | Aterramento do módulo (-)                                       |
| 4         | TXD   | Transmite dados seriais                                         |
| 5         | RXD   | Recebe dados seriais                                            |
| 6         | STATE | Auxiliar para LED indicador                                     |
| 7         | LED   | Indicador de status do modulo, está conectada com o pino State. |
| 8         | BOTÃO | Alterna o modulo entre modo de dados e modo de comandos AT.     |

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

O dispositivo *bluetooth* HC-05 é desenvolvido para estabelecer conexões sem fio por meio de configurações de comunicação serial, permitindo sua integração com microcontroladores, como o Arduino, e simplificando a transmissão de dados entre dispositivos em um raio de até 10 metros (Viana, 2023). Sua tensão pode ser regulada, e por isso, o dispositivo pode ser classificado como escravo e mestre, onde a tensão de operação fica entre 3,3V e 5V. Outras especificações do módulo são (Almeida, 2017):

- *Bluetooth* 2.0;
- Taxa de transmissão: 2Mbps;

- Frequência: 2,4 GHz;
- Nível de sinal lógico: 3,3V;
- Temperatura de operação: -40°C ~ 105°C
- Senha padrão (PIN): 1234

A tensão de alimentação VCC varia de 3,6 a 6V, enquanto GND serve como a referência que deve ser compatível com a do Arduino. O pino *State* indica o status de pareamento do módulo, enquanto o pino EN (*enable*) é usado para ativar os comandos AT do módulo (Silva, 2022).

O Arduino se conecta a dispositivos externos, como laptops, smartphones e computadores, através de comunicação serial, utilizando os pinos TX e RX. O pino 5, do RX, deve ser mantido num nível de tensão 3,3V que pode ser obtido por um divisor de tensão ou por um regulador de 3,3V. Essa comunicação é frequentemente referida como *Full Duplex*, permitindo a transmissão e recebimento simultâneos de dados através de dois fios distintos: um para transmitir (TX) e outro para receber (RX) (Araújo *et al.*, 2012).

### 2.1.8 MIT App Inventor

Com o intuito de criar uma conexão via *bluetooth* entre o experimento montado em sala e um celular, criamos um aplicativo *Mobile*. Diante dessa necessidade, o *MIT App Inventor* (Inventor de Aplicativos do Instituto de Tecnologia de Massachusetts) demonstrou ser uma ferramenta que pode cumprir com o que nosso produto educacional necessita, de forma prática e simplificada.

O *MIT App Inventor* foi criado pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts, e é uma plataforma de programação visual intuitiva que permite a qualquer pessoa, inclusive crianças, criar aplicativos totalmente funcionais para telefones *Android*, *iPhones* e tablets *Android/iOS*. O site foi desenvolvido para que os usuários possam criar os aplicativos a partir de blocos, facilitando a construção de programas mais complexos e diminuindo o tempo gasto, comparando com outros ambientes de programação (*MIT App Inventor*, 2024).

Outro fator relevante é a eficácia do site no desenvolvimento de aplicativos móveis para o sistema operacional *Android*, pois na aplicação do produto educacional, aparelhos celulares de sistema *Android* predominam com os alunos, facilitando o trabalho em sala de aula. Além disso, o site oferece uma maneira significativa de aprender conceitos fundamentais de programação, abordando esses conceitos de forma intuitiva e motivadora (Finizola *et al.*, 2014).

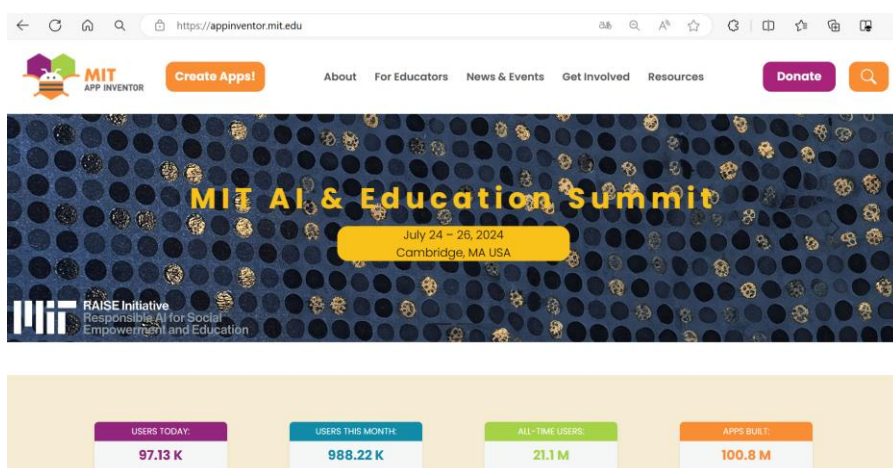
Segundo Castro *et al.* (2017), utilizando o *MIT App Inventor*, existe a possibilidade de não precisar escrever uma sequência de códigos manualmente, em forma de linha, e sim, construir a programação, de maneira simples e intuitiva através do recurso de arrastar e soltar blocos. Essa plataforma oferece uma ampla gama de recursos gráficos, incluindo botões, texto e imagens, além de funcionalidades de hardware de dispositivos móveis, como câmera, GPS e *bluetooth* etc.

Para programar utilizando o *MIT App Inventor* são necessários dois recursos principais: o *App Inventor Designer* e o *Blocks Editor*.

O *App Inventor Designer* é uma janela executada no browser, onde se constrói a interface com o usuário da aplicação, determinando quais componentes (imagens, animações, botões, sons) serão escolhidos para essa aplicação. O *Blocks Editor* é onde é realizada a etapa de programação propriamente dita, a qual é representada pela união de pedaços de instruções, no estilo de peças de quebra-cabeças. Cada componente do *Designer* tem um conjunto de instruções inerentes dentro do *Blocks Editor*. As instruções do *Blocks Editor* apresentam procedimentos e estruturas (laços de repetição, listas, estruturas condicionais, funções, operadores matemáticos e lógicos), instruções e eventos de interações com o celular (vibração, som, acelerômetro) dos componentes que estão sendo utilizados no *Designer*. Dessa forma, o *App Inventor* utiliza programação guiada a eventos, onde as interações com o dispositivo se refletem em respostas no aplicativo e vice-versa. (Finizola *et al.*, 2014, p. 2).

Na parte superior da página inicial da *MIT App Inventor*, encontra-se informações sobre o próprio site, notícias e eventos que envolvem assuntos relacionado a tecnologia e inovação, recursos e uma parte elencada para educadores, com tutoriais, dicas e indicação de livros como apontado na Figura 35.

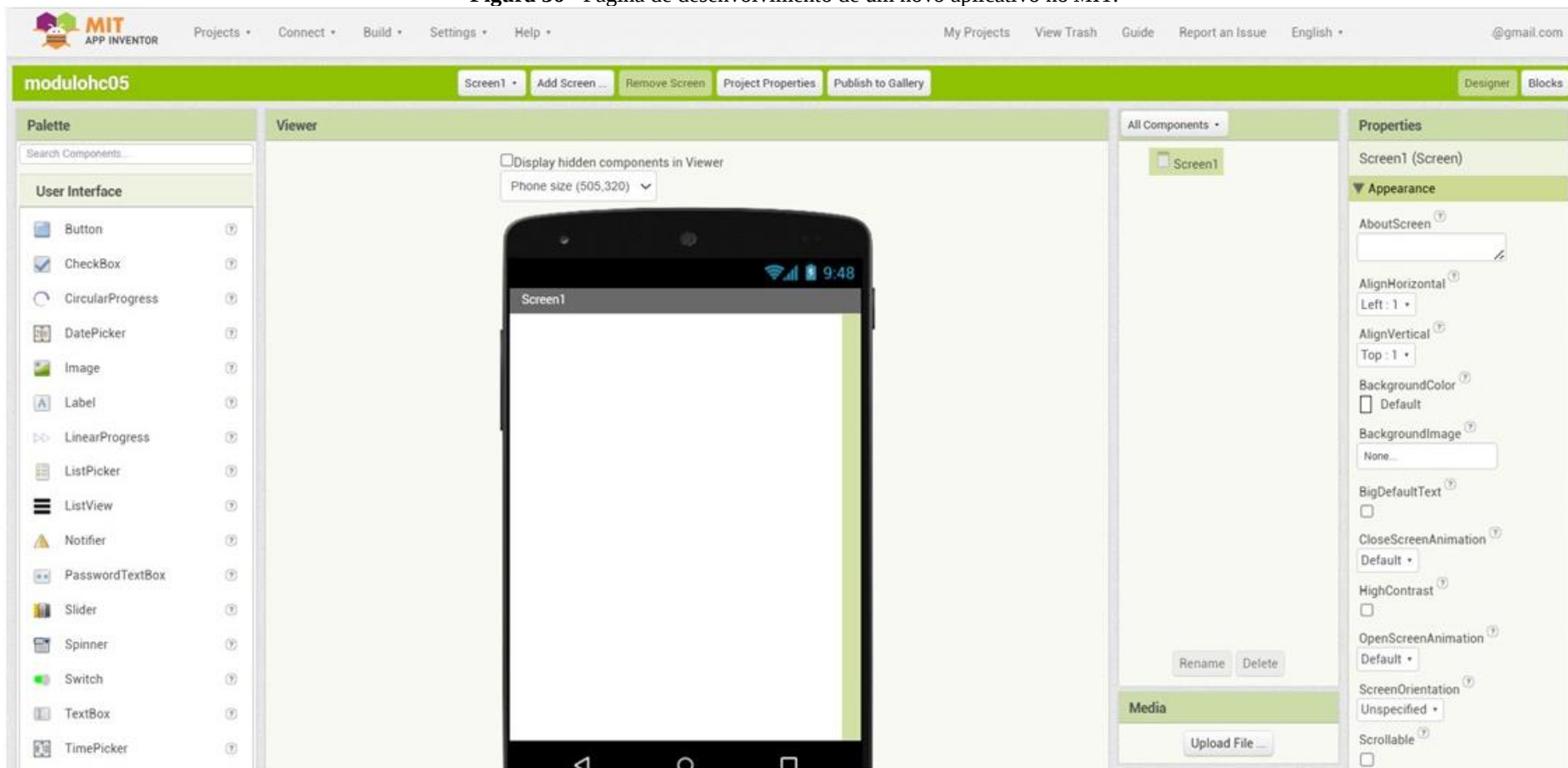
**Figura 35 - Página inicial do MIT App Inventor.**



**Fonte:** Print screen do MIT App Inventor (2024).

Para abrir um novo programa, devemos clicar no botão de cor laranja localizado na parte de cima à esquerda, intitulado como "*Create Apps!*". Ao clicar neste botão, o usuário será redirecionado onde será solicitado que faça *login* em sua conta do *Google* para acessar o *software*. Após fazer *login*, é necessário conceder permissão ao *MIT App Inventor* para acessar sua conta do *Google*. Após efetuar o *login*, é possível começar a desenvolver o aplicativo. Ao acessá-lo pela primeira vez, a tela exibida é a de criação de um novo projeto, mostrada na Figura 36.

**Figura 36** - Página de desenvolvimento de um novo aplicativo no MIT.



Fonte: Print screen do MIT App Inventor (2024).

No entanto, quando já possui projetos salvos, a tela inicial mostrará os "Meus Projetos", alternando automaticamente para o projeto mais recentemente modificado.

Na interface da mesma página da Figura 36 tem as funções:

- **Botão:** botão com capacidade de detectar cliques. Muitos aspectos de sua aparência podem ser alterados, bem como se está ativado ou não.
- **Caixa de seleção:** Caixa de seleção que gera um evento quando o usuário clica nele. Há muitas propriedades que afetam sua aparência e que podem ser definidas no *Designer* ou no Editor de blocos.
- **CircularProgress:** Um componente visível que indica o progresso de uma operação usando um *loop* animado.
- **Escolhe data:** Um botão que, quando clicado, inicia uma caixa de diálogo pop-up para permitir que o usuário selecione uma data.
- **Imagem:** Componente para exibição de imagem. Seu aspecto da aparência pode ser especificado no *Designer* ou no Editor de Blocos.
- **Legenda:** Um *Label* exibe uma parte do texto, que é especificada por meio da propriedade *Text*. Outras propriedades, todas as quais podem ser definidas no *Designer* ou no Editor de blocos, controlam a aparência e o posicionamento do texto.
- **LinearProgress:** Indica o progresso de uma operação usando uma barra linear animada.
- **Escolhe lista:** Um botão que, quando clicado, exibe uma lista de textos para o usuário escolher. Os textos podem ser especificados por meio do *Designer* ou do Editor de Blocos definindo a propriedade *ElementsFromString* para sua concatenação separada por cadeia de caracteres. Por exemplo: escolha 1, escolha 2, escolha 3, ou definindo a propriedade *Elements* como uma Lista no editor de Blocos.
- **Visualizador de lista:** Um componente visível que exibe uma lista de elementos de texto e imagem.
- **Notificador:** Exibe caixas de diálogo de alerta, mensagens e alertas temporários e cria entradas de log do *Android*.
- **Caixa de senha:** Local para inserir senhas. Isso é o mesmo que o componente caixa de texto comum, exceto que isso não exibe os caracteres digitados pelo usuário.
- **Deslizador:** Um controle deslizante é uma barra de progresso que adiciona um polegar arrastável. Pode tocar o polegar e arrastar para a esquerda ou para a direita para definir a posição do polegar deslizante.

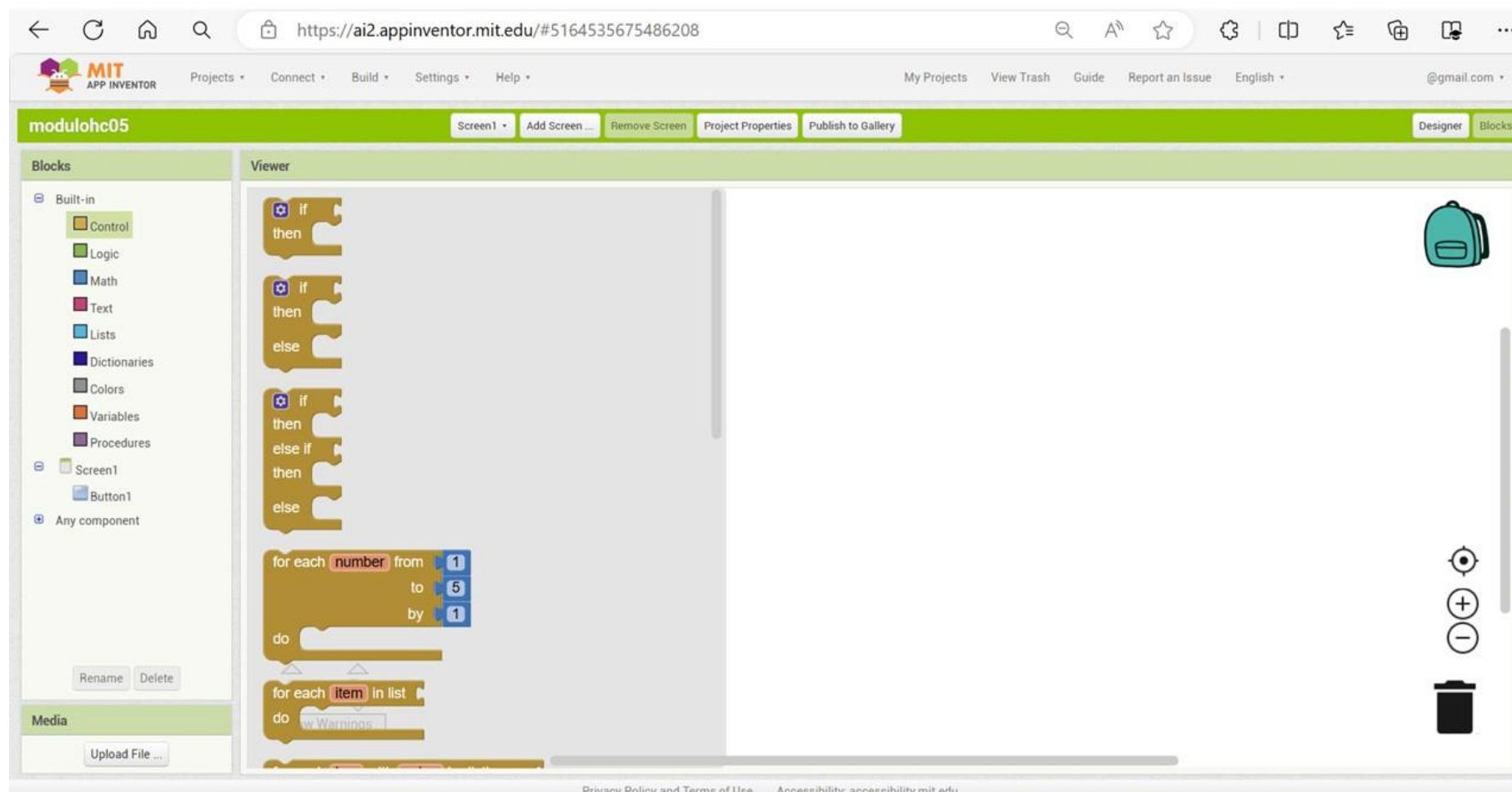
- **Lista suspensa:** Um componente giratório que exibe um *pop-up* com uma lista de elementos. Esses elementos podem ser definidos no *Designer* ou no Editor de Blocos definindo a propriedade *ElementsFromString* como uma concatenação separada por cadeia de caracteres. Por exemplo: escolha 1, escolha 2, escolha 3, ou definindo a propriedade *Elements* como uma Lista no editor de Blocos.
- **Switch:** Alterna a opção que gera um evento quando o usuário clica nele. Há muitas propriedades que afetam sua aparência que pode ser definida no *Designer* ou no Editor de blocos.
- **Caixa de texto:** Parte disponível para o usuário inserir texto. O valor de texto inicial ou inserido pelo usuário está na propriedade *Text*.
- **Escolhe hora:** Um botão que, quando clicado, inicia uma caixa de diálogo *pop-up* para permitir que o usuário selecione um horário.
- **Navegador web:** Componente para exibir páginas da *Web*. A *URL* inicial pode ser especificada no *Designer* ou no Editor de blocos.

Existem, ainda, as opções de edição: *Layout*, *Mídia*, *Desenho e Animação*, *Maps*, *Charts*, *Data Science*, *Sensores*, *Social*, *Armazenamento*, *Conectividade*, *LEGO-MINDSTORMS*, *Experimental*, *Extesion*.

Enquanto o programador vai adicionando detalhes, tanto da interface quanto do restante das configurações, na parte direita vai sendo feita uma listagem do que pode ser modificado em relação a aparência (nas propriedades), além de poder renomear ou deletar os mesmos.

Caso a opção do usuário não seja programar nesse modelo (*Designer*), pode mudar para o modo *Blocks*, que é com a conexão de blocos, página igual a Figura 37:

**Figura 37** - Página da configuração do aplicativo no modo *Blocks*.



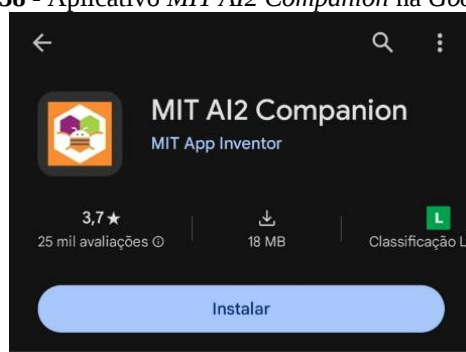
**Fonte:** Print screen do MIT App Inventor (2024).

Na página do site, a barra de menu do site estão os tópicos:

- **Projetos:** é possível gerenciar os projetos, incluindo a criação de novos, a importação, exportação, exclusão e salvamento dos projetos, além de outras opções mais detalhadas.
- **Conectar:** oferece a possibilidade de testar o aplicativo em nosso dispositivo ou em um emulador.
- **Compilar:** compila o aplicativo em um arquivo *.apk*, que pode ser armazenado no computador ou baixado diretamente para o dispositivo.
- **Configurações:** dá opção de habilitar/desabilitar o carregamento automático do projeto e para habilitar/desabilitar uma fonte tipográfica para auxiliar pessoas com dislexia na leitura.
- **Ajuda:** Oportuniza dar acesso a informações, tirando dúvidas do usuário.
- **Meus projetos:** redireciona para página de seus projetos;
- **Lixo:** mostra sua lista de lixo;
- **Guia:** leva diretamente para a página de ajuda do site;
- **Relatar um problema:** fornece a possibilidade de entrar em contato com a equipe para reparar um possível problema encontrado;
- **Idioma:** selecionar a linguagem desejada;
- **Usuário:** permite acessar dados do perfil.

Para testar o aplicativo, é necessário inicialmente baixar o aplicativo na *Google Play*, que é a plataforma digital que disponibiliza de aplicativos para aparelhos *Android*, o aplicativo se chama *MIT AI2 Companion*, demonstrado na Figura 38.

**Figura 38** - Aplicativo *MIT AI2 Companion* na *Google Play*.



**Fonte:** Print screen da *Play Store* (2024).

A fim de testar o aplicativo que está sendo feito, basta acessar o menu de conectar e escolher uma das três opções disponíveis: Assistente de *AI*, *Emulador* ou *USB*. Há ainda duas

opções adicionais caso seja preciso reiniciar a conexão durante o teste, ambos apresentados na Figura 39.

**Figura 39** - Menu conectar



**Fonte:** Print screen do MIT App Inventor (2024).

Ao abrir este aplicativo no *Android*, será solicitado um código hexadecimal ou um *QR Code*, ambos disponíveis ao clicar na alternativa "Assistente de Inteligência Artificial". Após inserir o código ou escanear o *QR Code*, o aplicativo em desenvolvimento é automaticamente lançado no dispositivo utilizado para o teste. Na alternativa “*Emulador*”, é requerido a instalação do programa "*AiStarter*". A terceira opção é usar a conexão USB. No entanto, essa alternativa é menos recomendada, pois exige a instalação de ambos os softwares, o "*AiStarter*" no computador e o aplicativo correspondente no dispositivo. Esta opção é recomendada caso não haja possibilidade de conexão via *Wi-Fi*.

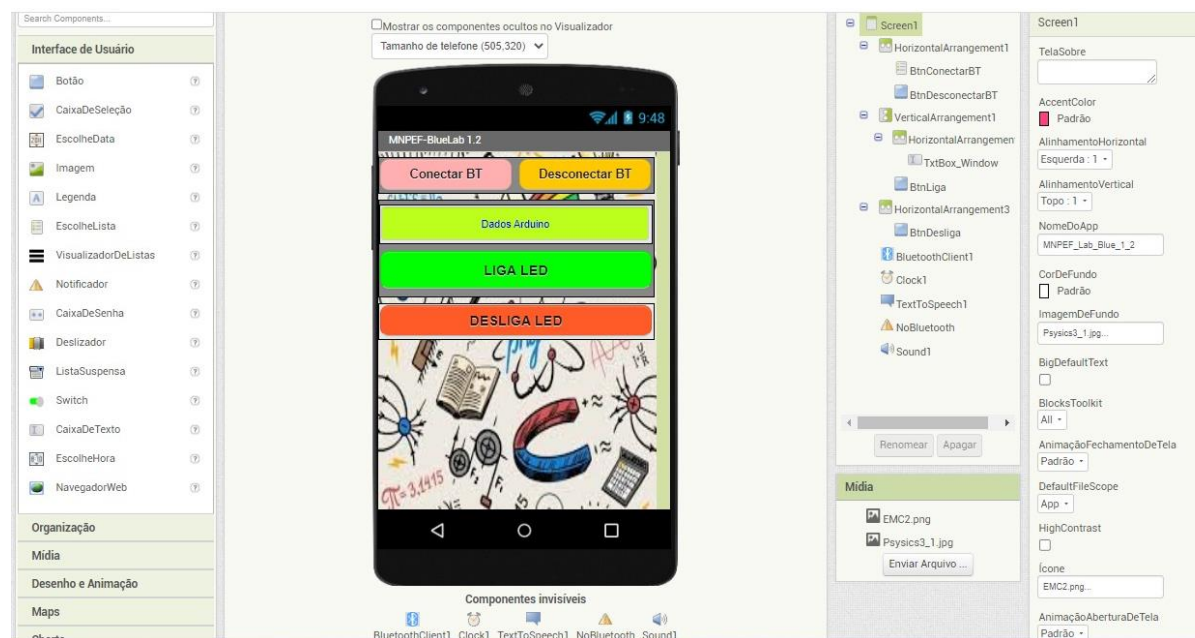
O *MIT App Inventor* possibilita que o usuário sincronize seu smartphone com o computador, permitindo que as modificações feitas durante a construção de uma aplicação sejam testadas em tempo real no dispositivo, proporcionando *feedback* instantâneo, admitindo que você avalie sua funcionabilidade no mesmo momento (Finizola *et al.*, 2014).

#### 2.1.8.1 Design do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2

Para o desenvolvimento do aplicativo que usamos na aplicação do produto educacional, pensamos em elementos como: imagem que relacionasse a Física; cores vibrantes para chamar atenção do usuário; figuras geométricas arredondadas e quadradas. A Figura 40 é um *print*

screen do aplicativo que nomeamos como MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2, disponível também em um tamanho maior no Apêndice F.

**Figura 40** - Página do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2 no site da *MIT App Inventor*.



**Fonte:** Print screen do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2 do *MIT App Inventor* /Jairo Oliveira (2023).

Este aplicativo está disponível no QR code ao lado:



## **2.2 As interações sociais no desenvolvimento humano e na aprendizagem: um olhar nas ideias de Vygotsky**

Nosso estudo partiu do pressuposto que o desenvolvimento do ser humano acontece em um ambiente social e é construído historicamente, em que as interações sociais interferem significativamente em seu aprimoramento. Dessa forma, cabe aqui trazer as ideias do Lev Semionovich Vygotsky, psicólogo nascido em 17 de novembro de 1896 em Orsha, na Bielorrússia (Evangelista; Chaves, 2019). Em sua concepção, os sujeitos entram em contato com outros integrantes da sociedade, internalizam hábitos que colaboram para o desenvolvimento de sua personalidade e pensamento.

De acordo com Paula, Figueredo e Ferraz (2020), a palavra-chave que define bem os conceitos de Vygotsky é a interação, fator indispensável para o desenvolvimento cognitivo e psicológico de uma pessoa. O teórico explica como que se dá o processo de desenvolvimento do humano pela interação social, fazendo uma análise de seu contexto sociocultural e, dessa forma, trazendo a discussão para educação, faz-se necessário o conhecimento do ambiente escolar e a realidade da sala de aula.

O aprendizado, no processo sócio-histórico, inclui a dependência entre os indivíduos do ambiente escolar. Bessa (2011, p.87) enfatiza sobre o aprendizado:

Tem um significado mais abrangente porque envolve sempre a interação social e, na falta de situações propícias ao aprendizado, o desenvolvimento fica impedido de ocorrer. Desse modo o aprendizado, como relação do indivíduo com o ambiente sócio-histórico-cultural de que participa, desencadeia processos internos de desenvolvimento do indivíduo (Bessa, 2011, p.87).

Nesse embasamento, o aprendizado do aluno é definido pela eficácia da interação ou mediação de outro indivíduo em seu desenvolvimento, visto que as funções mentais são formadas durante o processo de amadurecimento dos mesmos (Benedetti Filho; Silva; Favaretto, 2020). Para fortalecer essa mesma ideia, Moreira e Massoni (2016) ressaltam que, na sala de aula, isso se manifesta por meio de atividades em grupo e discussões colaborativas entre os alunos, facilitando a aquisição do conhecimento.

No tocante ao desenvolvimento do pensamento, Rego (2013), destaca que a escola tem um papel fundamental nesse processo, uma vez em que é responsável pela evolução das funções psicológicas dos alunos, como: atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade de comparar e diferenciar, especialmente quando os mesmos estão na fase de maturação.

Bessa (2011), refuta ainda que a escola tem como função criar oportunidades para a construção das zonas de desenvolvimento proximal da criança. Nesse contexto, a intervenção do educador é um processo pedagógico que visa promover avanços que não ocorreriam de forma espontânea.

Nessa linha de ideias, Barbosa e Batista (2018, p. 50), ressaltam que, na teoria de Vygotsky, “o conhecimento escolar é potencialmente promotor de zonas de desenvolvimento proximal”, uma vez que cria obstáculos de aprendizagem aos alunos, que, ao interagir com um professor e outros colegas, podem superá-los mais adiante.

Baseado nesse contexto, para Leite, Sousa e Sorretino (2023), quando conectamos o processo de aprendizagem com a prática de ensino, o professor se vê no papel de facilitador entre o conhecimento e o aluno. Sendo assim, é responsabilidade do professor apresentar aos alunos conceitos reconhecidos pela ciência e compará-los com as noções do senso comum, que o aluno adquire através de suas experiências no ambiente em que está inserido.

Neste enfoque, Silva (2023), complementa a mesma ideia, na qual a responsabilidade de mediar o conhecimento é atribuída ao professor, que desempenha o papel de promover discussões em sala de aula. Isso ocorre por meio de atividades em grupo, leitura de textos, realização de experimentos, jogos, vídeos e outros recursos.

A aprendizagem e o desenvolvimento são fatores que não se separam um do outro, existe uma dependência entre eles. Em vista disso, Vygotsky (1987, p. 128) diz que:

[...] os pré-requisitos psicológicos para o aprendizado de diferentes matérias escolares, são, em grande parte, os mesmos; o aprendizado de uma matéria influencia o desenvolvimento das funções superiores para além do limite dessa matéria; as principais funções psíquicas envolvidas no estudo de várias matérias são interdependentes (Vygotsky, 1987, p. 128).

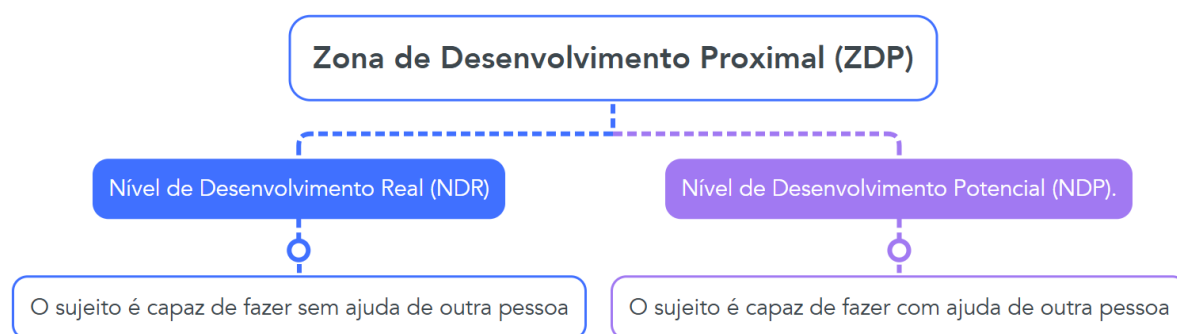
Nessa perspectiva, Nuñez e Faria (2004) destacam que Vygotsky apresentou uma valiosa contribuição para a educação, pois apontou diretrizes sobre a aprendizagem e suas relações com o desenvolvimento do indivíduo, articulados ao pensamento e a linguagem, assim como os componentes cognitivos e afetivos, enfatizando a importância do papel social no desenvolvimento com o conceito de *Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)*.

A ZDP é definida por Vygotsky (1998, p. 112) como:

A distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes (Vygotsky, 1998, p. 112).

Para uma melhor compreensão, a Figura 41 representa a estrutura da zona de desenvolvimento proximal.

**Figura 41** – Estrutura esquemática da Zona de Desenvolvimento Proximal.



**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

Outrossim, o nível de desenvolvimento real diz respeito às habilidades já consolidadas na criança ou no adulto, ao que já foi aprendido e é dominado, apontando os processos mentais que já foram estabelecidos, representando assim, as funções que já amadureceram. Já o nível de desenvolvimento potencial está relacionado ao que a criança ou adulto é capaz de fazer com a ajuda de outra pessoa. E, para Vygotsky, esse nível é um indicador muito mais preciso do desenvolvimento mental do que aquilo que ela consegue fazer sozinha (Bessa, 2011).

Quando o aluno encontra dificuldades em seu aprendizado, seus colegas ou o próprio professor podem oferecer o suporte necessário para ajudá-lo a superar esses desafios ao longo de seu desenvolvimento psicológico (Benedetti Filho; Silva; Favaretto, 2020).

Nessa direção, Leite, Sousa e Sorretino (2023), declaram que, os alunos ao confrontarem suas interpretações com as de seus amigos de classe sobre algum conteúdo ou alguma situação, esse trabalho coletivo, dentro de um contexto social e investigativo, faz com que a sala de aula do professor no mínimo mais agradável. O trabalho em equipe possibilita a troca de ideias e a ajuda mútua, favorecendo a aquisição de conhecimento através da obtenção de conteúdos e habilidades.

Outro aspecto relevante da teoria de Vygotsky é a importância dada aos conhecimentos já sabidos pelos estudantes antes das aulas tradicionalmente aplicadas. Isso inclui conceitos intuitivos, experiências vividas em seu cotidiano e o que o aluno já conhece sobre o assunto em questão (Leite; Sousa; Sorretino, 2023). Esse entendimento possibilita ao aluno levar para a sala de aula a curiosidade de compreender e assimilar os novos conhecimentos apresentados pelo professor, conectando-os com o que já sabe, e atribuindo significado ao aprendizado. Em

geral, qualquer abordagem inovadora de um problema científico conduz inevitavelmente a novos métodos de investigação e análise (Vygotsky, 2009).

Para Evangelista e Chaves (2019), a chegada de Vygotsky representa uma abordagem inovadora que atrai cada vez mais os educadores em geral, pois enfatiza a importância da escola e do professor, reconhecendo o papel essencial da ação pedagógica e da intervenção. Ele é reconhecido como um teórico que destaca o papel fundamental do educador no processo de formação do indivíduo.

No tocante ao EF, o pensamento de Vygotsky vem sendo cada vez mais aplicados nas pesquisas (Barbosa; Batista, 2018; Pereira; Junior, 2014). Há uma preocupação em relação ao ensino de conceitos, que para Vygotsky, podem ser separados em dois tipos: os espontâneos, dados a partir das experiências vivenciadas pelos estudantes, no seu dia a dia; e os científicos, que são aprendidos em sala de aula (Milani; Stoltz; Higa, 2020).

Partindo desse pressuposto, Araújo (2020), assegura que a formação dos conceitos espontâneos (ou cotidianos) acontece de forma gradual, através da interação da criança com objetos concretos e da convivência com outras pessoas em situações diárias, resultando das experiências empíricas mediadas por outras pessoas. Esses conceitos são baseados nos atributos comuns dos objetos. Por outro lado, os conceitos científicos são desenvolvidos por meio de um processo de ensino sistematizado e mediado, característico do ambiente escolar.

Outra implicação dos conceitos de Vygotsky no ensino de Física, refere-se aos novos recursos de apoio, como os: experimentos práticos, as simulações de computador e outras formas de inovação que tenham a capacidade de transformar profundamente a maneira como os alunos executam certas tarefas cognitivas. Além disso, que possam proporcionar aos alunos, a oportunidade de realizar atividades mentais que seriam impossíveis sem a ajuda do método em questão (Pereira; Junior, 2014).

Nesse sentido, os professores têm um papel fundamental quanto a atualização e utilização dessas novas ferramentas e como atuar em função da mediação delas com os alunos. Corroborando com essas ideias, Silva (2023), destaca que, o docente estimula a ZDP do estudante quando promove discussões em sala de aula através de leitura de textos, atividades em grupos, realização de experimentos, aplicação de jogos, vídeos, entre outros.

Bacich e Moran (2018, p. 79) enfatizam que:

Com base nesse conceito, é possível mencionar que, para a criação da ZPD, o ensino precisa ultrapassar o desenvolvimento; o ensino precisa criar uma zona de conflito para que esta seja sempre um espaço de construção pelo aluno. Nesse sentido, oportunizar aos estudantes o contato com problemas mais complexos, mas cuja resolução se dê colaborativamente, é fundamental no processo de aprendizagem, e a

metodologia em uma perspectiva híbrida é um dos caminhos para tal Bacich; Moran, 2018, p. 79).

Tendo em vista as concepções abordadas, acreditamos que a interação, reflexão e diálogo entre os alunos e o professor durante as atividades em sala de aula podem ajudar ainda mais na construção de conceitos científicos, especialmente em Física. Diante disso, usamos a teoria de Vygotsky, como referencial teórico para a aplicação do nosso produto educacional, visto que a interação social é fundamental na aprendizagem e desenvolvimento do indivíduo. Com base nisso, criamos estratégias para o ensino da Física Moderna e Contemporânea, no ensino médio, utilizando metodologias ativas de aprendizagem e recursos tecnológicos.

### **2.3 Metodologias Ativas de Aprendizagem: modelos híbridos e Sala de Aula Invertida (SAI)**

As demandas da educação atual exigem que o professor se atualize ainda mais nas estratégias didáticas em sala de aula. A forma tradicional costuma não funcionar mais, os estudantes encontram-se numa época que não dá para mantê-los passivos para aprender algo. Discussões nesse sentido já não são tão atuais, de acordo com Bacich, Tanzi Neto e Trevisani (2015), as crianças e jovens estão cada vez mais integrados às tecnologias digitais, formando uma geração que desenvolve novas formas de relacionamento com o conhecimento e, por isso, exige que mudanças ocorram na escola.

Essas transformações também ocorrem por conta das necessidades impostas pela sociedade, especialmente aquelas ligadas aos avanços da tecnologia. Hoje é um pouco difícil encontrar, por exemplo, estudantes que não possuam um aparelho celular. Tais avanços trazem consigo uma evolução no pensamento e comportamento dos alunos, refletindo em seus anseios e demandas, o que, por sua vez, influencia diretamente o tipo de ensino que pode satisfazê-los (Rosa; Kahil, 2020).

Diante dessa necessidade, a diversificação de métodos e técnicas utilizados durante o processo de ensino e aprendizagem podem constituir estratégias fundamentais para colocar o aluno como o protagonista na construção do conhecimento. Nesse sentido, as metodologias ativas de aprendizagem têm potencial para contribuir para um ensino mais criativo e inovador.

Nessa visão, consideramos para a aplicação do nosso produto educacional, as metodologias ativas, com foco na Sala de Aula Invertida. Assim, destacamos algumas concepções de pesquisadores sobre os métodos ativos de aprendizagem.

Para Studart (2019), metodologias ativas são aquelas em que, durante o processo de ensino, os alunos se envolvem de forma ativa, em vez de apenas ouvir passivamente o professor. Essa definição ainda pode ser acrescentada a ideia de Bacich e Moran (2018, p. 27):

As metodologias ativas constituem alternativas pedagógicas que colocam o foco do processo de ensino e de aprendizagem no aprendiz, envolvendo-o na aprendizagem por descoberta, investigação ou resolução de problemas. Essas metodologias contrastam com a abordagem pedagógica do ensino tradicional centrado no professor, que é quem transmite a informação aos alunos. No entanto, a proposta de um ensino menos centrado no professor não é nova (Bacich; Moran, 2018, p. 27).

Rosa e Kalhil (2020), agregam o termo metodologia ativa, referindo-se ao uso de abordagens nos processos de ensino e aprendizagem que rompem com o modelo tradicional. Nessas metodologias, o professor não é mais o foco central do processo. Em vez disso, essa posição é ocupada pelo aluno, com o educador atuando como mediador da sua aprendizagem.

É nessa perspectiva que se insere o método ativo, entendido como sinônimo de metodologias ativas, uma possibilidade de deslocar o foco do docente (ensino) para o estudante (aprendizagem), ao considerar a educação como um processo que não é realizado por outra pessoa ou apenas pelo próprio indivíduo, mas que se concretiza na interação entre sujeitos históricos por meio de suas palavras, ações e reflexões, fazendo uma conexão com as ideias de Vygotsky (Steinert; Hardoim, 2019).

Diante das ideias apresentadas, concordamos que é possível uni-las com o propósito de contribuir com o processo de ensino e aprendizagem, utilizando em sala de aula metodologias inovadoras, com o uso de tecnologias digitais, que possibilitam a personalização da aprendizagem, trazem o estudante para mais perto do interesse em aprender algo novo, bem como oportunizam novas descobertas. Nesse sentido, o ensino híbrido pode propiciar um conjunto de estratégias didáticas para utilização no contexto escolar.

### **2.3.1 Ensino Híbrido**

A expressão “ensino híbrido” está fundamentada no conceito de educação híbrida, onde não há uma única maneira de aprender e a aprendizagem é vista como um processo contínuo que se desenvolve de diversas maneiras e em variados espaços (Bacich; Tanzi Neto; Trevisani, 2015).

Valente, Almeida e Geraldini (2017), descrevem o ensino híbrido como um desafio na educação, considerando a necessidade de refletir novas propostas educativas que superem o

dilema do uso instrucional do livro didático, das aulas centradas no professor e da passividade dos estudantes.

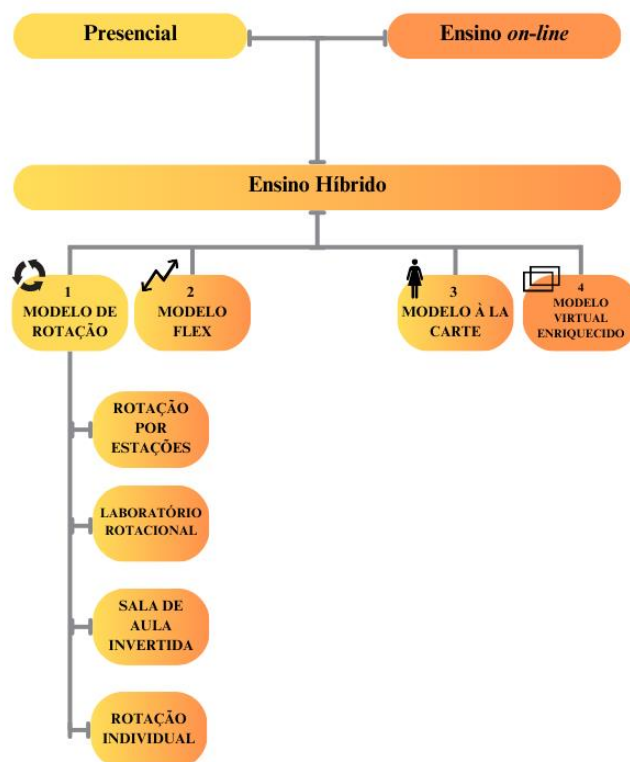
Existem diversos conceitos para o termo ensino híbrido, mas de forma geral, apresentam a união do modelo de aprendizagem presencial e o modelo *on-line*, com o uso de tecnologias, em que podemos afirmar que ambos se tornam complementares. Isto acontece por vários motivos (Bacich; Tanzi Neto; Trevisani, 2015), são eles:

- Os estudantes utilizam várias tecnologias digitais;
- Interagem com os outros colegas, havendo muitas trocas de experiências, presencialmente;
- O professor oportuniza o encontro presencial para um momento de tirar dúvidas.

Para Casagrande e Monteiro (2019), o ensino híbrido representa uma das mais recentes inovações na educação atual, combinando os aspectos mais eficazes do ensino tradicional com os recursos do ensino *on-line*. Utilizando ambientes virtuais de aprendizagem, o educador expande os limites da sala de aula para além do ambiente escolar.

O ensino híbrido dá a possibilidade, de acordo com Bacich, Tanzi Neto e Trevisani (2015), de aproveitar “o melhor dos dois mundos”. Esses autores estão se referindo ao uso unificado de tecnologias digitais, sem abandonar o que já é conhecido pelos alunos, com aulas dentro de salas, sem restrição ao ritmo de sala de aula presencial etc. Existem algumas propostas desse tipo de ensino, conforme apresentado na Figura 42.

**Figura 42** - Modelos de ensino híbrido.



**Fonte:** Adaptado de Horn, Staker e Christensen (2015, p. 38).

Para cada modelo mostrado na Figura 42, existem aspectos que ao acontecer em sala de aula, conseguimos reconhecer o modelo escolhido, a partir das especificações dos mesmos, indicados a seguir:

- **Modelo de rotação:** os estudantes alternam entre diferentes atividades, conforme um cronograma fixo ou com a orientação do professor. As tarefas podem incluir discussões em grupo, com ou sem a presença do professor, atividades escritas, leituras e, necessariamente, uma atividade *on-line*. As propostas, de forma resumida, desse modelo são:
  1. *Rotação por Estações:* grupos de estudantes são organizados e, cada um realiza uma tarefa assim como indica os objetivos do professor em sala. Uma das equipes está com uma atividade *on-line*, que de certa forma não depende da atenção do professor a todo momento. As tarefas dos estudantes são independentes e todos os estudantes precisam passar por todas as etapas (Bacich; Tanzi Neto; Trevisani, 2015, p. 56).

2. *Laboratório Rotacional*: as aulas iniciam na sala, mas também utilizam a um laboratório. Os momentos iniciais são de forma tradicional, e em seguida, é adicionado uma rotação para o computador. Esse modelo utiliza do ensino *on-line* para atender melhor às necessidades dos estudantes (Bacich, 2016, p. 682).
  3. *Sala de Aula Invertida*: o aluno estuda previamente, e na aula os alunos tiram dúvidas, fazem discussões e atividades práticas mediadas pelo professor (Bacich; Moran, 2018).
  4. *Rotação Individual*: percurso em que cada estudante segue um cronograma sem alternar de forma aleatória em estações, e sim, trilhando o que foi programado, não sendo necessário passar por todas as estações. (Bacich, 2016, p. 682; Silva, 2019, p. 15).
- **Modelo flex**: O professor programa uma lista de afazeres aos alunos, dando ênfase ao ensino *on-line*, e fica disponível para tirar possíveis dúvidas. Os estudantes têm uma maior liberdade, pois o ritmo é individual e personalizado. Esse modelo é considerado disruptivo, pois propõe uma organização de escola diferente do Brasil.
  - **Modelo à la carte**: Quem até aqui ficou responsável pela organização prévia das atividades propostas, foi o professor. Nesse modelo, o aluno faz esse papel, é ele quem ajusta seus estudos, de acordo com os objetivos organizados previamente pelo educador. Pelo menos um curso é integralmente *on-line*.
  - **Modelo virtual enriquecido**: A escola como um todo é envolvida, em que os alunos conseguem se organizar e estudar todas as disciplinas de forma *on-line* e presencial. Os estudantes podem tirar um dia da semana para ir a escola com o intuito de tirar dúvidas com os professores. Esse modelo também é considerado disruptivo, assim como o modelo à la carte.

Considerando esses modelos, Bacich, Neto e Trevisani (2015), destacam que não há hierarquia nem muito menos uma ordem a ser seguida na escolha dos modelos, sendo possível ainda, utilizá-los de forma integrada. Com base nessas ideias, escolhemos o modelo Sala de Aula Invertida para aplicação do produto educacional.

### 2.3.2 Sala de Aula Invertida (*Flipped classroom*)

Dentre as diversas opções de métodos ativos de aprendizagem, a Sala de Aula Invertida (SAI), traduzida do inglês *Flipped Classroom*, identificamos que seria a que mais se adequava

a nossa realidade escolar e também se tornava uma possibilidade de atualização para as aulas de Física.

A SAI é defendida como aquilo que é de costume ser feito na sala de aula passa a ser realizado em casa, e o que normalmente é passado como tarefa de casa agora é apenas complementado em sala (Bergmann; Sams, 2016). Além disso, a SAI oferece abertura para ser combinada com outras metodologias ativas para que o aluno possa ser mais engajado no processo de ensino e aprendizagem.

Nesse direcionamento, Deponti e Bulegon (2020), afirmam que a SAI pode subsidiar o planejamento do professor e no aprendizado do aluno, sendo um fator motivador para ambos.

Para Freitas (2015), a metodologia SAI utiliza ferramentas virtuais para orientar o processo de ensino e aprendizagem e disseminar conhecimento, visando otimizar o tempo das aulas presenciais. Nelas, a interação entre professor e aluno pode ser intensificada através de discussões e resolução de exercícios, promovendo uma aprendizagem ativa.

Com a aplicação dessa abordagem, a sala de aula virou o lugar de explorar os conteúdos já estudados em casa, realizando atividades práticas como resolução de problemas e projetos, discussão em grupo e laboratórios. Assim, o fato de as atividades que o estudante realiza *on-line* poderem ser feitas no ambiente virtual de aprendizagem, evidencia a oportunidade para o professor fazer um diagnóstico mais preciso do que o aluno foi capaz de aprender, as dificuldades encontradas, seus interesses e as estratégias de aprendizagem utilizadas (Bacich; Moran, 2018).

Diante disso, dois fatores são cruciais para a implementação da Sala de Aula Invertida, como: a produção de um material para ficar disponível para o aluno acessar *on-line* a qualquer momento e planejamento das atividades que serão feitas em sala de aula presencialmente. A principal vantagem dessa metodologia é a reorganização do tempo, que antes era dedicado à exposição de conteúdos e agora é utilizado de forma mais intensa na realização de práticas orientadas e na resolução de problemas (Silva, 2019). A Figura 43, apresenta um comparativo de tempo gasto entre as ações de aulas tradicionais e da Sala de Aula Invertida, deixando evidente que essa abordagem é um fator que pode ser muito favorável em sala de aula.

**Figura 43** - Comparação do uso de tempo nas salas de aula tradicional e invertida.

| Sala de aula tradicional                                       |               | Sala de aula invertida                                         |              |
|----------------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------|--------------|
| <i>Atividade</i>                                               | <i>Tempo</i>  | <i>Atividade</i>                                               | <i>Tempo</i> |
| Atividade de aquecimento                                       | 5 minutos     | Atividade de aquecimento                                       | 5 minutos    |
| Repasse do dever de casa da noite anterior                     | 20 minutos    | Perguntas e respostas sobre o vídeo                            | 10 minutos   |
| Preleção de novo conteúdo                                      | 30–45 minutos | Prática orientada e independente e/ou atividade de laboratório | 75 minutos   |
| Prática orientada e independente e/ou atividade de laboratório | 20–35 minutos |                                                                |              |

**Fonte:** Bergman e Sams (2021, p.12).

De acordo com Bacich, Neto e Trevisani (2015), neste modelo, o professor sugere o estudo de um determinado tema, e o aluno busca as informações básicas na internet, assiste a vídeos e animações, e lê os textos disponíveis na web ou na biblioteca da escola. Adiante, é feita uma avaliação, para que a turma responda três ou quatro questões, a fim de saber o que o estudante aprendeu ou não. O professor orienta, em sala de aula, os alunos que ainda não conseguiram o conhecimento básico do assunto e oportuniza aos que já conseguiram, problemas mais complexos para solucionarem, lembrando de relacionar a realidade deles. Na Figura 44 construímos um esquema que pode ser resumido sobre a SAI.

Figura 44 - Esquema sobre a Sala de Aula Invertida



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Como tivemos a oportunidade de conhecer um pouco mais esse modelo de metodologia ativa, vimos que possui muitos fatores atrativos para abordagem em sala de aula. Porém, cada professor precisa conhecer bem a metodologia que irá utilizar e avaliar se sua realidade se adequa para seu uso.

### 3 METODOLOGIA: O PRODUTO EDUCACIONAL E SUA APLICAÇÃO

Neste capítulo, apresentaremos a metodologia utilizada para a aplicação do produto educacional, articulada a metodologia ativa Sala de Aula Invertida, com o uso de recursos tecnológicos, a plataforma Arduino e um aplicativo de aparelho celular, criado no *MIT App Inventor*, para conseguir dados para o cálculo da determinação da constante de Planck.

Na prática docente, uma de nossas preocupações é a abordagem de conceitos da Física Moderna e Contemporânea, no ensino médio, para que os alunos se sintam parte do processo de ensino e aprendizagem durante as aulas de Física. A frente dos desafios encontrados, questionamo-nos: Como o uso de metodologias ativas, associadas à utilização de recursos tecnológicos, Arduino e aplicativo *MIT App Inventor*, pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem na determinação experimental da constante de Planck com estudantes do ensino médio?

Na intenção de responder ao problema de pesquisa preestabelecido na introdução desta pesquisa, optamos por utilizar de uma abordagem qualitativa, que nos permitiu explorar as percepções de antes e após a aplicação do produto educacional.

Segundo Mól (2017), a pesquisa qualitativa entende a ciência como um campo do conhecimento construído através de interações sociais no contexto sociocultural em que são envolvidas. Por isso, seu objetivo é entender os significados dos fenômenos a partir das perspectivas de quem experimenta, levando em consideração os diferentes tempos e espaços de atuação e reflexão.

Dessa forma, apresentaremos a seguir, os procedimentos metodológicos da aplicação do produto educacional, destacando o contexto em que a escola está inserida e o perfil dos estudantes participantes.

#### 3.1 O contexto e os procedimentos metodológicos da aplicação do produto educacional

A escola à qual aplicamos o produto educacional é de referência no Ensino Médio, localizada na Mata Norte de Pernambuco. Escolhemos uma turma de 3º ano do Antigo Ensino Médio, antes da reforma. A carga horária total das aulas de Física era de 5 aulas por semana, de 50 minutos cada aula. A aplicação do aparato experimental ocorreu no segundo semestre de 2023, com o total de 6 aulas.

Na turma escolhida havia 34 alunos. No entanto, apenas 12 alunos participaram de todas as atividades propostas.

Estruturamos as atividades em seis momentos, alguns com as atividades em grupos, intitulados de Etapas: 1- *Quark*, 2- *Nêutron*, 3- *Bóson*, 4- *Elétron*, 5- *Próton* e 6- *Fóton*, articulados a metodologia ativa Sala de Aula Invertida, indicadas, a seguir, no Quadro 4.

**Quadro 4** - Momentos e descrições das atividades vivenciadas.

| <b>Momentos</b>         | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                           |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Etapa 1: <i>Quark</i>   | Aplicação de questionário para verificar as concepções iniciais dos alunos.                                                                                                                |
| Etapa 2: <i>Nêutron</i> | Sala de Aula Invertida: leitura sobre Física Quântica.                                                                                                                                     |
| Etapa 3: <i>Bóson</i>   | Compartilhamento dos assuntos abordados no material, por equipe. Cada equipe escolheu um tema e ficou responsável para explicar sobre o mesmo para o restante da turma, gerando um debate. |
| Etapa 4: <i>Elétron</i> | Avaliação da SAI.                                                                                                                                                                          |
| Etapa 5: <i>Próton</i>  | Montagem do experimento.                                                                                                                                                                   |
| Etapa 6: <i>Fóton</i>   | Aplicação do questionário após todas as atividades vivenciadas.                                                                                                                            |

**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

Para seguirmos as ideias da teoria de Vygotsky, consideramos importante identificar as concepções iniciais dos alunos acerca de conceitos de FMC no cotidiano. Dessa forma, construímos um questionário com questões de múltipla escolha, dando a oportunidade aos alunos exporem suas ideias e duas maneiras, indicando uma alternativa, que julgasse correta, e permitindo que escrevessem suas próprias respostas. O questionário está disponível no Apêndice A, e foi utilizado antes e pós as atividades vivenciadas, sendo aplicados nas Etapas *Quark* e *Fóton*. A Figura 45 mostra a aplicação na Etapa *Quark*.

**Figura 45** - Aplicação do Questionário – Etapa *Quark*

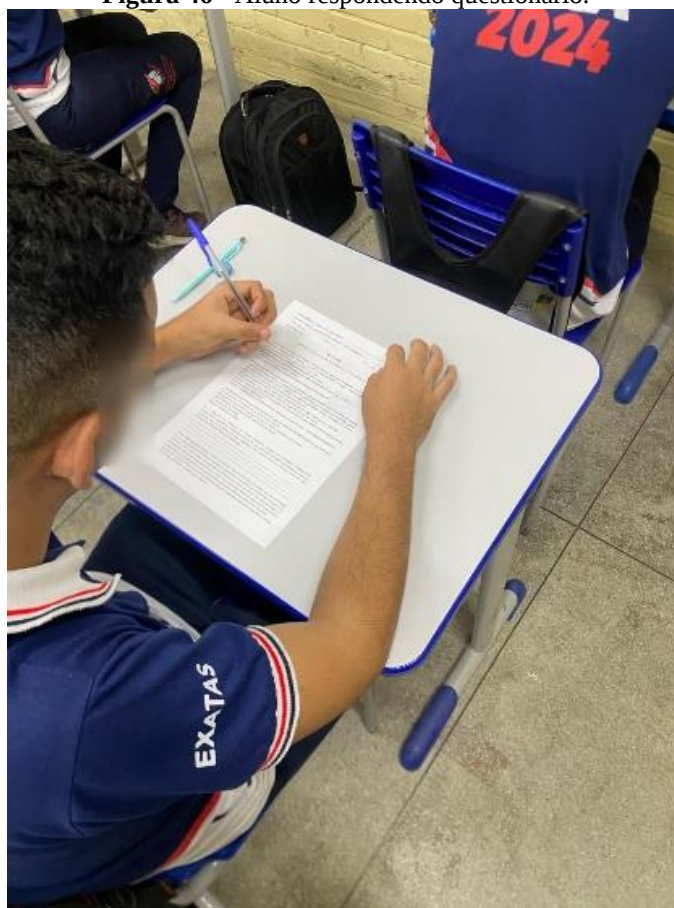


**Fonte:** Foto registrada pela autora (2023).

Os temas abordados nas questões foram escolhidos de acordo com a realidade da turma, considerando fenômenos físicos vivenciados no dia a dia, conceitos que já haviam sido estudados em sala de aula e outros que seriam abordados durante a vivência dos momentos. Os assuntos abordados foram: lâmpadas de postes das ruas; LED; dispositivos que funcionam a partir de uma conexão *bluetooth* (como fones de ouvido); *Wi-Fi* (que é praticamente utilizado pelos alunos em vários momentos) e o Arduino Uno (em que todos já tinham conhecimento e habilidade para manuseio).

A Figura 46 mostra um aluno respondendo o questionário, durante a Etapa *Quark*.

**Figura 46** - Aluno respondendo questionário.



**Fonte:** Foto registrada pela autora (2023).

No segundo momento, intitulado de Etapa *Nêutron*, foi aplicado o modelo da metodologia ativa, Sala de Aula Invertida, para o estudo de material em casa, que correspondeu a leitura reflexiva de um artigo da Revista Super Interessante.

Para a escolha do material, realizamos um levantamento bibliográfico em diversos recursos diferentes, como artigos científicos, dissertações, teses e revistas de divulgação científica e cultural. Na busca, encontramos um artigo, destacado na matéria de capa da Revista Super Interessante, da edição de outubro de 2020, de título “*Física Quântica: entenda de uma vez – ou não*”. Observamos que, além do título ser curioso, as imagens e cores chamavam bastante atenção, tanto na capa como a estruturação do artigo. A capa apresenta um gato na realidade, dentro de uma caixa amarela com o símbolo da radioatividade, fazendo referência ao gato de Schrödinger, junto com a frase de Bruno Vaiano, que diz: “O mundo quântico é incompreensível por natureza. Lá, as coisas atravessam paredes e existem em vários lugares ao mesmo tempo. Essa é a parte fácil. Saiba qual é a difícil”, apresentada na Figura 47. No artigo, verificamos imagens computacionais da Física Quântica, que chamariam atenção dos alunos, mostradas na Figura 48, em que traz um agrupamento do material apenas para ilustração desta

seção, mas os alunos receberam o artigo, conforme apresentado na revista, disponível também no Anexo A.

**Figura 47** - Capa da Edição de outubro de 2020 da Revista Super Interessante.



Fonte: Revista Super Interessante (2020).

**Figura 48** - Material da Etapa *Nêutron*.

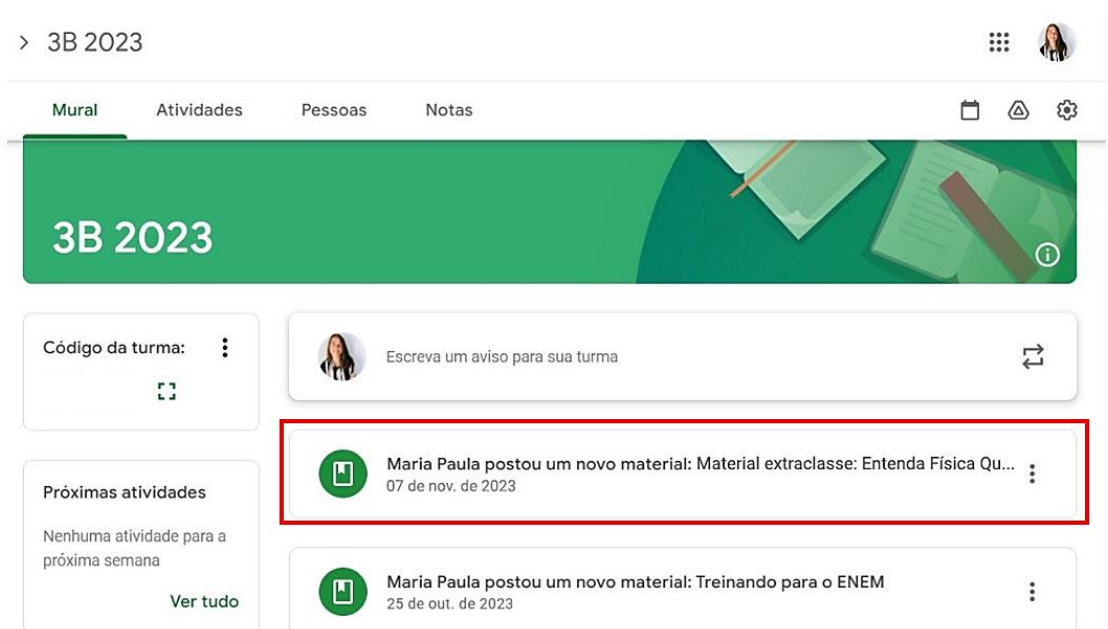


Fonte: Agrupamento do artigo elaborado pela autora (2024).

Antes de solicitarmos a leitura extraclasse para os alunos, alguns alunos de outra turma de 3º foram questionados após analisarem o material se teriam curiosidade de fazer a leitura.

As respostas dos estudantes foram positivas ao folhear o material, então resolvemos utilizá-lo como material didático de estudo, ratificando nossa escolha pelo artigo. Assim, enviamos com antecedência o artigo para os alunos que eram participantes da pesquisa, aplicando, assim, o modelo Sala de Aula Invertida (SAI). O envio ocorreu via aplicativo *Google Classroom*, indicado na Figura 49, pois já utilizávamos para as aulas de Física anteriormente, com o objetivo de compartilhamento de atividades. Dessa forma, iniciamos o processo de implementação da abordagem SAI, na Etapa *Nêutron*, com a disponibilização do material para os alunos.

**Figura 49** - Material enviado via *Classroom* para os alunos.



**Fonte:** Print screen do *Classroom* (2023).

Após leitura do material, a turma foi dividida em 6 equipes, de acordo com o quantitativo de participantes presentes em sala, com o propósito de cada equipe escolher um tópico do artigo, conhecerem mais a fundo, anotarem informações importantes sobre eles e no final abrir um grande debate. O intuito foi criar um debate entre os alunos ouvintes e os que estavam apresentando os conceitos trazidos no artigo, de modo que cada aluno fosse protagonista de seu próprio conhecimento.

O Quadro 5 demonstra o nome que os alunos escolheram para suas equipes e, os respectivos tópicos escolhidos por eles.

**Quadro 5** - Nomes de equipes e assuntos para o debate.

| <b>Equipe</b>                           | <b>Assunto escolhido</b>            |
|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| Indicaram os nomes dos membros do grupo | Efeito fotoelétrico                 |
| Indicaram os nomes dos membros do grupo | Os fótons e a luz                   |
| Os luminosos                            | O experimento da dupla fenda        |
| Invictos                                | Equação de Schrödinger              |
| Equipe do Gato                          | Sobre fendas e gato                 |
| Tesla                                   | Tunelamento: A razão do Sol brilhar |

**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

Na Etapa *Bóson*, as equipes fizeram as explanações dos temas, onde tiveram a oportunidade de comentar o que tinha chamado mais atenção no texto e as outras equipes ouvintes se fosse o caso, perguntariam algo, a fim de acrescentar no debate. A professora/mediadora nesse momento ficou como ouvinte e só falou algo quando houve necessidade. Esse momento foi considerado importante, porque mostrou que quando os alunos realizam trabalho em grupo, fica em evidência que a interação auxilia no processo de ensino e aprendizagem dos mesmos, conforme as ideias de Vygotsky. A Figura 50 mostra o momento do debate na Etapa *Bóson*.

**Figura 50** - Momento do debate

**Fonte:** Foto registrada pela autora (2023).

A Figura 51 ilustra o momento em que a professora/mediadora sentiu a necessidade de complementar algumas das falas dos estudantes.

**Figura 51** - Momento da professora/mediadora debatendo com os alunos



**Fonte:** Foto registrada pela autora (2023).

A Etapa *Elétron*, indicado na Figura 52, abaixo, ocorreu no mesmo dia do debate, ocorrido na Etapa *Bóson*, uma vez que tínhamos o tempo necessário para realizar a atividade. A Etapa *Elétron* se tornou crucial para finalizar as ideias propostas na nossa metodologia, seguindo o fundamento da SAI em termos que avaliar a atividade anteriormente *on-line*. Para isso, aplicamos um questionário que contou com quatro questões dissertativas, para os alunos pesquisarem ou demonstrarem o que conseguiram aprender com os momentos anteriores. Dessa forma, decidimos manter as equipes do Quadro 5 para poderem responder essas questões, indicadas no questionário da Figura 52.

**Figura 52** - Material da Etapa *Elétron*.

**FÍSICA QUÂNTICA**  
ENTENDA DE UMA VEZ - OU NÃO

ALUNOS:

**ETAPA: ELÉTRON**

RESPONDA AOS QUESTIONAMENTOS SOMENTE QUANDO FINALIZAR A LEITURA DO ARTIGO DA REVISTA!

2023

**Q.1** - QUAL PRINCIPAL FUNDAMENTO DO EFEITO FOTOELÉTRICO?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Q.2** - O QUE É UM FÓTON?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Q.3** -  $E = hf$ , EXPLIQUE O QUE ESSA EQUAÇÃO SIGNIFICA.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Q.4** - COMO EXPLICAR A DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA?

\_\_\_\_\_

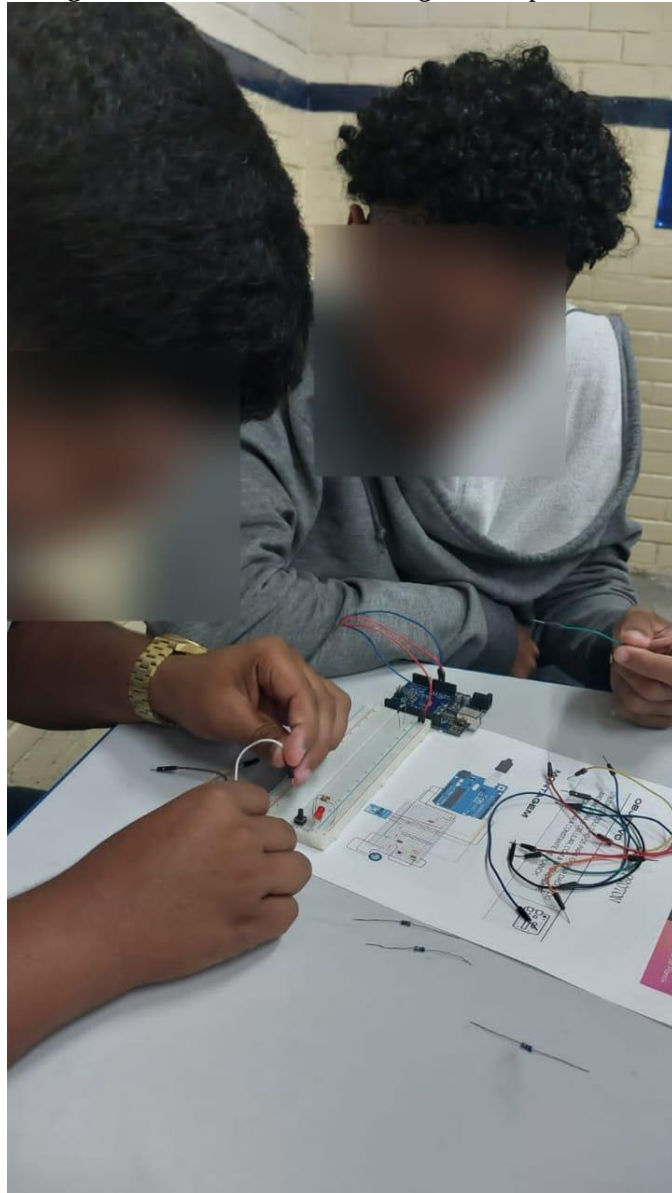
\_\_\_\_\_

**Fonte:** Elaborado pela autora (2023).

Preparamos um roteiro de montagem do experimento, apresentado no Apêndice C, utilizado na Etapa *Próton*, colocado na Figura 53, que teve como objetivo utilizar o módulo *bluetooth* HC-05 para enviar dados de voltagem dos LEDs, manipulados pelos alunos para o celular, com intenção de auxiliar os cálculos da constante de Planck de cada equipe. No material, inserimos o esquema da montagem do circuito elétrico com todos os componentes necessários e suas respectivas conexões. Colocamos também os espaços adequados para separação de dados essenciais, como: cor do LED utilizado; comprimento de onda respectiva da cor do LED; tensão necessária para acender o LED – média aritmética dos procedimentos, e o valor da constante de Planck encontrada a partir dos cálculos.



**Figura 54** - Alunos fazendo montagem do experimento.



**Fonte:** Foto registrada pela autora (2023).

**Figura 55** - Alunos fazendo montagem do experimento.



**Fonte:** Foto registrada pela autora (2023).

Cada equipe ficou responsável por uma cor de LED, tínhamos disponíveis as cores: vermelho, amarelo, verde e azul. Com isso, os alunos pesquisaram na internet informações do comprimento de onda de cada LED e a partir desses dados, fizeram manuseio do potenciômetro, para obter a tensão de joelho de cada LED: a indicação dada pela professora/mediadora é que cada integrante da equipe fizesse uma manipulação, para tirarem uma média dos dados, e assim o fizeram.

Após a montagem, as equipes foram para a fase de conexão do módulo *bluetooth* HC-05 com o telefone celular e testar se o contato havia sido estabelecido. Todos os grupos possuíam pelo menos um integrante que possui telefone celular com sistema *Android*, pré-requisito para o acesso ao aplicativo que eles utilizaram para resgatar dados, e fazer conexão entre o módulo e o *smartphone*. Em alguns celulares, tivemos que autorizar o *download* de um aplicativo que não é da *Play Store*, para poder ter acesso, indo nas configurações. Além disso, alguns aparelhos ainda não conseguiram encontrar o módulo HC-05 para fazer a conexão, assim, foi necessário fazer a permissão seguindo os passos: configurações > aplicativos > mnpef\_lab\_blue\_1\_2 > permissões, e então fazer a devida permissão. Os dois LEDs amarelos servem para isso: um para ligar e desligar clicando no App MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2, destacado na Figura 56.

**Figura 56** – Liga e Desliga LED para teste.



**Fonte:** Print screen da tela do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2.

O outro LED amarelo serviu para verificar se o botão estava conectado corretamente no circuito. Com ele, os alunos tiveram um pouco mais de dificuldade de fazer essa conexão corretamente, pois o encaixe do botão na *protoboard* é mais sensível. Feito isso, começaram as manipulações no potenciômetro para retirarem os dados da tensão de joelho de cada cor de LED, e assim, sua média aritmética, em volts. A Figura 57 mostra os alunos fazendo essa manipulação do potenciômetro.

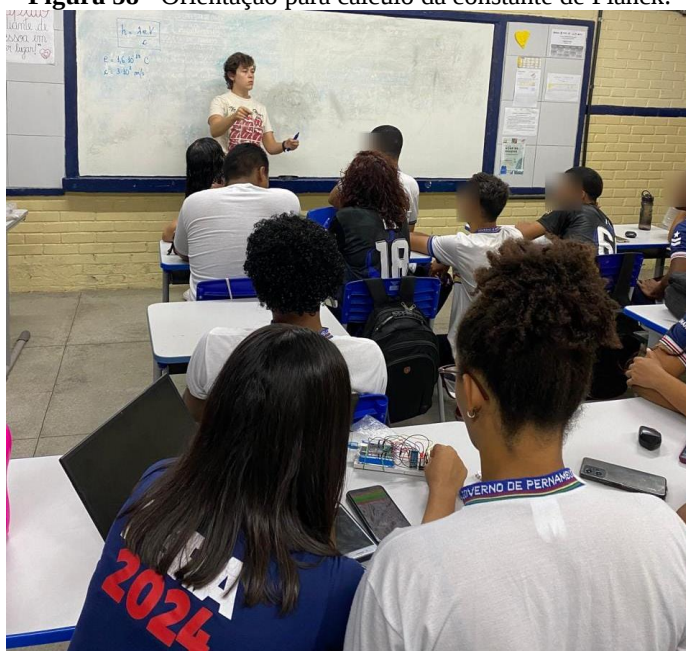
**Figura 57** – Alunos verificando a tensão de joelho do LED.



**Fonte:** Foto registrada pela autora (2023).

Depois de ter os dados do comprimento de onda, tensão de joelho, velocidade da luz e carga elementar, as equipes puderam fazer os cálculos que foram orientados em sala de aula pela professora/mediadora. Assim, cada equipe conseguiu ter uma média da constante de  $6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ . A Figura 58 mostra a orientação dada aos alunos quanto a equação utilizada.

**Figura 58** - Orientação para cálculo da constante de Planck.



**Fonte:** Foto registrada pela autora (2023).

A programação do Arduino Uno responsável pelo circuito já estava compilada na placa e, disponível no Apêndice D, com possibilidade de exploração. Enquanto os alunos estavam fazendo a montagem, o aplicativo que criamos precisava ser instalado no telefone celular de pelo menos um integrante de cada equipe, e nos Apêndices E e F estão a programação em blocos de encaixes e o *designer* do App MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2 (versão 1.2) desenvolvidos no MIT App Inventor, para fazer conectividade entre a plataforma Arduino e os *Smartphones* que executam o OS (*Operating System*) *Android*.

Depois que os alunos conseguiram fazer tanto o experimento quanto a manipulação matemática, dedicamos um tempo para reflexão dos resultados da constante de Planck obtidos da parte experimental e, após esse momento, fizemos a reaplicação do mesmo questionário aplicado no início das atividades, na Etapa *Quark*. Com os dois questionários em mão, foi possível verificar as ideias dos alunos antes e após as atividades desenvolvidas.

Considerando as etapas desenvolvidas, no próximo capítulo apresentaremos as análises dos resultados, com base nos instrumentos de coleta de dados, a utilização da metodologia ativa, Sala de Aula Invertida, e uso do experimento para o cálculo da constante de Planck.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

As discussões abordadas neste capítulo terão como base as atividades desenvolvidas na aplicação do produto educacional. Desse modo, apresentaremos os resultados dos instrumentos utilizados na coleta de dados, bem como sobre o uso da metodologia ativa, Sala de Aula Invertida, e do experimento construído para o cálculo da constante de Planck.

Como ponta pé inicial, tivemos a aplicação de um questionário com o objetivo de identificar as concepções prévias dos alunos acerca de conceitos de Física Moderna e Contemporânea aplicados em situações do cotidiano. Esta análise nos fornece uma visão das ideias e conhecimentos já construídos pelos alunos antes e após as aplicações das Etapas. As respostas nos questionários permitiram verificar nas questões objetivas os “acertos e erros” e nas questões subjetivas, as ideias de cada aluno quanto aos conceitos apresentados.

Dessa forma, observamos que o que os alunos já trazem de aprendizado de acordo com suas vivências, até o que ainda não conseguem chegar a um nível de compreensão. Esses aspectos sobre a aprendizagem são destacados na Teoria de Vygotsky.

No tocante à metodologia ativa escolhida, Sala de Aula Invertida, contribuiu para o processo de ensino e aprendizagem, quanto ao envolvimento de cada aluno nas etapas e as interações em equipe entre eles e entre as propostas trazidas pela professora/mediadora.

Arelado a metodologia ativa, confirmaremos as ideias propostas por Vygostky, que serviu de base para o estudo do produto educacional. Em todas as Etapas, deixamos em evidência a importância de termos contato com a ZDP dos alunos, buscamos enfatizar a importância de atividades que exigem a interação e troca de informações para o processo de ensino e aprendizagem, para então assim, promover aprendizado aos estudantes.

Na atividade experimental utilizando o Arduino UNO e o aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2, na Etapa *Próton*, verificamos que esses recursos podem ajudar na compreensão dos conceitos de Física Moderna e Contemporânea, mais específico, sobre a importância da constante de Planck.

Traremos uma comparação em forma de gráficos, do questionário aplicado na Etapa *Quark* e na Etapa *Fóton*, a fim de compararmos os resultados nas duas Etapas propostas.

### **Etapas *Quark* e *Fóton***

Nas Etapas *Quark* e *Fóton*, analisamos os alunos que estiveram presentes em todas as seis Etapas, totalizando 12 alunos. Fizemos uma verificação de “erros e acertos” das questões,

a fim de termos uma visão do que os alunos indicaram sobre os conteúdos abordados. Além disso, nomeamos os 12 alunos com a nomenclatura de A1 a A12 para podermos fazer as análises de forma mais pontual.

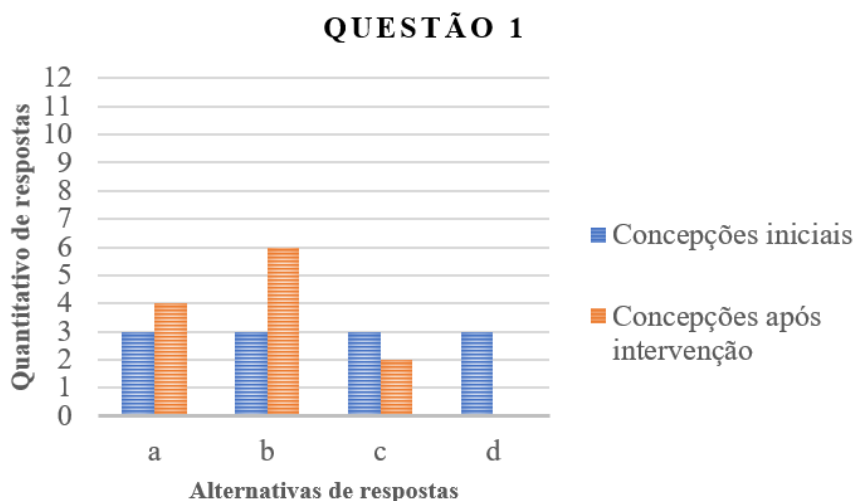
### Questão 1

Na questão 1, abordamos sobre a composição da luz. Halliday, Resnick e Krane (2010, p.4) definem a luz como sendo uma radiação eletromagnética contida no espectro eletromagnético, trazendo no texto seu aspecto ondulatório e corpuscular em capítulos diferentes: “Podemos demonstrar, através de vários tipos de experiências de interferência, que todas as radiações neste espectro se comportam como uma onda”.

“Em 1905 Einstein [...] propôs que a luz pode, de fato, existir como pacotes discretos de energia, que hoje em dia são chamados de fótons” (Halliday; Resnick; Krane, 2010, p. 144). Na questão 1, a alternativa correta é a letra “b” do questionário, em que diz: “Pode se comportar de forma corpuscular e ondulatória de acordo com a Física Quântica”.

Obtivemos seguintes resultados, de acordo com as respostas das Etapas *Quark* e *Fóton*, indicados na cor azul e laranja, respectivamente, no Gráfico 1.

**Gráfico 1** - Comparativo da questão 1 dos dois questionários.



**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

Na Etapa *Quark*, considerando que as alternativas escolhidas foram muito diferentes, distribuídas igualmente, com percentual de 25% cada, percebemos que há uma necessidade de abordar o tema da luz e seus elementos com mais profundidade.

Na Etapa *Fóton*, questão 1: aproximadamente 33,3% marcaram que a luz são partículas energizadas a partir do campo gravitacional. Observamos que 50% acertaram em dizer que a luz pode se comportar de forma corpuscular e ondulatória de acordo com a Física Quântica. Já 16,7% escolheram a opção em que diz que a luz são elétrons carregados positivamente.

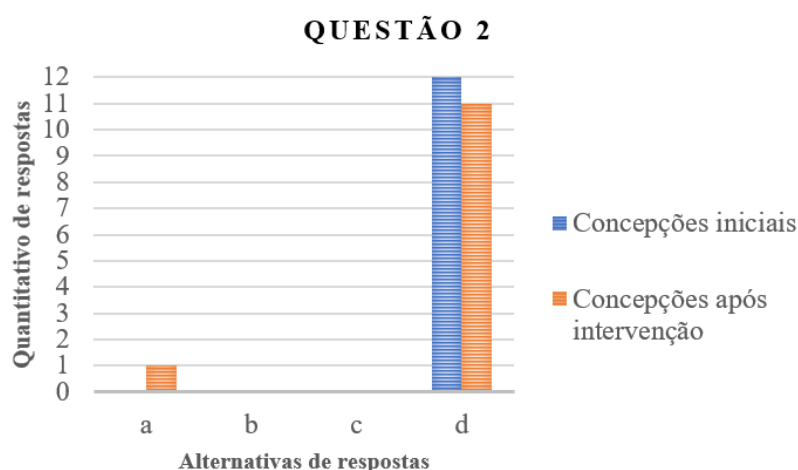
O aluno A3 foi o único que identificou a alternativa correta nas duas Etapas. Enquanto os alunos A2, A8, A9, A11 e A12 não haviam escolhido a letra correta na Etapa *Quark*, após a intervenção, conseguiram alcançar a ideia correta da composição da luz.

## Questão 2

Na questão 2, abordamos sobre o componente eletrônico LDR, conhecido pela maior parte da sala por já terem contato nas aulas de laboratório de Física, juntamente com o Arduino Uno. Para Oliveira e Zanetti (2017, p. 128), “O LDR é um componente que varia a sua resistência conforme o nível de luminosidade que incide sobre ele”. Na alternativa “d” dos questionários, o texto diz “LDR. Um resistor com capacidade de variar a resistência de acordo com a luminosidade do ambiente”, sendo a alternativa correta.

O Gráfico 2 nos mostra o comparativo entre as alternativas escolhidas pelos alunos.

**Gráfico 2** - Comparativo da questão 2 referente aos dois questionários aplicados.



**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

Na Etapa *Quark*, 100% dos alunos acertaram afirmando que esse dispositivo é um LDR, resistor que é capaz de variar sua resistência de acordo com a luminosidade do ambiente. Já na Etapa *Fóton*, 8,3% informaram que o dispositivo responsável pela iluminação de postes de rua são capacitores de placas paralelas. De acordo com JR e Buck (2013, p. 145), a definição de

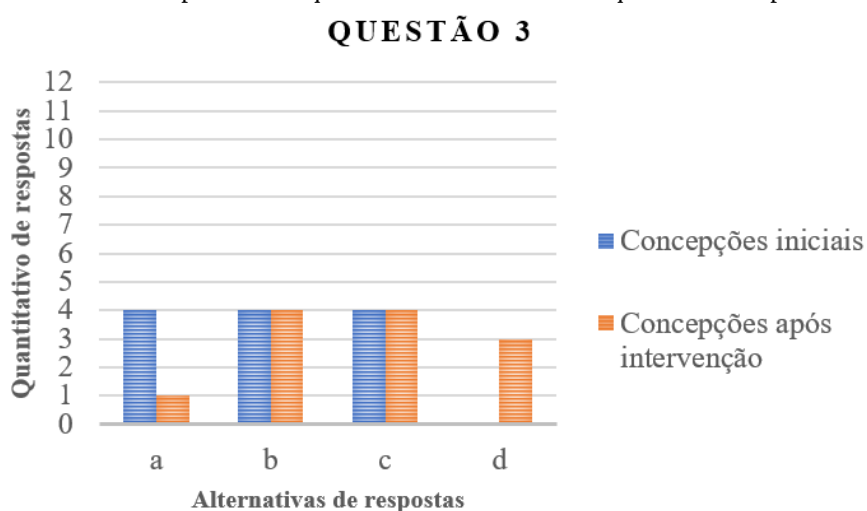
capacitores de placas paralelas pode ser considerada um sistema de dois condutores idênticos cujos planos são paralelos e infinitos, caracterizando a capacitância desse capacitor também infinita. Como a questão não se relaciona o funcionamento de postes das ruas, a alternativa “a” não se enquadra uma questão correta.

### Questão 3

Na questão 3, destacamos a importância dos diodos para um circuito elétrico, para que os alunos identificassem a função desse componente. Para Oliveira e Zanetti (2017, p. 42) “um diodo é um componente semicondutor que permite que a corrente flua em apenas um sentido”, assim como destacamos na alternativa “a”, considerada a correta.

O Gráfico 3 mostra o quantitativo de respostas em relação as alternativas escolhidas pelos alunos da questão 3.

**Gráfico 3** - Comparativo da questão 3 referente aos dois questionários aplicados.



**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

Na Etapa *Quark*, questão 3: 33,3% marcaram a alternativa correta, que afirma que um diodo é um componente que permite a passagem da corrente elétrica somente em um sentido; 33,3% acharam que o diodo é um limitador de resistência elétrica; 33,3% acreditam que o diodo é um armazenador de energia; nenhum estudante acreditou que o diodo é um fio enrolado em espiras.

Já na Etapa *Fóton*: 8,3 % de alunos que marcaram a alternativa correta, que afirma que um diodo é um componente que permite a passagem da corrente elétrica somente em um sentido; 33,3% acharam que o diodo é um limitador de resistência elétrica; 33,3% acreditam

que o diodo é um armazenador de energia; 25% afirmaram que o diodo é um fio enrolado em espiras.

O aluno A6 mostrou que sabia definir a função de um diodo tanto na Etapa *Quark* quanto na Etapa *Fóton*. Já os alunos A7, A9 e A11 identificaram a alternativa correta na Etapa *Quark* e não prosseguiram com a mesma ideia. Assim, percebemos que para essa situação, os alunos não conseguiram alcançar a ideia principal da função nem do funcionamento de um diodo, e que precisariam de mais intervenções didáticas para a construção desse conhecimento científico.

#### Questão 4

As ideias expostas pelos alunos nas Etapas, *Quark* e *Fóton*, correspondentes a primeira e última Etapas, respectivamente, da questão 4, estão expressas em categorias de respostas, no Quadro 6, juntamente com as frequências e os percentuais.

As respostas dos alunos podem se enquadrar em mais de uma categoria, uma vez que foi solicitado as vantagens sobre a uso das lâmpadas do tipo LED, em situações do dia a dia.

**Quadro 6** - Categorização das respostas - Questão 4

| As lâmpadas que utilizamos em nossas residências passaram por evoluções: incandescentes, fluorescentes e, atualmente, as lâmpadas do tipo LED, que estão sendo utilizadas nas residências, comércio, indústrias, telas de exibição, sinalização semafórica entre outros. Dentre os diversos usos, cite duas vantagens da utilização dessa nova tecnologia. |                                           |                           |      |                                           |                           |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|------|-------------------------------------------|---------------------------|------|
| Categorias das Respostas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Etapa <i>Quark</i>                        |                           |      | Etapa <i>Fóton</i>                        |                           |      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Alunos                                    | Frequências das Respostas | %    | Alunos                                    | Frequências das Respostas | %    |
| Economia de energia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | A2, A3, A4, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12 | 10                        | 50,0 | A2, A3, A4, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12 | 10                        | 47,6 |
| Ilumina mais o ambiente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | A5, A7, A8, A12                           | 4                         | 20,0 | A5, A6, A7, A8, A11, A12                  | 6                         | 28,5 |
| Aquecem menos o ambiente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | A9, A10, A12                              | 3                         | 15,0 | A9, A10                                   | 2                         | 9,5  |
| Preservação do meio ambiente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | -                                         | -                         | -    | A3                                        | 1                         | 4,8  |
| Maior                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                           |                           |      |                                           |                           |      |

|                                           |         |    |       |    |    |       |
|-------------------------------------------|---------|----|-------|----|----|-------|
| durabilidade                              | A5, A11 | 2  | 10,0  | -  | -  | -     |
| Iluminação mais confortável para os olhos | -       | -  | -     | A2 | 1  | 4,8   |
| Não respondeu                             | A1      | 1  | 5,0   | A1 | 1  | 4,8   |
| Total                                     | -       | 20 | 100,0 | -  | 21 | 100,0 |

**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

No Quadro 6, observamos que a maioria das ideias dos alunos, antes e após as vivências, estava mais voltada para as categorias “economia de energia” e “ilumina mais o ambiente”. Esses resultados são importantes, pois revelam vantagens sobre a eficiência energética e luminosa. Os LEDs consomem muito menos energia do que as lâmpadas incandescentes e fluorescentes, reduzindo o custo de energia, nas residências, na indústria, no comércio, na utilização em equipamentos entre outras coisas. Para Fowler (2013), “os LEDs brancos são muito mais eficientes em termos energéticos, menos sujeitos às falhas por vibração e possuem vida útil muito superior as lâmpadas incandescentes. ”

Quanto à luminosidade, irá depender de alguns fatores, tais como: variedade de potência e intensidade, eficiência luminosa, temperatura de cor, entre outros. A categoria “aquecem menos o ambiente” foi a terceira mais apontada pelos alunos. O calor emitido é muito menor em relação a outros tipos de lâmpadas. O fato de as lâmpadas LEDs consumirem menos energia, elas precisam ser substituídas com menos frequência, fazendo com que haja diminuição na sua fabricação, poluindo menos e, consequentemente, preservando o meio ambiente.

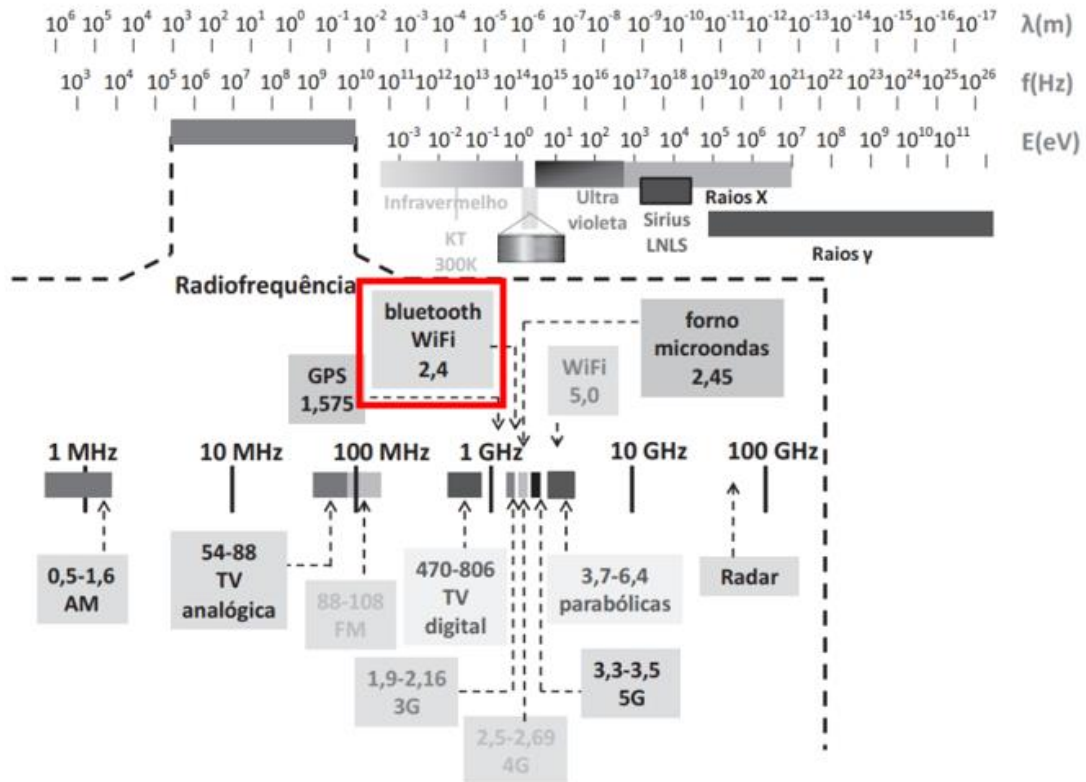
Percebemos que os alunos A7, A8 e A10 permaneceram nas mesmas categorias antes e após as vivências, não apresentando outras vantagens sobre o uso do LED. A categoria de iluminar mais o ambiente foi percebida pelos alunos A6 e A11 após as intervenções, na Etapa *Fóton*. Já a aluna A1 não conseguiu perceber as vantagens do uso da lâmpada LED antes nem após nossas intervenções, necessitando de mais atenção em relação a esses conceitos.

## Questão 5

Na questão 5 buscamos destacar informações sobre o funcionamento das tecnologias *bluetooth* e do *wi-fi*, pois consideramos importante os alunos terem uma ideia de como eles conseguiam acesso aos dois recursos disponíveis na escola. A alternativa considerada correta nos informa que o *wi-fi* e o *bluetooth* utilizam ondas de rádio para transmitir dados. A Figura 59, mostra o espectro eletromagnético em que conseguimos identificar que o *wi-fi* e *bluetooth*

se localizam no intervalo das ondas de rádio, com uma frequência de, aproximadamente, 2,4 GHz.

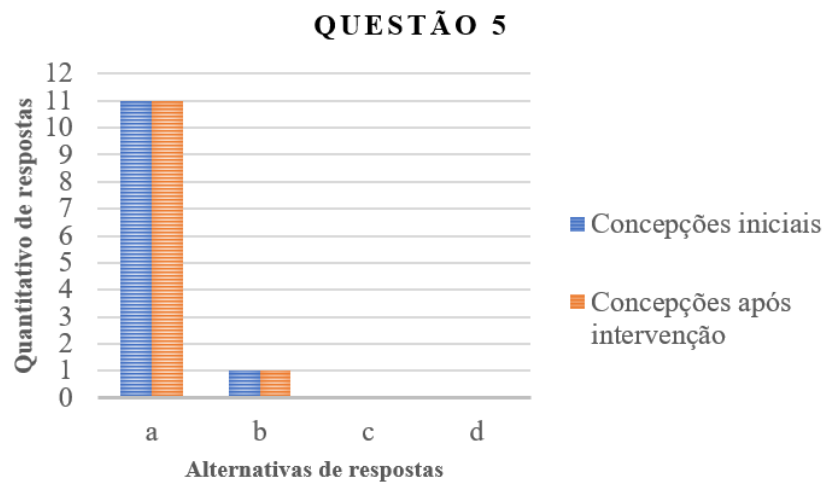
**Figura 59** - Espectro eletromagnético: *bluetooth* e *wi-fi*.



Fonte: Adaptado de Montenegro (2023, p. 99).

O Gráfico 4 mostra o quantitativo de respostas em relação as alternativas escolhidas pelos alunos na questão 5.

**Gráfico 4** - Comparativo da questão 5 dos dois questionários



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Na Etapa *Quark*, 91,7% dos alunos afirmaram entender que tanto o *wi-fi* quanto o *bluetooth* transmitem dados por meio de ondas de rádio; 8,3% acreditam que o funcionamento de transmissão do *wi-fi* é mais lenta que o *bluetooth*.

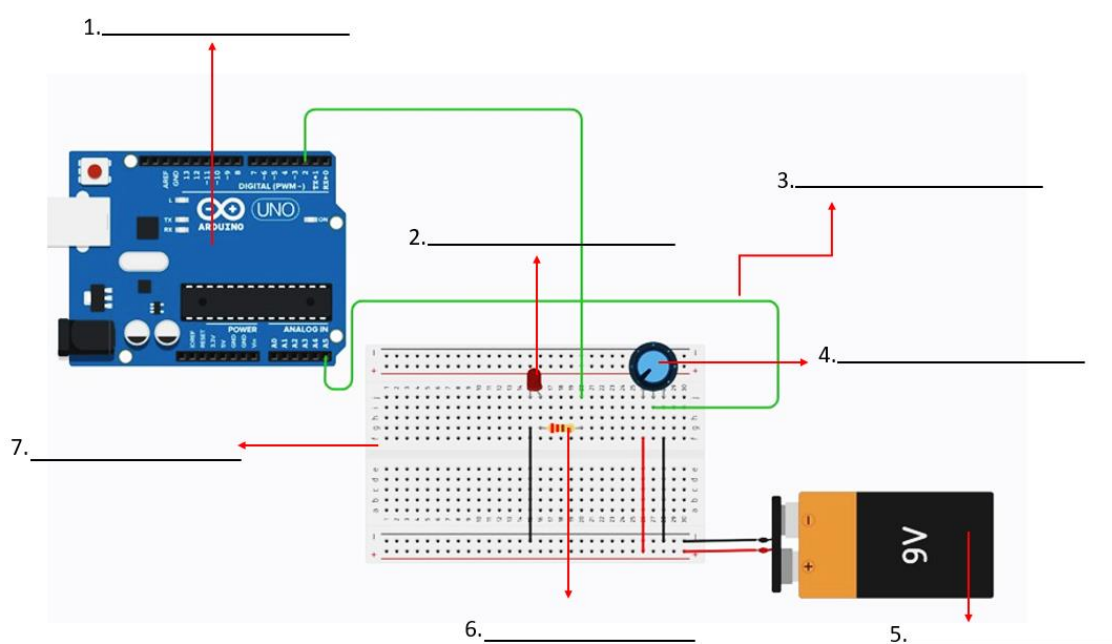
Na Etapa *Fóton*, verificamos que 91,7% dos alunos informaram que tanto o *wi-fi* quanto o *bluetooth* transmitem dados por meio de ondas de rádio; 8,3% acreditam que o funcionamento de transmissão do *wi-fi* é mais lenta que o *bluetooth*.

Apesar das percentagens estarem iguais nas duas Etapas, a escolha pela alternativa “b” veio por alunos diferentes e nas Etapas diferentes. O aluno A8 marcou a alternativa “b” na Etapa *Quark*, enquanto o aluno A9, na Etapa *Fóton*. Ainda assim, consideramos que o conhecimento dos conceitos foi bem construído após nossas intervenções.

### Questão 6

Na questão 6, colocamos uma imagem de um circuito elétrico com os seguintes componentes: 1- Arduino Uno; 2- LED; 3- *Jumpers*/fios; 4- Potenciômetro; 5- Bateria/Fonte; 6- Resistor; 7- Protoboard, como mostra a Figura 60 abaixo. Todos esses componentes, os alunos já tinham conhecido em aulas anteriores de laboratório.

**Figura 60** - Montagem do experimento.



**Fonte:** Elaborado pela autora (2023).

O Quadro 7 mostra o que os alunos responderam nas Etapas *Quark* e *Fóton* para cada numeração correspondente na Figura 60.

**Quadro 7** - Categorização das respostas - Questão 6.

(continua)

| Categorias das Respostas  | Etapa <i>Quark</i>                            | Etapa <i>Fóton</i>                                |
|---------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                           | Alunos                                        | Alunos                                            |
| 1. Arduino Uno            | A1, A3, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12         | A1, A3, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12             |
| 2. LED                    | A1, A2, A3, A4, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12 | A1, A2, A3, A4, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12     |
| 3. <i>Jumpers</i> ou fios | A2, A3, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12         | A2, A3, A4, A6, A7, A9, A10, A11, A12             |
| 4. Potenciômetro          | A7, A11                                       | A4, A6, A10, A11                                  |
| 5. Bateria                | A1, A2, A3, A4, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12 | A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12 |
| 6. Resistor               | A1, A2, A3, A7, A8, A9, A10, A11, A12         | A1, A2, A3, A4, A5, A7, A8, A9, A10, A11, A12     |
| 7. <i>Protoboard</i>      | A7, A10, A11                                  | A2, A3, A6, A7, A10, A11, A12                     |
| 8. Outros                 | A1, A2, A3, A4, A5, A6, A8, A9, A10, A12      | A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A12           |

**Fonte:** Elaborado pela autora (2024)

As categorias 1 e 2 nos mostram que os nove alunos destacados responderam corretamente nas Etapas *Quark* e *Fóton*. Na categoria 3, apesar de termos os mesmos números de frequência de resposta, o aluno A4 se destaca por não ter respondido na Etapa *Quark*, mas após as intervenções, na Etapa *Fóton*, ele identificou os *jumpers*. Esse mesmo processo ocorre na categoria 4, o potenciômetro foi o componente menos reconhecido na Etapa *Quark*, talvez pelo desenho feito no site *Tinkercad* não possa ter ajudado, ou pelos alunos apenas não conhecerem o componente. Na Etapa *Fóton*, apenas o aluno A11 se repete na categoria potenciômetro, onde o restante aparece pela primeira vez.

Na categoria 5, a maior parte dos alunos identificaram uma bateria, enquanto que o aluno A5 respondeu “fusível” na Etapa *Quark*, e após nossas intervenções, na Etapa *Fóton*, conseguiu responder bateria. Na categoria 6, os alunos A4 e A5 chegaram a resposta do resistor apenas na Etapa *Fóton*.

A *protoboard* também foi um componente pouco identificado na Etapa *Quark*. Nas aulas de laboratório os alunos já tinham conhecido a placa, porém na Etapa *Quark* não conseguiram identificá-la. Destacamos os alunos A7, A10 e A11 que preencheram corretamente em ambas as Etapas.

Na questão 6, analisamos alguns alunos que não informaram os nomes dos componentes nas Etapas do circuito elétrico. O aluno A4, na Etapa *Quark*, chama atenção por deixar em branco as categorias: 1, 3, 4, 6 e 7. Já na Etapa *Fóton*, só não responde a categoria 7, confirmando que as intervenções foram relevantes para a construção do conhecimento desse aluno.

### **Etapa *Nêutron***

Quando enviamos o material pelo *Classroom*, percebemos que a leitura em casa não foi realizada por todos os alunos. Isso pôde ter comprometido as atividades feitas nas próximas Etapas, e até na compreensão dos conceitos discutidos em sala.

### **Etapa *Bóson***

Na Etapa *Bóson*, os alunos em equipe realizaram a leitura de temas do texto: *Física Quântica: Entenda de uma vez ou não*. Durante o debate, os alunos puderam compartilhar para toda a sala, as principais ideias que consideraram importantes serem levantadas no texto. Observamos que os alunos que já haviam feito a leitura em casa, como foi solicitado pela

professora/mediadora, destacaram de forma significativa, demonstrando clareza e entendimento sobre o que estavam falando.

### ***Etapas Elétron***

As respostas apresentadas pelos alunos no questionário da Etapa *Elétron* foram analisadas de forma a considerar as visões trazidas pelos alunos em grupos de forma ampla, considerando que todas exigiam respostas dissertativas. Como afirmamos anteriormente, estamos analisando apenas as respostas dos 12 alunos que participaram de todas as Etapas. Separamos esses alunos em grupos, que estão apresentados no Quadro 8 abaixo, junto com suas respectivas respostas do questionário da Etapa *Elétron*.

**Quadro 8** - Grupos e respostas do questionário da Etapa *Elétron*.

| <b>Grupos</b>     | <b>Questão 1</b>                                                      | <b>Questão 2</b>                                                                                                                                 | <b>Questão 3</b>                                                                                                                                                                            | <b>Questão 4</b>                                                                                                                                                                                   |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. A1, A2, A3, A6 | Um metal quando exposto a luz, libera elétrons (partículas) ao acaso. | São partículas que compõem a luz, e que podem ser definidos como pequenos “pacotes” que conduzem energia contida nas radiações eletromagnéticas. | Essa equação é denominada pelo Efeito Fotoelétrico, no qual (E) é a energia dos fótons, o (h) a constante de Planck e (f) a frequência da luz.                                              | É explicada pela relação em que Ondas podem se comportar-se como partículas e vice-versa. Assim, a luz, em determinados momentos, se comporta como uma onda, e em outros momentos, como partícula. |
| 2. A4 e A5        | É a emissão de elétrons por um material quando exposto à luz.         | É a unidade fundamental de energia da luz. É uma partícula elementar que transporta energia eletromagnética.                                     | Representa a relação entre a energia (E) de um fóton e a frequência (f) da radiação eletromagnética. (h) é a constante de Planck, que determina o valor mínimo de energia que um fóton pode | É uma propriedade da matéria e da radiação, onde tanto onda e partículas podem exibir comportamento característico de ambos.                                                                       |

|             |                                                                                                                      |                                                                                                             | ter.                                                                                                              |                                                                                                                                     |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. A7 e A12 | A emissão de elétrons por um material quando exposto à luz.                                                          | A menor unidade de energia eletromagnética que constitui a luz e outras formas de radiação eletromagnética. | A relação entre a energia (E) de um fóton e a frequência (f) da radiação eletromagnética.                         | É a ideia de que partículas subatômicas, como elétrons e fótons, podem exibir características tanto de partículas, quanto de Ondas. |
| 4. A9 e A11 | Quando fótons atingem uma superfície metálica, podem transferir energia para os elétrons.                            | Partícula que compõe a luz e transporta energia.                                                            | Constante de Planck que relaciona a energia de uma partícula com a frequência da radiação emitida pelo mesmo.     | Ondas que podem se comportar como partícula e partículas que podem se comportar como Ondas.                                         |
| 5. A8 e A10 | Esse efeito consiste na emissão de elétrons em um metal, por exemplo, ao ser iluminado por radiação eletromagnética. | São pequenos pacotes que transportam energia discreta contida na luz.                                       | Ela calcula a quantidade de energia do fóton, baseada na frequência da luz multiplicada pela constante de Planck. | A luz pode se comportar como Ondas e como partículas, dependendo do momento.                                                        |

**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

Para análise da Etapa *Elétron*, consideramos apenas as questões três e quatro, com os seguintes questionamentos: “ $E = hf$ , explique o que essa equação significa” e “Como explicar a dualidade onda-partícula?”, respectivamente, que estabelecem articulações com a questão 1, do questionário das Etapas *Quark e Fóton*, que ressalta sobre a composição da luz e dualidade onda-partícula e, na Etapa *Próton*, com o cálculo da constante de Planck.

Na questão três, os grupos responderam ao questionamento descrevendo o que significa cada grandeza da equação  $E = hf$ . Quanto a sua interpretação, Serway e Jewett, Jr (2014, p. 135):

[...] Einstein estendeu o conceito de quantização de Planck para ondas eletromagnéticas. Ele assumiu que a luz (ou qualquer outra onda eletromagnética) de frequência  $f$  pode ser considerada uma corrente de *quanta*, independentemente da fonte de radiação. Hoje, chamamos esses *quantas* de fótons. Cada fóton tem uma energia  $E$  dada pela Equação  $E=hf$ , e move-se no vácuo à velocidade da luz  $c$ , onde  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$  (Serway; Jewett, Jr, 2014, p. 135).

Na Questão 4, as respostas giraram em torno de mostrar o comportamento dual da luz. Para Tipler e Mosca (2009), “A dualidade onda–partícula da natureza é ilustrada analisando a experiência na qual um único elétron incide numa barreira que tem duas fendas. A análise é virtualmente a mesma usando um elétron ou um fóton (luz)”.

Acreditamos que os grupos nesta Etapa conseguiram construir uma base de conhecimento científico acerca de conceitos da Física Moderna e Contemporânea.

**Etapa Próton**

A montagem do experimento foi bastante demorada, pelo fato de serem muitos componentes e conexões. Passamos duas aulas, de 50 minutos cada uma, e algumas equipes não conseguiram concluir, sendo necessários mais duas aulas para conclusão final. Nossa estratégia foi deixar a montagem na fase em que os alunos deixaram, e assim, guardamos em um lugar que ninguém pudesse ter acesso e no encontro seguinte, devolvemos para que os alunos pudessem finalizar.

Os dados pesquisados e calculados por todas as equipes estão disponíveis na Tabela 1 abaixo.

**Tabela 1** - Valores do experimento realizado pelos alunos.

| Cor do LED |                                                                                     | Comprimento de onda | Tensão (média) | Valor da constante de Planck |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------|------------------------------|
| Verde      |  | 530 nm              | 1,99 V         | $6,6 \times 10^{-34} J.s$    |
| Azul       |  | 450 nm              | 2,19 V         | $5,3 \times 10^{-34} J.s$    |
| Vermelho   |  | 680 nm              | 1,63 V         | $5,9 \times 10^{-34} J.s$    |
| Amarelo    |  | 577 nm              | 1,74 V         | $5,4 \times 10^{-34} J.s$    |
| Azul       |  | 425 nm              | 2,44 V         | $5,5 \times 10^{-34} J.s$    |

**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

Os valores de comprimento de onda foram pesquisados pelos alunos na internet, enquanto para os valores de tensão depende exclusivamente do manuseio no potenciômetro por parte dos alunos, considerando assim o erro percentual de aproximadamente 15%. O que pode melhorar e aproximar ainda mais esses dados, é a disponibilização dos valores de comprimento de onda das cores correspondentes dos LEDs antes de realizarem os cálculos. Além disso, o acompanhamento mais de perto para todas as equipes, enquanto estão fazendo os procedimentos sugeridos também pode melhorar os valores encontrados.

Sobre a programação para placa Arduino não foi digitada e feito o *sketch* pelos alunos, por conta do período em que foi feita a aplicação do produto. A ideia seria que os alunos tivessem acesso a essa programação, caso tenham oportunidade de utilizar computadores.

Para além das nossas Etapas, consideramos que nossa escolha da metodologia ativa Sala de Aula Invertida contribuiu de forma significativa em todo o processo de ensino e aprendizagem. Individualmente, a SAI ofereceu a oportunidade de os alunos acessarem o artigo antes da aula na sala, permitindo que esses alunos pudessem se preparar previamente os tópicos trazidos no material. Além disso, o tempo em sala de aula foi otimizado, mesmo com o fato de nem todos os alunos terem feito a leitura em casa.

A escolha das Etapas possibilitou uma “ordem” das aulas que facilitou a construção do conhecimento dos alunos. Em adição, a combinação de atividades digitais e não digitais chamou atenção dos alunos, fazendo com que os alunos participassem com mais interesse das atividades das Etapas. As tarefas em grupo das Etapas proporcionaram uma interação e engajamento maior durante as atividades.

A escolha no embasamento teórico de Vygotsky, se adequou a metodologia aplicada, enfatizando a importância na interação entre os participantes nas atividades das Etapas, onde os alunos puderam compartilhar pontos de vista e construir conhecimento.

A atividade experimental permitiu que os alunos entrassem em contato direto com os conteúdos que trabalhamos nas Etapas anteriores. Além disso, os alunos conseguiram ver que a constante de Planck pode ser calculada de formas diferentes, observando também, sua importância nos estudos da Física Moderna e Contemporânea.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do tema desta pesquisa partiu do interesse de aprimoramento por parte da professora, autora deste trabalho, em abordar conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), de forma a contribuir para a participação ativa dos discentes. À vista disso, atividades experimentais foram utilizadas para a efetivação do processo de ensino e aprendizagem nas aulas de Física. Assim, tais fatores foram norteadores para a construção do problema de pesquisa do nosso produto educacional.

A abordagem com metodologias ativas, no caso da Sala de Aula Invertida (SAI), trouxe resultados significativos e promissores, caracterizando-se como um fator motivador, pois diante da realidade, compreender, refletir, pesquisar e aplicar novas metodologias tornam-se essenciais para o contexto educacional.

Neste cenário, a SAI auxiliou, sobretudo, a interação entre os alunos e os conteúdos programados para as Etapas estabelecidas nesta pesquisa, acarretando o protagonismo e o engajamento dos estudantes. Ademais, trabalhar os momentos planejados em forma de Etapas, favoreceu um direcionamento eficaz do ensinar, de modo a distanciar-se de aulas meramente conteudistas e tradicionais voltadas à Física. Para isso, utilizou-se atividades *on-line* e não digitais seguindo um roteiro com início, meio e fim.

Em se tratando do processo ensino e aprendizagem, foi utilizado como base os conceitos e ideias de Vygotsky, com ênfase na Zona de Desenvolvimento Proximal dos alunos, auxiliando como um suporte na aplicação das Etapas. Buscou-se, portanto, o anseio por reflexões e possibilidades para a qualidade da educação. Nessa perspectiva, a Teoria de Vygotsky propiciou a interação e o compartilhamento de informações pertinentes no tocante aos conceitos na área da Física.

Além do exposto, a aplicação de dois questionários, nas Etapas *Quark* e *Fóton*, oportunizou a identificação da evolução dos alunos em relação à FMC e, consequentemente, atrelando esses conteúdos com seu cotidiano. Diante disso, foi possível ir ao encontro do objetivo geral embasado nesta pesquisa, com foco nas contribuições de uma proposta metodológica, utilizando o modelo de Sala de Aula Invertida, juntamente com os recursos tecnológicos, Arduino UNO e o aplicativo *MIT App Inventor*, na determinação experimental da constante de Planck com estudantes do ensino médio.

O interesse por conhecimento da possibilidade de integrar tecnologias acessíveis, como a plataforma Arduino e o *MIT App Inventor*, pôde proporcionar oportunidades diferenciadas para se trabalhar conceitos abstratos de forma mais atrativa. A facilitação dessa atividade

experimental, deu-se ao fato de os alunos já conhecerem a plataforma Arduino nas aulas de laboratório de Física durante o ano letivo. Nesse ínterim, atribui-se a relevância de apresentar a plataforma Arduino antes da aplicação da atividade experimental, pois, é uma montagem minuciosa e requer tempo para a realização desta atividade laboral.

O acompanhamento mais de perto na aplicação do experimento para o cálculo da constante de Planck também é uma sugestão, visto que os estudantes possuem uma dificuldade em compreender e manipular dados matemáticos, o que pode ajudar na diminuição das taxas de erros nos cálculos em relação aos valores finais da constante de Planck.

Diante desses fatos, acredita-se que a aplicação desse produto educacional apresentou-se como um atrativo interessante para os alunos e, podendo ser acessado facilmente por professores da área de Física. Nesse sentido, é de suma importância buscar inspirações em paradigmas educacionais inovadores, de forma a prevalecer a oferta por uma educação mais significativa, integrada, crítica e, sobretudo, próxima à realidade dos alunos.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. **Módulo Bluetooth HC-05 e HC-06: acionando módulo relé - Arduino - Portal VDS.** In: PORTAL. 2017. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/modulo-bluetooth-hc-05-e-hc-06/>. Acesso em: 10 abr. 2024.
- ALVARENGA, F.; NETO, J. I. M. S.; COELHO, G. R. **Processo de validação de uma sequência de ensino investigativa para o ensino de física moderna e contemporânea: da gravitação aos buracos negros.** Experiências em Ensino de Ciências, v. 17, n. 2, p. 66-90, 2022.
- ALVES, R. M. et al. **Uso do hardware livre Arduino em ambientes de ensino-aprendizagem.** Jornada de Atualização em Informática na Educação, v. 1, n. 1, p. 162-187, 2012.
- ANTUNES, R. G. et al. **Implementação de propostas de ensino de Física Moderna no Ensino Médio.** Jornada de Iniciação Científica e Extensão, v. 18, n. 1, 2023.
- ARAÚJO, I. B. Q. et al. **Desenvolvimento de um protótipo de automação predial/residencial utilizando a plataforma de prototipagem eletrônica Arduino.** In: Anais: XL CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA (Cobenge), Belém, UFPA. 2012.
- ARAUJO, I. S. C. **Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: tecendo conexões com os recursos da cultura digital.** 2020. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.
- ARDUINO.CC. **Portal do Arduino: placas.** Disponível em: <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 20 mai. 2024.
- BACICH, L. **Ensino Híbrido: proposta de formação de professores para uso integrado das tecnologias digitais nas ações de ensino e aprendizagem.** In: Anais do XXII WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA. SBC, 2016. p. 679-687.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática.** (Desafios da educação). Porto Alegre: Penso, 2018.
- BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. **Ensino Híbrido: personalização e tecnologia na educação.** Porto Alegre: Penso, 2015.
- BANDEIRA, S. L. **Aprendizagem de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio profissionalizante utilizando arduino.** 2017. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2017.
- BARBOSA, R. G.; BATISTA, I. L. Vygotsky: um referencial para analisar a aprendizagem e a criatividade no ensino da física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 1, p. 49-67, 2018.

BENEDETTI FILHO, E.; SILVA, A. O. D.; FAVARETTO, D. V. Um jogo de tabuleiro utilizando tópicos contextualizados em Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de aula invertida**: uma metodologia ativa de aprendizagem. Tradução Afonso Celso da Cunha Serra. 1ª ed., Rio de Janeiro. LTC, 2016.

BERTOLI, R. A. **Eletrônica**. V. 3. Colégio Técnico de Campinas, UNICAMP. Disponível em:  
[https://cin.ufpe.br/~es238/arquivos/referencias/transistores/apostila\\_eletronica\\_unicamp.pdf](https://cin.ufpe.br/~es238/arquivos/referencias/transistores/apostila_eletronica_unicamp.pdf).  
 Acesso em: 4 mar. 2024.

BESSA, V. H. **Teorias da Aprendizagem**. 2 ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2011.

BIAZUS, M. O.; ROSA, C. T. W. **Abordagem de tópicos de mecânica quântica no ensino médio**: partindo da aproximação com o cotidiano. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 3, p. 159-177, 2016.

BRAGA, J. P.; FILGUEIRAS, C. A. L. **O centenário da Teoria de Bohr**. *Química Nova*, v. 36, n. 7, p. 1073-1077, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**: educação é a base. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em:  
[http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf).  
 Acesso em: 21 mar. 2023.

CASTRO, C. H. et al. **Bafômetro de baixo custo**: utilizando Arduino e App Inventor. *Anais do COMPUTER ON THE BEACH*, v. 8, p. 535-537, 2017.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. **Uma oficina de física moderna**: que vise a sua inserção no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 18, n. 3, p. 298-316, 2001.

CAVO JUMPER ARDUINO, Banana Pi, Raspberry Pi - 40 pin 210mm. Disponível em:  
<https://www.websrl.com/elettronica/arduino/cavo-jumper-arduino-banana-pi-raspberry-pi-40-pin-210mm/>. Acesso em: 9 abr. 2024.

COÊLHO, V. B. et al. Física moderna no ensino médio: uma avaliação do aprendizado qualitativo assimilado pelos alunos. **Brazilian Journal of Development**, p. 58831-58838, 2022.

DEPONTI, M. A. M.; BULEGON, A. M. **Contribuições da sala de aula invertida para o ensino de Física**: um estudo no ensino médio à luz da teoria da aprendizagem significativa. 2020. Tese (Doutorado), Santa Maria: Universidade Franciscana – UFN, 2020.

EVANGELISTA, F. L.; CHAVES, L. T. Uma proposta experimental e tecnológica na perspectiva de Vygotsky para o ensino de Física. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 1, p. 177-200, 2019.

FERNANDES, J. B. A. **Aquisição de dados com Arduino e smartphone**: experimento do pêndulo simples. 2020. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias inovativas**: na educação presencial, a distância e corporativa. 2 ed. São Paulo: SaraivaUni, 2023.

FINIZOLA, A. B. et al. **O ensino de programação para dispositivos móveis**: utilizando o MIT-App Inventor com alunos do ensino médio. In: Anais do WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA. 2014. p. 337-341.

FOWLER, R. **Fundamentos de eletricidade**: corrente contínua e magnetismo. 7. ed. v. 1 (Tekne). Porto Alegre: Grupo A, 2013. E-book. Acesso em: 19 jul. 2024.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREITAS, V. J. **A aplicabilidade da Flipped Classroom no ensino de física**: para turmas da 1ª série do ensino médio. 2015. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

G1. **Trio ganha Nobel de Física**: por viabilizar uso de LED para iluminação. G1, São Paulo, 7 out. 2014, Ciência e Saúde. Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/10/trio-ganha-nobel-de-fisica-por-invencao-de-luz-que-economiza-energia.html>. Acesso em: 26 mar. 2024.

GONÇALVES, K. M. **Uma proposta para o ensino de conceitos da física moderna**: por meio da aprendizagem baseada em problemas. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino Tecnológico) – Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2020.

GOULART, G. S.; LEONEL, A. A. **Revisão da literatura sobre o ensino de física moderna e contemporânea no ensino médio**: potencialidades a partir da aprendizagem significativa. Revista Dynamis, v. 26, n. 1, p. 192-215, 2020.

GUEDES, D. B. **Linguagem de programação Python e Arduino como ferramenta para motivar estudantes iniciantes em programação**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

GUIMARÃES, U. A. et al. As tecnologias digitais de informação e comunicação no contexto da educação básica. RECIMA21 - **Revista Científica Multidisciplinar** - ISSN 2675-6218, v. 3, n. 11, p. e3112269, 2022.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física**, v. 4: Ótica e Física Moderna. 9. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Física**. 5. ed. Rio de Janeiro: Grupo GEN, v. 4, 2010. E-book. Acesso em: 08 jun. 2024.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física - Óptica e Física Moderna**. 12. ed. Rio de Janeiro: Grupo GEN, v. 4, 2023.

HORN, M. B.; STAKER, H.; CHRISTENSEN, C. **Blended**: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação. Porto Alegre: Penso, 2015.

JANUÁRIO, M. D. de A.; MASSONI, N. T. **Temas de Física Moderna na educação básica**: uma revisão em anais de eventos nacionais em ensino de Física. In: Anais do IX ENCONTRO ESTADUAL DE ENSINO DE FÍSICA-RS, 2023, p. 129-132.

JESUS, J. J. de; OLIVEIRA, A. F. de; SILVA, A. P. da. Espectrômetro digital: uma proposta de construção de um experimento de Física Moderna para o ensino remoto. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e51410817786, 2021.

JR., W. H. H.; BUCK, J. A. **Eletromagnetismo**. 8. ed. Porto Alegre: Grupo A, 2013. E-book. Acesso em: 18 jul. 2024.

LARA, V. de O. M. **Abordagens variadas no ensino de Física para os níveis médio e superior**. 2015. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

LEITE, F. R. R. S.; SOUSA, L. L. de L.; SORRETINO, T. A. Aplicação de roteiros-guia para experimentação simulada na teoria sociointeracionista de Lev Vygotsky. **Peer Review**, v. 5, n. 7, p. 71-87, 2023.

LEITE, I. J. M. **Experimentos de física moderna para a determinação da constante de Planck utilizando Arduino e Visual Basic**: uma alternativa na formação e na prática docente. 2019. 184 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Física) – Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Física em Rede Nacional, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

LIBARDONI, G. C. **Oficina de Robótica no Ensino Médio como metodologia de construção de conhecimentos de Ciências Exatas**. 2018. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

MACÊDO, M. A.; FARIA, E. C. **Manual pedagógico de robótica educacional**. 2021. Produto educacional (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT) – Programa de Pós-Graduação do Instituto de Matemática e Estatística – IME, Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiás, 2021.

MARTINAZZO, C. A. et al. **Arduino: Uma tecnologia no ensino de física**. Revista Perspectiva, v. 38, n. 143, 2014.

MILANI, I.; STOLTZ, T.; HIGA, I. **Vygotsky e o ensino de física: um olhar a partir do encontro de pesquisa em ensino de física**. Arquivos do Mudi, v. 24, n. 3, p. 204-215, 2020.

MIT APP INVENTOR. Disponível em: <https://appinventor.mit.edu/>. Acesso em: 11 abr. 2024.

MIT-App Inventor com alunos do ensino Médio. In: **WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA**, 2014. Anais [...] Porto Alegre: SBC, 2014. p. 337-341.

MÓL, G. de S. Pesquisa qualitativa em ensino de química. **Revista Pesquisa Qualitativa**, [S. l.], v. 5, n. 9, p. 495–513, 2017. Disponível em: <https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/140>. Acesso em: 9 jul. 2024.

MONK, S. **30 Projetos com Arduino** (Tekne). 2. ed. Porto Alegre: Bookman. Grupo A, 2014. E-book. Acesso em: 31 abr. 2024.

MONTENEGRO, E. C. **Ondas eletromagnéticas: conceitos básicos**. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2023. E-book. Acesso em: 20 jul. 2024.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Interfaces entre visões epistemológicas e ensino de ciências**. Ensino, Saúde e Ambiente, v. 9, n. 1, 29 maio 2016. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/ensinosaudeambiente/article/view/21213/12685>. Acesso em: 17 abr. 2024.

MOREIRA, M. P. C. et al. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Blucher, 2014.

NUSSEY, J. **Arduino Para Leigos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2019. E-book. Acesso em: 02 abr. 2024.

OLIVEIRA, C. L. V.; ZANETTI, H. A. P. **Arduino Descomplicado - Como Elaborar Projetos de Eletrônica**. 1. ed. São Paulo: SRV Editora LTDA, 2017. E-book. Acesso em: 09 abr. 2024.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no Ensino Médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OLIVEIRA, I. N. de et al. Estudo das propriedades do Diodo Emissor de Luz (LED) para a determinação da constante de Planck numa maquete automatizada com o auxílio da plataforma Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, p. e20190105, 2019.

OLIVEIRA, I. N. et al. Construção de uma maquete experimental automatizada para a determinação da constante de Planck com o auxílio da plataforma Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 828-848, 2020.

OLIVEIRA, M. N. M. de et al. O romance no ensino da Física Moderna e Contemporânea: uma proposta metodológica. **Revista Iberoamericana de Educação**, 2021.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Cad. Cat. Ens. Fís.** v. 18, n. 2, p. 135-151, ago. 2001.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PAULA, J. de; FIGUEIREDO, N.; FERRAZ, D. P. de A. Peer Instruction e Vygotsky: uma aproximação a partir de uma disciplina de astronomia no ensino superior. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 127-145, 2020.

PEREIRA, A.; JUNIOR, P. L. Implicações da perspectiva de Wertsch para a interpretação da teoria de Vygotsky no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 518-535, 2014.

PERNAMBUCO. Secretaria de Educação e Esportes. Currículo de Pernambuco: ensino médio. **Área de Ciências e Suas Tecnologias**. Recife, 2019. Disponível em: [https://portal.educacao.pe.gov.br/wp-content/uploads/2023/08/Organizador\\_Curricular\\_FGB\\_Fisica.pdf](https://portal.educacao.pe.gov.br/wp-content/uploads/2023/08/Organizador_Curricular_FGB_Fisica.pdf). Acesso em: 10 jun. 2024.

PERNAMBUCO. Currículo de Pernambuco: ensino médio. **Secretaria de Educação e Esportes**. União dos Dirigentes Municipais de Educação. Recife, 2021.

PINHEIRO, A. G. **Efeito fotoelétrico no ensino médio: uma sequência didática como estratégia**. 2023. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Manaus, 2023.

PINTO, R. A. **Projeto e implementação de lâmpadas para iluminação de interiores empregando diodos emissores de luz (LEDs)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

PORTES, D. F. **Experimentos para o ensino médio que utilizam o LED**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

REGO, T. C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Editora Vozes Limitada, 2013.

RODRIGUES, R. F. de; CUNHA, S. L. S. **Arduino para físicos**. Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 25, n. 4, 2014.

ROSA, J. E. B. da; KALHIL, J. B. Metodologias ativas no ensino de física: um panorama da pesquisa stricto sensu brasileira. In: COLLOQUIUM HUMANARUM. ISSN: 1809-8207, v. 16, n. 4, p. 121-136, 2020.

SCHAUER, K. P. et al. **Protótipos educacionais: utilizando o Arduino para o aprendizado de programação inicial**. Vitória: Edifes, 2018.

SCOPACASA, V. A. Introdução à Tecnologia de LED. **Revista LA\_PRO**, São Paulo, ed. v. 1, p. 5-10, 2008.

SERWAY, R. A.; JR., J. W. J. **Princípios de Física - Óptica e Física Moderna**. 5. ed. v. 4. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2014.

SILVA, E. C. da. **Proposta de sequência didática: aprendizagem para o ensino de Óptica Geométrica e Física Moderna baseada na teoria sociointeracionista de Vygotsky**. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.

SILVA, J. C. da. **Automação residencial com Arduino**. [S.l.: s.n.], 2022.

SILVA, J. W. B. da; SILVA, M. C. da. **Experimento de Física moderna com LED e Arduino**. 2020. Produto Educacional (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática – CCBN) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Acre – UFA, Acre, 2020. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/575430>. Acesso em: 9 abr. 2024.

SILVA, L. S. da; RUTZ, C.; FRANÇA, C. R. **A plataforma app inventor e a oferta de aplicativos educacionais** como recurso pedagógico nas aulas de ciências do ensino médio através de celulares Android. *Jornada de Iniciação Científica e Tecnológica*, v. 1, n. 12, 2022.

SOUZA, F. **Arduino - Comunicação Serial**. In: EMBARCADOS, 2014. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-comunicacao-serial/>. Acesso em: 8 abr. 2024.

SOUZA, I. M. A.; SOUZA, L. V. A. O uso da tecnologia como facilitadora da aprendizagem do aluno na escola. **Revista Fórum Identidades**, v. 8, n. 8, 2013.

SOUZA, R.; FERREIRA, C. N. **Inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio**. In: Anais eletrônicos do XII CONGRESSO FLUMINENSE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, Campinas, 2020.

STEINERT, M. E. P.; HARDOIM, E. L. Rotação por Estações na Escola Pública: limites e possibilidades em uma aula de Biologia. **Ensino em Foco**, v. 2, n. 4, p. 11-24, 2019.

STUDART, N. **Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas**. *Revista do Professor de Física*, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019.

TAVOLARO, C. R. C.; CAVALCANTE, M. A. **Física moderna experimental**. 1. ed. Barueri: Manole, 2003.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

THIARA, A. C. et al. Transposição didática: a radiação do corpo negro nos livros didáticos do PNLD 2018. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 16, n. 1, p. 8, 2022.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 6. ed. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2014.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros - Física Moderna**. 6. ed. v. 3. Rio de Janeiro: LTC. Grupo GEN, 2009.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B. de; GERALDINI, A. F. S. Metodologias ativas: das concepções às práticas em distintos níveis de ensino. **Revista Diálogo Educacional**, v. 17, n. 52, p. 455-478, 2017. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/1891/189154955008.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2024.

VIANA, C. C. **Como utilizar o módulo Bluetooth HC-05 com Arduino**. 2023. Disponível em: <https://www.blogdarobotica.com/2023/02/13/como-utilizar-o-modulo-bluetooth-hc-05-com-arduino/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

VIGOTSKI, L. S. **O desenvolvimento psicológico da criança**. Tradução do espanhol Cláudia Berliner. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

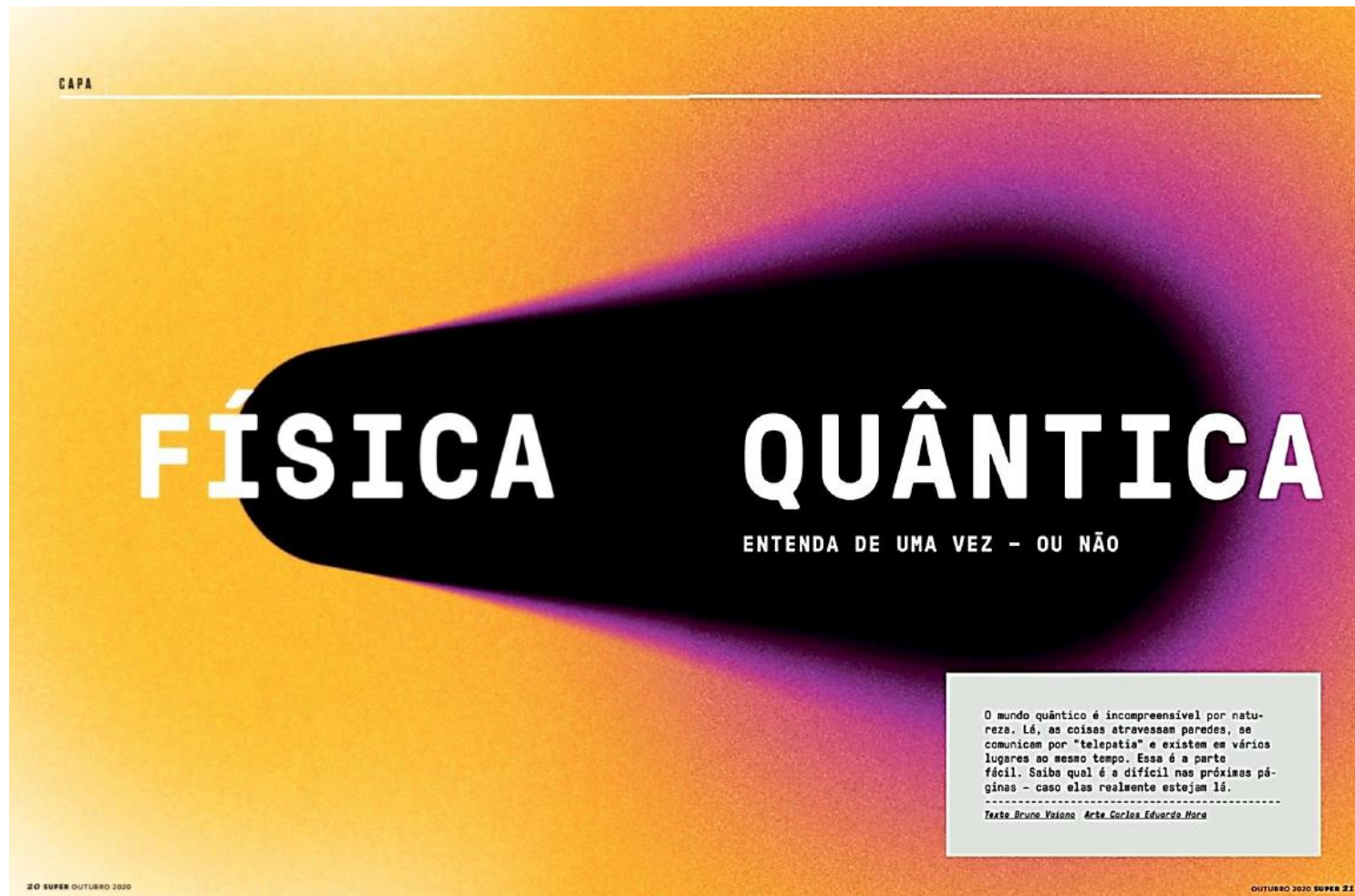
VYGOTSKY, L. **Pensamento e linguagem**. Tradução de Jefferson L. Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução de Paulo Bezerra. 2. ed. São Paulo: WMF Martins, 2009. 496 p.

WARREN, J.-D.; ADAMS, J.; MOLLE, H. **Arduino para robótica**. Tradução de Humberto Ferasoli Filho, José Reinaldo Silva e Silas Franco dos Reis Alves. São Paulo: Blucher, 2019.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Sears and Zemansky's University Physics: with Modern Physics**. 13. ed. Addison-Wesley, 2012.

## ANEXO A – ETAPA NÊUTRON: MATERIAL PARA LEITURA



O

**O PRÊMIO NOBEL** (e piadista) Richard Feynman disse certa vez: "Se você acha que entendeu a física quântica, é porque você não entendeu". E ele está certo. Para ver o que há de ininteligível ali, então, vamos começar pelo básico: física quântica é o ramo da ciência que descreve o funcionamento do mundo em escala microscópica. Suas equações mostram, com mais de dez casas decimais de precisão, o comportamento das partículas fundamentais, os tijolinhos indivisíveis que constroem tudo que há no Universo. Essas partículas formam átomos, que formam moléculas, que formam tecidos e órgãos, que formam você. Uma precisão de dez casas decimais equivale a medir a distância entre Porto Alegre e Natal com a margem de erro de um fio de cabelo. Eis o grau de intimidade com que conhecemos a nós mesmos.

Esse sucesso espetacular da física quântica foi possível graças a mais de um século de esforços de alguns gênios célebres e uma multidão de pesquisadores desconhecidos do público. Atualmente, o relatório de um único experimento no acelerador de partículas LHC pode ser publicado com mais de 3 mil assinaturas, tamanha a mão de obra necessária para destrinchar os dados. O Modelo Padrão – que você pode imaginar como uma tabela com os números e características de cada partícula fundamental, e as equações que regem

## EINSTEIN E O EFEITO FOTOELÉTRICO

Quando colocamos um metal sob a luz, ele gera uma corrente elétrica. Mas isso só acontece com luzes de certas cores. Em 1905, Einstein concluiu, a partir desse fenômeno, que a luz era feita de partículas. Com um problema: já havia provas definitivas de que ela se comporta como onda. Eis a dualidade onda-partícula nas raízes da física quântica.

a interação entre elas – talvez seja o maior esforço intelectual coletivo da história da civilização.

Se é assim, por que Feynman considera o mundo quântico ininteligível? Toda graduação em Física dá uma introdução ao tema. Incontáveis tecnologias – lasers, máquinas de ressonância magnética e até smartphones – dependem da mecânica quântica para funcionar. E funcionam. Isso não é entender?

E não é. As equações que regem o mundo microscópico dão resultados precisos, mas elas também nos dizem que coisas bizarras podem acontecer: partículas atravessam paredes e se conectam por distâncias imensas. Elas têm posição e velocidade, mas, se você mede um desses dados, elas escondem o outro de você. Um elétron se comporta como onda até ser detectado – quando manifesta seu lado partícula. Toda essa estranheza é bem descrita pela matemática e foi verificada na prática repetidas vezes. Nós sabemos que é assim. Mas não entendemos por que é assim. O mundo microscópico é uma caixa-preta. Nas próximas páginas, vamos mergulhar nessa escuridão. Tudo começa com a luz.

### Os fótons e a luz

Em 1905, Einstein tinha 26 anos e trabalhava em um escritório em Berna, na Suíça, examinando pedidos de patente. Em um intervalo de meses, dedicando-se à pesquisa em física teórica só no tempo livre, publicou quatro artigos científicos revolucionários. Com um deles, fundou a Teoria da Relatividade. Com o outro, chegou a uma das conclusões fundamentais da mecânica quântica. É esse segundo que interessa para nós. O

artigo, baseado em um trabalho anterior de Max Planck, versa sobre um fenômeno chamado *efeito fotoelétrico*, em que um metal, quando exposto à luz, libera elétrons ao acaso. É assim, diga-se, que os postes de luz da rua sabem que precisam acender quando anoitece: o Sol se põe, e um detector nota que o fluxo de elétrons parou. No gráfico à direita, você entende o raciocínio de Einstein passo a passo. Sua conclusão foi que a luz é feita de partículas. Pequenos pacotinhos indivisíveis de energia, batizados por Planck como *quanta* ("quantos").

O problema é que, ao longo de todo o século 19, os físicos haviam conseguido provas e mais provas de que ela é feita de ondas. Em 1801, Thomas Young fez o seguinte experimento. Em uma sala escura, cortou dois buracos retangulares e paralelos em uma placa opaca e acendeu uma luz na frente da placa. A luz "se espremeu" para passar pelas fendas e iluminou a parede lá atrás. Caso a luz fosse feita de partículas, elas percorreriam uma linha reta até a parede e formariam duas faixas de luz claramente discerníveis. Como tinta de spray passando por um estêncil de grafiteiro.

Mas não foi o que ocorreu: a luz formou várias faixas (veja o gráfico na pág. 24). Isso é porque a luz se comporta como uma onda. Quando a onda se divide para passar pelos dois buracos, emerge do outro lado como duas ondas distintas. Essas

**1. FESTA ELETRÔNICA**  
Em metais, os elétrons saltam a mão de seus átomos originais e circulam livremente. Se uma luz incide sobre um metal, alguns desses elétrons podem usar a energia contida na luz para pular fora.



**2. EFEITO VIP**  
Isso só acontece com certas cores. Por exemplo: luz violeta gera corrente, vermelha, não. Ondas vermelhas têm menos energia que as violeta por causa do comprimento maior. Mas aumentar o brilho do vermelho, para compensar esse déficit, não adiantava.



**3. A SACADA DE EINSTEIN**  
Einstein percebeu que a luz era feita de pacotinhos mínimos de energia – fótons. E que o elétron só se liberta se o pacotinho que ele recebe é maior do que a energia mínima que ele precisa para pular fora. Não adianta acumular dois pacotinhos menores.

**4. UNS COM TANTO...**  
A luz vermelha oferece pacotinhos de luz pequenos demais. Quando você aumenta o brilho, aumenta o número de pacotinhos, mas não o tamanho deles. Já a luz violeta tem pacotinhos grandes o suficiente. Por isso, cada fóton liberta um elétron.

## O EXPERIMENTO DA DUPLA FENDA

Thomas Young realizou este experimento em 1801 para provar, de maneira cabal, que a luz se comporta como onda. Mas a revisão do experimento no século 20 escancarou toda a estranheza do mundo quântico. Demonstrou que a luz age como partícula e onda ao mesmo tempo. E que ela é temperamental: muda sua natureza de acordo com cada tipo de observação.

1. O ORIGINAL DE 1801  
Young fez a luz passar por duas fendas paralelas. As ondas, duplicadas, se re-encontram do outro lado e interferem entre si, formando um padrão listrado (as faixas apagadas são onde o vale de uma onda e a crista de outra se cancelam). É a prova de que a luz é onda.

## A LUZ NÃO PODE SER DESCRITA APENAS COMO ONDA OU PARTÍCULA: ELA É, AO MESMO TEMPO, AS DUAS COISAS - E NENHUMA DELAS.

ondas interferem uma com a outra. Onde dois picos se encontram, a luz é reforçada. Onde um pico e um vale se encontram, as ondas se cancelam e não há luz. O nome disso é *padrão de interferência*. Mantenha esse experimento em mente. Ele vai voltar mais para a frente no texto.

O experimento da dupla-fenda deixava pouco espaço para discussão. A luz é uma onda. Tanto é que, para descobrir a energia de cada pacotinho, Einstein multiplicava a constante de Planck chamada "h" (que é o número essencial da descrição quântica do mundo) pela frequência "f".  $E = hf$ . A equação que fornece o dado central sobre a tal partícula de luz depende da frequência (o número de ciclos por segundo) da onda correspondente. Algo unitário como uma bola de bilhar tem um valor em Hertz, como se fosse uma estação de rádio.

Com o passar dos anos, todos começaram a suspeitar que, na verdade, a luz era onda e partícula ao mesmo tempo, e que a chave para descrevê-la de forma bem-sucedida era unificar as explicações. "É da minha opinião", disse Einstein em 1909, "que o próximo estágio no desenvolvimento da física nos trará uma teoria da luz que pode ser interpretada como uma fusão das teorias de onda e partícula". Em 1927, o dinamarquês Niels Bohr concordou:

onda e partícula não eram explicações concorrentes, e sim complementares.

## Os elétrons e a matéria

Bohr estava se debatendo com seu próprio dilema quântico: já dissemos que um átomo é um núcleo cercado por uma nuvem de elétrons. Esses elétrons podem ter certas energias, e Bohr notou que elas eram fixas. Um elétron pulava direto de um nível de energia para o outro, inferior ou superior, como se subisse de degrau em degrau em vez de escalar uma rampa.

Em 1924, um jovem físico da nobreza francesa chamado Louis de Broglie sugeriu que o elétron e todas as demais partículas agiam como os pacotes de luz: seriam meio onda, meio partícula, mas não exatamente uma coisa ou outra. Quando o elétron muda para um nível de energia mais alto, sua parte "meio onda" está vibrando mais rápido - e o comprimento dessa onda é menor (essa é uma versão simplificada da história, é claro). Um físico austríaco chamado Erwin Schrödinger construiu uma equação capaz de descrever essa onda. Ao fazê-lo, ele explicou o átomo de Bohr e oficializou a natureza contraintuitiva do mundo microscópico.

## A equação de Schrödinger

Na mecânica de Newton, as equações tinham uma correspondência perceptível com a vida real: a velocidade de um carro são quantos metros ele percorre em um segundo. Ponto final. Já a equação de Schrödinger descrevia algo pequeno demais para se ver, cuja existência só é verificável indiretamente: um elétron. E aí ficou a dúvida: será que o elétron é, de fato, uma onda - no sentido em que ondas do mar são ondas? Ou será que a matemática típica das ondas serviu

bem para descrevê-lo por mera coincidência, mas, na verdade, a equação não diz nada sobre o que o elétron é no mundo real? Pela primeira vez, os físicos sabiam fazer contas para obter resultados corretos, mas não conheciam o objeto por trás das contas. Era como se uma pessoa soubesse que precisa esperar três pontos de ônibus para chegar ao seu destino, mas não fizesse ideia de que ônibus são veículos sobre rodas com motor a combustão.

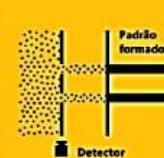
Werner Heisenberg e Paul Dirac, dois outros monstros sagrados da física quântica, desenvolveram um pouco antes seus próprios métodos para determinar o comportamento do elétron. E, para agonia geral, usaram ferramentas matemáticas totalmente diferentes das de Schrödinger, que não tinham nada a ver com ondas (mas forneciam os mesmos resultados com a mesma exatidão). Como interpretar a onda, então?

Foi aí que entrou em campo Max Born. Born elevou a onda de Schrödinger ao quadrado. (Sim, físicos conseguem elevar ondas ao quadrado.) Ao fazê-lo, obteve outra onda, também com seus picos e vales. Então ele sacou que essa onda ao quadrado é uma espécie de gráfico: onde ela é mais alta, é maior a probabilidade do elétron estar. Onde ela é mais baixa, menor a probabilidade do elétron estar. Façamos um experimento para ilustrar: tranque dez elétrons em dez caixinhas. De acordo com o cálculo de Born, haverá 70% de chance de cada um dos elétrons estar no canto



2. INTERAÇÃO CONSIGO MESMO  
Lembre-se: também há evidência de que a luz é feita de partículas, os fótons. Porém, os fótons sabem que precisam agir como onda, mesmo que você atire um de cada vez, de modo que eles não o interferam um com o outro, o padrão listrado vai aparecer lá atrás.

3. TRILOGIA ENCERRADA  
E se você colocar um detector nas fendas, para saber exatamente por qual das duas cada fóton individual passa? Ai eles param de se comportar feito ondas e atingem a parede lá atrás em linha reta. A presença do observador tem o poder de mudar o experimento.



esquerdo e 30% de estar no canto direito. Se você abrir as dez caixinhas, vai verificar exatamente isso: três elétrons num canto, sete no outro.

Newton chorou. Até então, toda a física havia girado em torno da ideia de que, se você tiver todas as informações sobre um carro em movimento no presente, é possível calcular onde ele estará no futuro. Mas, no mundo das coisas pequenas, nos resta apenas uma probabilidade de saber que algo estará em tal lugar. É impossível bater o martelo.

Calma que piora. Do mesmo jeito que os picos da onda (isto é, a amplitude) nos dizem onde o elétron tem mais chances de estar, o comprimento da onda nos dá informações sobre a velocidade com que o elétron se desloca. O problema é que, se uma onda tem um comprimento estável – oscilando em intervalos regulares, como o mar em um desenho de criança –, então os picos dela são todos iguais. E aí o elétron pode estar em qualquer pico. Ou seja: você consegue descobrir a velocidade do elétron com precisão, mas a onda não diz nada sobre a localização dele.

Por outro lado, se a onda tiver um pico só muito agudo – o que nos dá certeza quase absoluta da posição –, fica impossível saber o comprimento (que é a distância entre dois picos), posto que não há um segundo pico. E aí você não obtém dado nenhum sobre a velocidade. Esse é o Princípio da Incerteza de Heisenberg. Cada tijelinho que compõe seu corpo está sujeito a ele. A natureza nos nega a capacidade de calcular com precisão absoluta informações básicas sobre as partículas de que nós mesmos somos feitos. Se você sabe bem a velocidade, não sabe bem a posição. Se sabe bem a posição, não sabe bem a velocidade.

Esse é só o começo. Partículas regidas por uma função de onda (o nome técnico da coisa que acabamos de descrever) são capazes de bizarrices dignas de super-herói. Imagine

### A EQUAÇÃO DE SCHRÖDINGER

Ela descreve o elétron não como uma partícula, mas como uma onda que muda com o tempo. A onda não "é" o elétron. Na verdade, a onda é como um gráfico que revela a posição, a velocidade e a massa do elétron. Ou melhor: revela só um desses dados, em detrimento dos outros. Nunca podemos saber tudo sobre uma partícula subatômica.

que um elétron está bem pertinho de uma barreira. E que a onda de probabilidade dele está disposta no espaço de tal forma que uma pontinha dela sai do outro lado da barreira. Qualquer lugar em que a função de onda tem alguma amplitude é um lugar em que o elétron pode estar. Portanto, há uma porcentagem de chance de que o elétron apareça do outro lado da barreira. Esse fenômeno, batizado de *tunelamento quântico*, parece ficção científica, mas tem uma importância central para a vida na Terra: é ele que faz o Sol brilhar. Entenda na pág. 28. (Ainda mais bizarro é outro fenômeno: o do entrelaçamento, que "une" partículas por magia, mesmo se uma estiver aqui e a outra em Plutão. Explicamos na pág. 30.)

Você já deve estar se perguntando: "Se eu sou feito de partículas que se comportam de maneiras bizarras, então por que é que eu sou um objeto newtoniano e careta, que tem 100% de chance de estar no sofá a qualquer dado momento?" É uma pena decepcioná-lo, mas um ser humano médio é construído por 7 bilhões de bilhões de bilhões de átomos. Sete seguidos de 27 zeros. Isso é mais do que a largura do Universo visível medida em metros. É fato que toda partícula está atrelada a um risco inerente de fazer uma maluquice, como atravessar paredes. Mas a probabilidade de que todas partículas do seu corpo façam a mesma piração simultaneamente é irrisória e pode ser desconsiderada. Você nunca vai atravessar uma parede.

### Sobre fendas e gatos

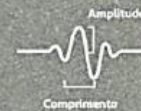
Então quer dizer que a luz é uma onda que descobrimos se comportar também como partícula. E que o elétron

NA ILUSTRAÇÃO, AS CORES INDICAM REGIÕES EM TORNO DO NÚCLEO DO ÁTOMO EM QUE HÁ MAIS CHANCES DE UM ELÉTRON ESTAR. CERTEZA? NÃO HÁ.

é uma partícula que descobrimos se comportar como onda. Tudo exibe a dualidade onda-partícula. Para piorar, a matemática das ondas descreve satisfatoriamente essa situação, mas existem outros caminhos matemáticos que realizam a tarefa igualmente bem. Diante disso, Niels Bohr e sua turma concluíram que o único jeito honesto de abordar a questão é admitir que não sabemos realmente o que é um elétron – e que a física não deve mesmo se preocupar com coisas impossíveis de verificar. O que importa é que as contas dão certo.

Para entender essa postura filosófica, vamos voltar para o experimento da dupla-fenda. A luz se divide em duas ondas, essas ondas interagem e formam um padrão de interferência, certo? Mas, como De Broglie definiu, os elétrons também agem como ondas. Então, se você realizar o experimento com elétrons, em vez de luz, eles também devem formar um padrão de interferência na parede lá atrás. De fato, é isso que acontece no laboratório. As funções de onda dos elétrons interagem entre si. Eles manifestam sua natureza ondulatória. Mas calma: não acabamos de dizer que na verdade essas ondas são um artifício matemático que elas não têm existência física? Então, aqui vem o pulo do gato:

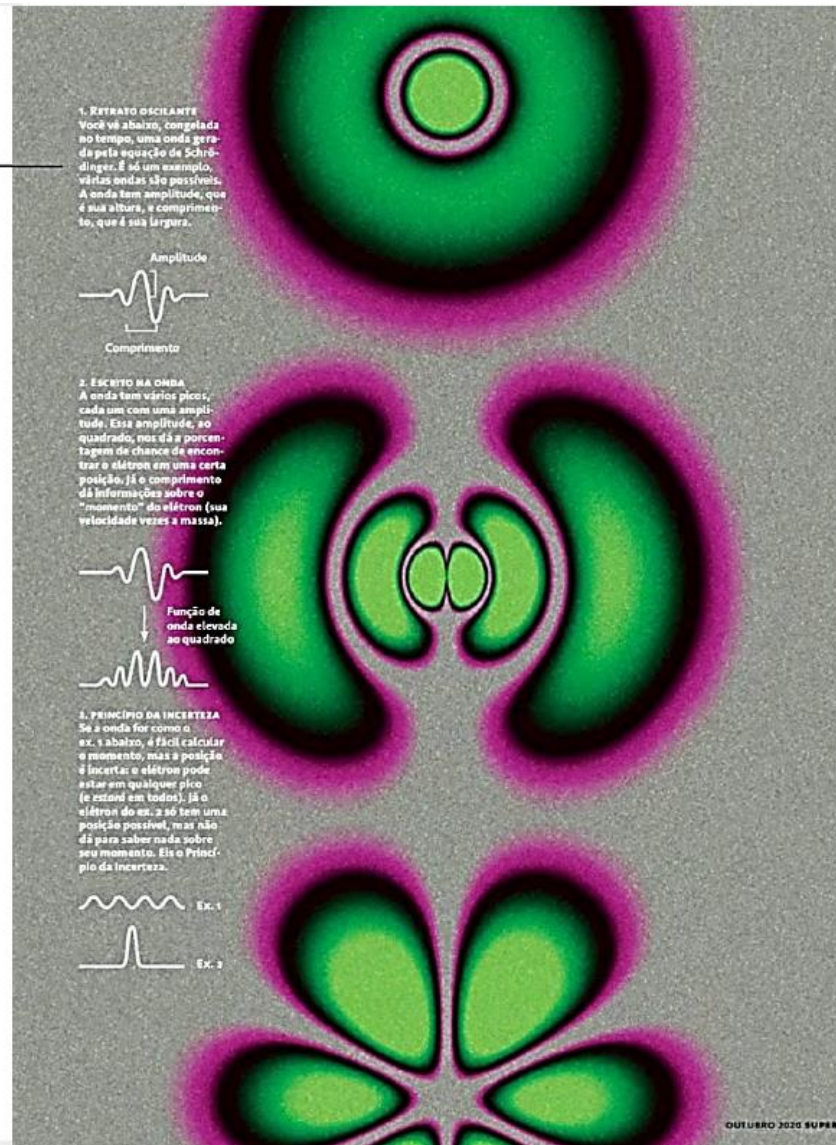
1. RETRATO OSCILANTE  
Você vê abaixo, congelada no tempo, uma onda e parecida pela equação de Schrödinger. É só um exemplo, várias ondas são possíveis. A onda tem amplitude, que é sua altura, e comprimento, que é sua largura.

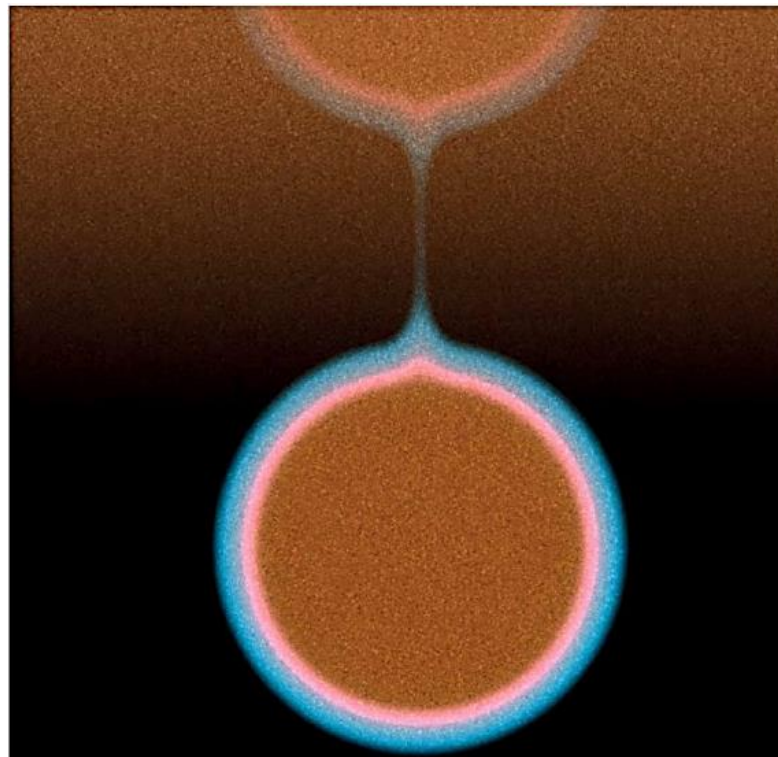


2. ESCRITO NA ONDA  
A onda tem vários picos, cada um com uma amplitude. Essa amplitude, ao quadrado, nos dá a porcentagem de chance de encontrar o elétron em uma certa posição. Já o comprimento dá informações sobre o "momento" do elétron (sua velocidade vezes a massa).



3. PRINCÍPIO DA INCERTEZA  
Se a onda for como o ex. 1 abaixo, é fácil calcular o momento, mas a posição é incerta: o elétron pode estar em qualquer pico (e estará em todos). Já o elétron do ex. 2 só tem uma posição possível, mas não dá para saber nada sobre seu momento. Eis o Princípio da Incerteza.





#### TUNELAMENTO: A RAZÃO DO SOL BRILHAR

O Sol é uma usina de fusão nuclear, em que átomos de hidrogênio se fundem para formar átomos de hélio. O núcleo de um átomo de hidrogênio tem só um próton, o de hélio tem dois. Ou seja: a fusão envolve aproximar dois prótons, que se repelem porque têm carga elétrica positiva. Como aproximá-los? Com o tunelamento quântico.

##### 1. INTIMIDADE EXCESSIVA

Todo átomo tem prótons no núcleo. Eles são todos positivos e, por serem iguais, se repelem. Porém, existe outra força, chamada força nuclear forte, que os mantém juntos. Ao contrário do eletromagnetismo e da gravidade, essa força só se manifesta no nível microscópico.

##### 2. SUPERANDO A BARREIRA

Para grudar dois prótons que estão separados, é preciso aproximá-los o suficiente para superar a barreira da repulsão eletromagnética. Assim, a força forte entra em cena e cola os dois. Mas o próton não vai subir esse morro sozinho. Ele não tem essa energia toda.



3. AMIGOS PARA SEMPRE  
Porém, se a função de onda do próton ficar com só uma pontinha do outro lado da barreira, então há uma chance real de que ele brote do outro lado e forme um hélio com o outro próton. Isso acontece no núcleo do Sol o tempo todo, e permite que ele ilumine a Terra.



mesmo que você atire um elétron de cada vez, eles continuam formando o padrão de interferência. Pense bem no significado dessa afirmação. Esses elétrons não têm como realmente sofrer a interferência de outros elétrons – afinal, estão percorrendo o trajeto sozinhos. Mas, de alguma forma, eles sofrem. É como dizer que houve uma colisão em uma estrada em que há um carro só. Isso acontece porque a função de onda do elétron cruza as duas fendas, se divide ao meio e interfere consigo mesma.

Outra modificação no experimento da dupla-fenda: coloque um detector ao lado das fendas, para descobrir exatamente por qual delas cada elétron passa. Quando isso acontece, eles abandonam o padrão de interferência. Desistem de se comportar como ondas e passam a agir como partículas, que atravessam as fendas em linha reta. Isso acontece por causa de algo chamado *colapso da função de onda*. Quando você mede um sistema quântico, o sistema “opta” por uma das probabilidades oferecidas pela equação de Schrödinger e descarta as outras. Lembra que a amplitude da onda, ao quadrado, indica a porcentagem de chance de que o elétron esteja em cada lugar? Então: ele escolhe um dos lugares.

O problema é que a equação de Schrödinger não diz nada sobre o momento do colapso. Não existe consenso sobre o que acontece quando o elétron opta por uma alternativa e descarta as demais. Aqui surgem as

interpretações da mecânica quântica. A interpretação mais típica e ensinada é a de Copenhague, associada a Niels Bohr e sua turma (ele era dinamarquês, daí o nome). Foi essa interpretação, grosso modo, que seguimos até aqui: o elétron existe como uma sobreposição de estados, descrita pela função de onda, até ele interagir com o instrumento de medição no laboratório e optar por um estado.

O próprio Schrödinger não gostava nada dessa história. Ele não achava que a natureza funcionasse dessa maneira. Que um elétron de fato não está em um estado definido até que um instrumento o observe. Não é porque a câmera está fora de foco que o objeto lá atrás está realmente borrado. Nossas equações dão uma visão tremulante, mas a realidade microscópica deve ser cristalina.

Para explicar seu ponto, ele usou um exemplo que ele próprio chamou de “ridículo”: trancar um gato numa caixa com um mecanismo radioativo que tem 50% de chance de matá-lo – e então dizer que ele está vivo ou morto ao mesmo tempo até que alguém abra a caixa e veja se ele morreu ou não. É óbvio que, se for para o bichano morrer, ele já terá morrido antes da abertura; o ato de observar não pode decidir isso. Com a metáfora do gato, Schrödinger quis dizer que, quando a matemática afirma que o elétron tem uma certa porcentagem de chance de estar aqui ou ali, na verdade o elétron já está em um desses lugares. Nossa capacidade de previsão que é incompleta.

O felino também se tornou protagonista de um outro debate: será que a função de onda só entra em colapso quando um observador humano consciente abre a caixa? Ou será que o bichano já conta como observador – e é capaz de tirar a si próprio

da suspensão entre a vida e a morte? Para Bohr, estava tudo bem: ele nunca disse que o colapso só ocorre na presença de um ser consciente (embora outros físicos já tenham defendido algo nessa linha). O experimento permanece, porém, como um artifício em discussões mais filosóficas sobre a mecânica quântica, e sinônimo da estranheza do mundo microscópico no imaginário popular. Enquanto essas dúvidas assombravam vários dos veteranos, as gerações seguintes deram o próximo passo na descrição do mundo microscópico.

#### A teoria quântica de campos

Uma palavra nem sempre significa a mesma coisa para nós e para um físico. É o caso de “campo”, que definitivamente não é uma pradaria gaúcha. Campo é qualquer coisa que tem um valor em cada ponto do espaço. Imagine uma piscina de 1,80 m de profundidade com a água parada. Se você analisar a superfície da piscina como um campo, dirá que todos os pontos têm o valor de 1,80 m. Esse é o valor de equilíbrio. Quando alguém pula na piscina, gera ondas. Essas ondas fazem a superfície da água oscilar. O campo fica acima ou abaixo do valor de equilíbrio conforme a onda está na crista ou no vale.

Por que estamos falando de campos? Bem: os físicos do século 19

**O GATO DE SCHRÖDINGER NÃO FICA VIVO E MORTO SIMULTANEAMENTE. A IDEIA É JUSTAMENTE ILUSTRAR QUE ISSO SERIA ABSURDO.**

**Voci**

## APÊNDICE A – ETAPA QUARK: QUESTIONÁRIO: REFLETINDO SOBRE CONCEITOS DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Escola: \_\_\_\_\_

Aluno(a): \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_ - Turma: \_\_\_\_\_ - Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Profª Maria Paula

### Questionário

*Refletindo sobre conceitos da Física Moderna e Contemporânea!*

1- Desde criança ouvimos que a matéria é feita de átomos. Átomos são compostos por partículas: prótons, nêutrons e elétrons e outras menores, como por exemplo os fótons e os quark. A luz também é composta de partículas. Desta forma, pode-se afirmar que a luz:

- a) São partículas energizadas a partir do campo gravitacional.
- b) Pode se comportar de forma corpuscular e ondulatória de acordo com a Física Quântica.
- c) São elétrons carregados positivamente.
- d) São pequenas partículas estacionárias que necessitam de um potencial.

2- As lâmpadas de postes das luminárias de ruas acendem automaticamente ao anoitecer. Para que não haja desperdício de energia elétrica, um dispositivo elétrico é utilizado para que as lâmpadas só acendam quando uma determinada quantidade de luz é incidida no ambiente, permitindo assim, a passagem de corrente elétrica no circuito. Que dispositivo é esse e como ele funciona?

- a) Capacitor de placas paralelas. Serve para o armazenamento de cargas elétricas em seu interior.
- b) Resistor elétrico. Serve para limitar o fluxo de cargas elétricas em um circuito.
- c) Indutor elétrico. É um fio enrolado por espiras que é percorrido por uma corrente elétrica variável, sendo essa sua principal característica.
- d) LDR. Um resistor com capacidade de variar a resistência de acordo com a luminosidade do ambiente.

3- Diodos são componentes que estão presentes em circuitos elétricos dos eletrodomésticos que utilizamos em nossas casas. Qual função em um diodo em um circuito?

- a) componente que permite a passagem da corrente elétrica somente em um sentido.
- b) um limitador de resistência elétrica de um circuito elétrico.
- c) armazenador de energia.
- d) um fio enrolado em espiras.

4- As lâmpadas que utilizamos em nossas residências passaram por evoluções: incandescentes, fluorescentes e, atualmente, as lâmpadas do tipo LED, que estão sendo utilizadas nas residências, comércio, indústrias, telas de exibição, sinalização semafórica entre outros. Dentre os diversos usos, cite duas vantagens da utilização dessa nova tecnologia.

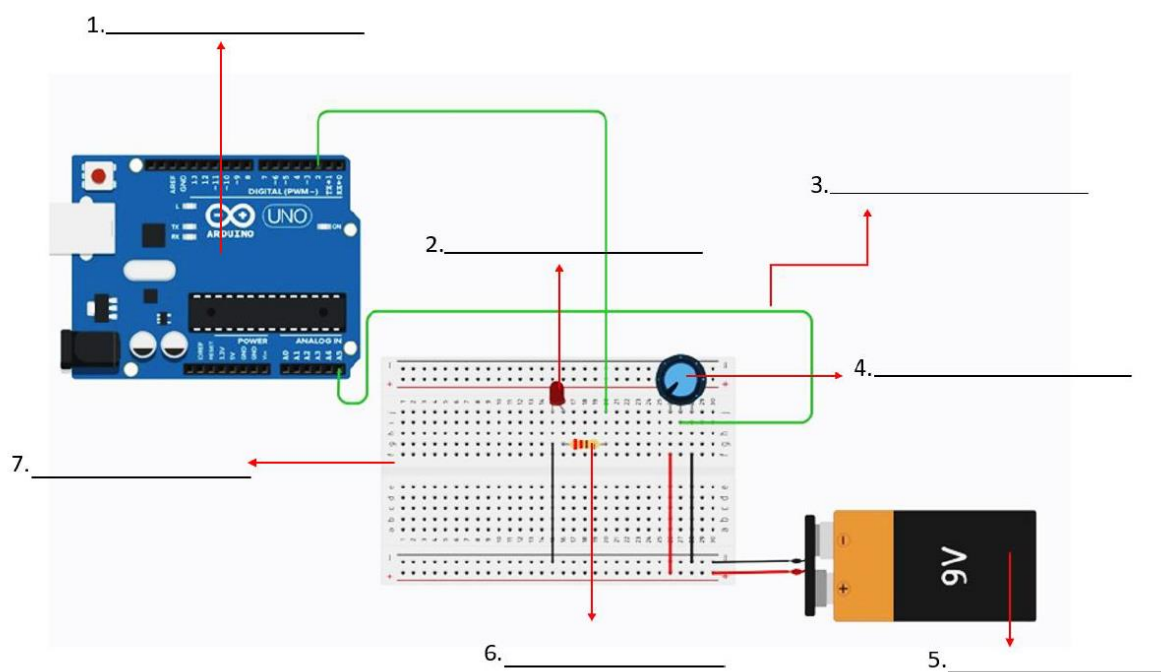
---

---

5- Em 1989, a empresa Erickson Mobile introduziu a ideia de criar fones de ouvido com uma tecnologia sem fio. Jaap Haartsen foi o primeiro engenheiro a apresentar um protocolo que desde então chamamos de *bluetooth*, e só 10 anos depois, foi construído um headphone, ou fone de ouvido com essa tecnologia. O funcionamento *Bluetooth* é bem parecido com o wi-fi, que comumente utilizamos hoje em dia para termos acesso à internet. Considerando as alternativas abaixo, qual seria a diferença entre wi-fi e *bluetooth*:

- a) Tanto o wi-fi como o *bluetooth* utilizam ondas de rádio para transmitir dados entre dispositivos, porém o wi-fi exige senha para conexão com a internet.
- b) O wi-fi é mais lento que o *bluetooth*, porém é a tecnologia mais adequada para troca de arquivos pequenos em celulares, uma vez que seu consumo de energia é baixíssimo.
- c) Ambos são tecnologias sem fio para fins de conexão entre dispositivos, mas enquanto o *bluetooth* é usado para conectar dispositivos a internet, o wi-fi é usado para conectar dispositivos uns aos outros.
- d) Não há diferença alguma.

6- No circuito abaixo, quais os componentes você conhece, conforme as indicações numéricas? Escreva o nome de cada componente ao lado do respectivo número:



## APÊNDICE B – ETAPA ELÉTRON: QUESTIONAMENTOS

# FÍSICA QUÂNTICA

ENTENDA DE UMA VEZ - OU NÃO

ALUNOS:

## ETAPA: ELÉTRON

 RESPONDA AOS QUESTIONAMENTOS SOMENTE QUANDO FINALIZAR A LEITURA DO ARTIGO DA REVISTA!

2023

**Q.1** – QUAL PRINCIPAL FUNDAMENTO DO EFEITO FOTOELÉTRICO?

---

---

**Q.2** – O QUE É UM FÓTON?

---

---

**Q.3** –  $E = hf$ , EXPLIQUE O QUE ESSA EQUAÇÃO SIGNIFICA.

---

---

**Q.4** – COMO EXPLICAR A DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA?

---

---

## APÊNDICE C – ETAPA PRÓTON: MANUAL DE MONTAGEM E DADOS



**ALUNOS:**

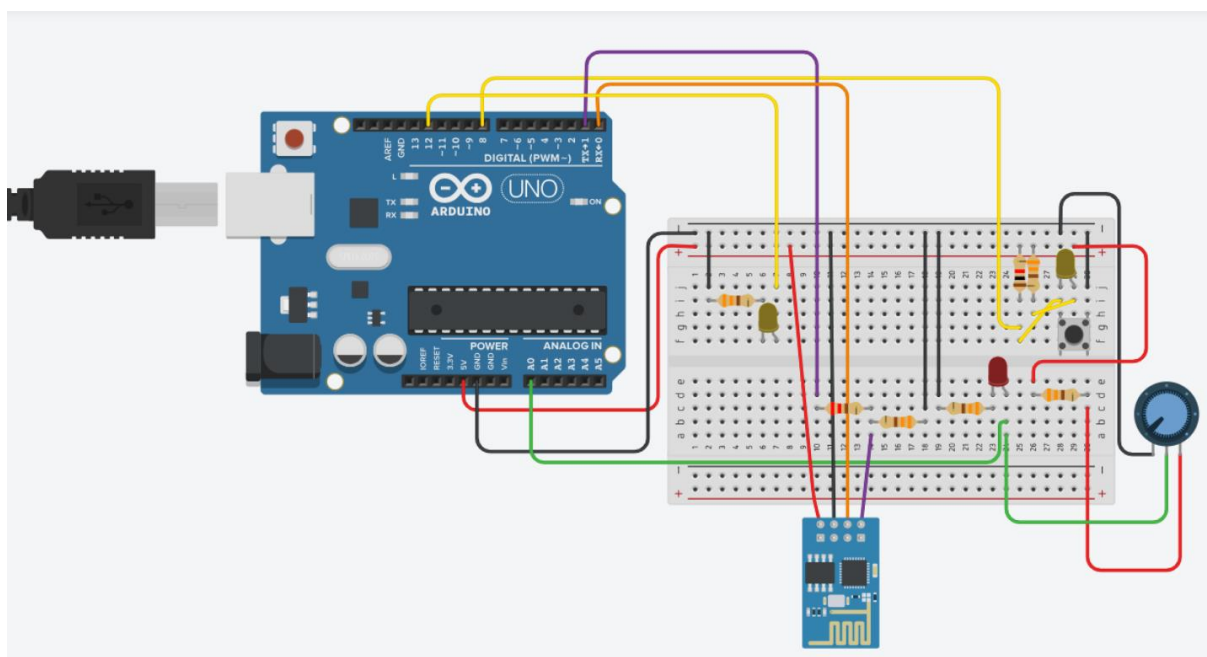
### ETAPA: PRÓTON

#### OBJETIVO

UTILIZAR O MÓDULO HC-05 PARA ENVIAR DADOS DO ARDUINO PARA O CELULAR, COM A INTENÇÃO DE CALCULAR A CONSTANTE DE PLANCK.



#### MONTAGEM



**DADOS DO EXPERIMENTO**

|             |  |
|-------------|--|
| Cor do LED: |  |
|-------------|--|

Comprimento de onda ( $\mu\text{m}$ ):

---

Tensão (Volts):

---

Valor da constante de Planck:

---

## APÊNDICE D – PROGRAMAÇÃO DO ARDUINO IDE

/\*

Programa de Conexão Bluetooth com Arduino e App Android desenvolvido na plataforma APP inventor

Pode ser expandido para mais troca dados entre celular e Arduino

Componentes:

- Arduino UNO ou Mega;
- Módulo Bluetooth HC-05;
- Resistores de 220 e 330 Ohms ou 1k Ohms e 2,2k Ohms para converter 5V de saída do Arduino para 3.3V (Divisor de tensão);
- Botão 8 fica normalmente aberto no estado ZERO, quando pressionada vai para estado UM;
- Led simples e resistor de 220 a 1k Ohms para o Led.

Versão 1.1 - Versão inicial que recebe e envia dados - 25/Mai/2023

----- Criado por Jairo Rocha para MNPEF\_BlueLab 1.2 -----

\*/

// Biblioteca para Serial

#include <SoftwareSerial.h>

// Define Pinos

#define ledPin 12

#define botao 8

// Cria variáveis

int state = 2; //state = 0

int flagOFF = 0;

int flagON = 0;

float volt = 0.00;

```

void setup() {
  // Configura Pinos
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  //pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(botao,INPUT_PULLUP);

  // Pisca LED na inicialização
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(ledPin, LOW);

  // Inicia Serial
  Serial.begin(9600); // Serial para Bluetooth
}

void loop() {

  // Checa se botão foi pressionado
  if (digitalRead(botao) == LOW) {
    if (flagON == 0) {
      volt = (analogRead(A0)*5.0)/1023.0;
      Serial.write("V = ");
      Serial.print(volt);
      Serial.write(" volts");
      flagON = 1;      // Altera estado da flag para evitar de ficar escrevendo repetidamente na
serial BT
      flagOFF = 0;

```

```

    }

}

else if (flagOFF == 0) { // Botão não foi pressionado
    //Serial.write(" V");
    delay(500);
    flagOFF = 1;        // Altera estado da flag para evitar de ficar escrevendo repetidamente na
serial BT
    flagON = 0;
}

// Se serial está com dados disponíveis, faz leitura
if (Serial.available() > 0) {
    state = Serial.read();    // guarda leitura
}

// Se serial está com dados disponíveis, faz leitura. COLOCADO POR MIM.
if (Serial.available() > 0) {
    state = Serial.read();    // guarda leitura
}

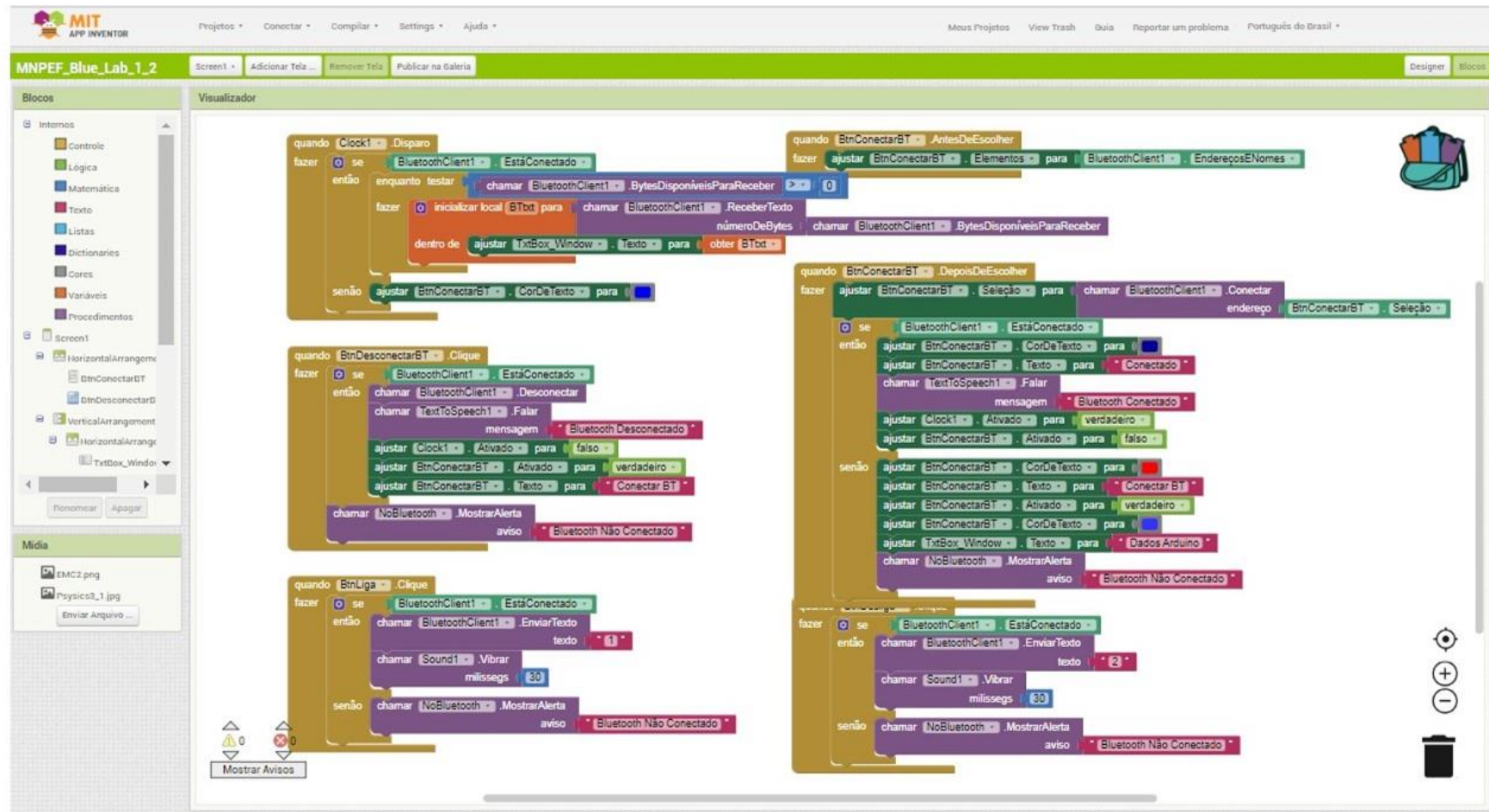
// Checa dado recebido
if (state == '1') {          // Se dado foi 1, acende LED
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // acende LED
    state = 2;                // reseta variável de leitura, state = 0
} else if (state == '2') {   // Se dado foi 2, apaga LED
    digitalWrite(ledPin, LOW); // apaga LED
    state = 2;                // reseta variável de leitura, state 0
}

}

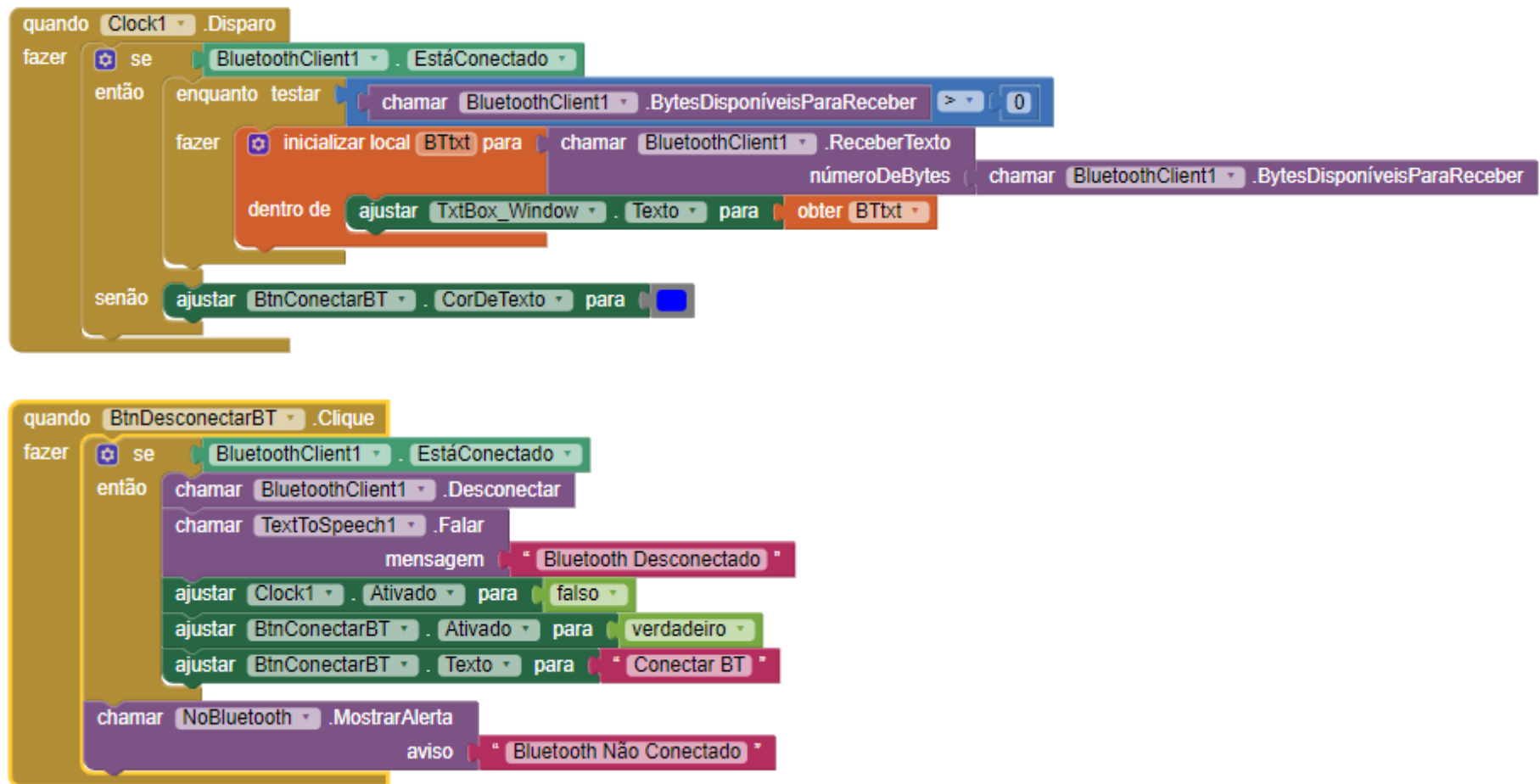
```

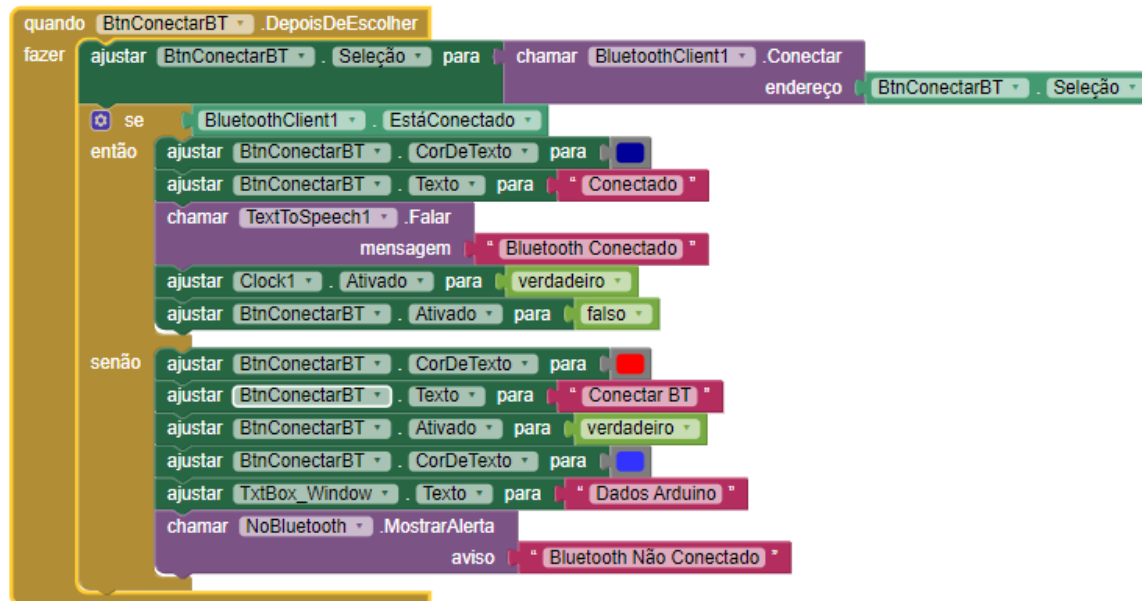
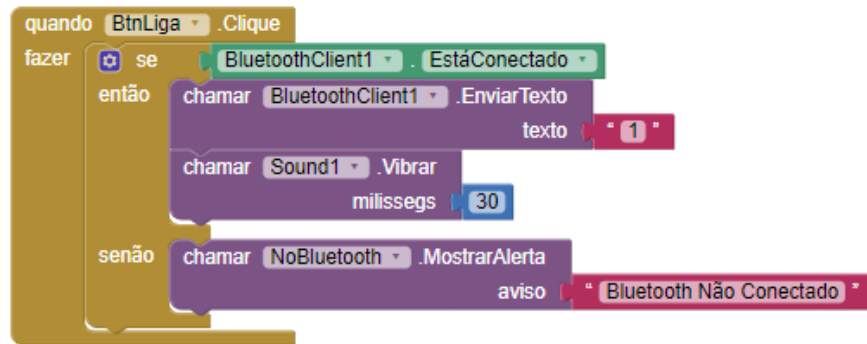
## APÊNDICE E – PROGRAMAÇÃO MIT EM BLOCOS DO APP MNPEF\_BLUE\_LAB\_1\_2 (VERSÃO 1.2)

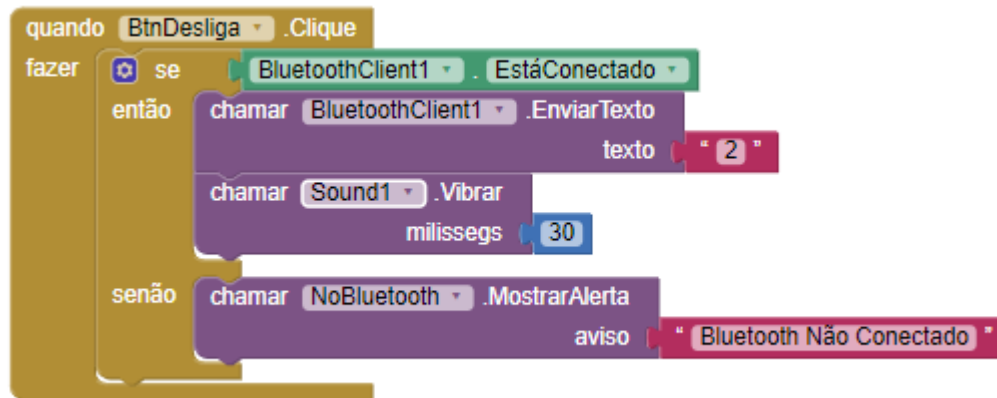
Panorama do *MIT App Inventor* mostrando a programação em blocos para a construção do aplicativo é mostrada abaixo:



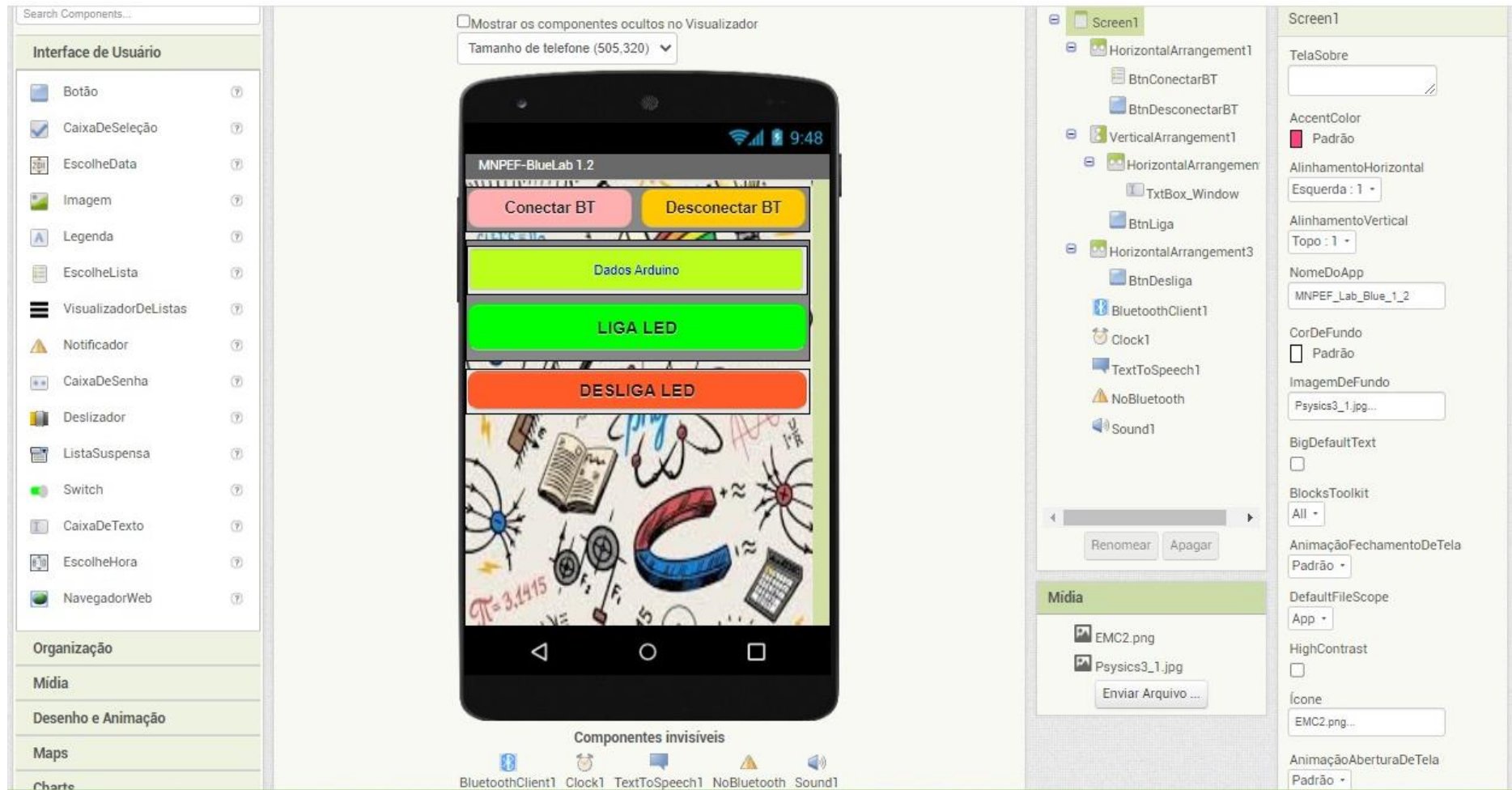
A mesma programação em blocos do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2 da figura acima, ampliada mostrando detalhes:







## APÊNDICE F – DESIGNER DO APLICATIVO MIT



**APÊNDICE G – PRODUTO EDUCACIONAL**

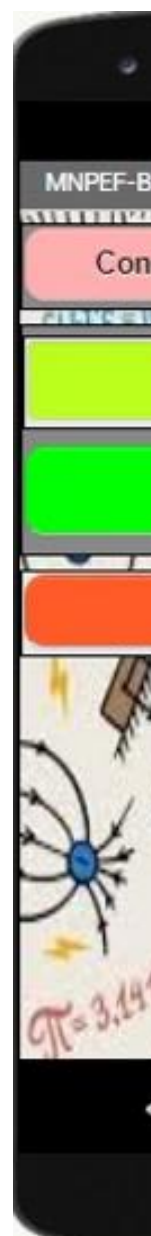
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
POLO 58

MARIA PAULA DE MORAIS SILVA

PRODUTO EDUCACIONAL

**UM APARATO EXPERIMENTAL PARA A DETERMI-  
NAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK UTILIZANDO  
O ARDUINO E O MIT APP INVENTOR**

Recife  
2024



MARIA PAULA DE MORAIS SILVA

UM APARATO EXPERIMENTAL PARA A DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE  
PLANCK UTILIZANDO O ARDUINO E O MIT APP INVENTOR

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: CONECTIVIDADE E INTERATIVIDADE NO ESTUDO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA PARA A DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK UTILIZANDO ARDUÍNO E O MIT APP INVENTOR, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 58 – UFRPE /Recife-PE, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:

Professora Dra. Ana Paula Teixeira Bruno Silva

Professor Dr. Jairo Ricardo Rocha de Oliveira

Recife  
2024

## SUMÁRIO

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                                       | 138 |
| 2 CONCEITOS, METODOLOGIAS E PRÁTICA EXPERIMENTAL .....                                   | 140 |
| 2.1 Metodologias ativas de aprendizagem: modelos híbridos e sala de aula invertida ..... | 140 |
| 2.1.1 Ensino híbrido.....                                                                | 141 |
| 2.1.2 Sala de Aula Invertida ( <i>Flipped Classroom</i> ).....                           | 142 |
| 2.2 Arduino Uno .....                                                                    | 144 |
| 2.2.1 Alimentação.....                                                                   | 145 |
| 2.2.2 Pinos digitais.....                                                                | 146 |
| 2.2.3 Pinos analógicos .....                                                             | 146 |
| 2.2.4 Arduino IDE .....                                                                  | 146 |
| 2.2.5 Linguagem de programação do IDE.....                                               | 150 |
| 2.2.5.1 Funções.....                                                                     | 150 |
| 2.3 Componentes eletrônicos.....                                                         | 155 |
| 2.4 MIT App Inventor .....                                                               | 160 |
| 2.4.1 Design do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2 .....                                      | 166 |
| 2.4.2 Programação em blocos do aplicativo MNPEF_Blue_Lab_1_2 .....                       | 168 |
| 3 METODOLOGIA.....                                                                       | 172 |
| 3.1 Montagem do experimento.....                                                         | 173 |
| 3.1.1 Programação do Arduino IDE .....                                                   | 176 |
| 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                             | 182 |
| REFERÊNCIAS .....                                                                        | 184 |

## APRESENTAÇÃO

Caro professor(a),

Este produto educacional é um manual que traz uma proposta metodológica ativa, utilizando o modelo de ensino híbrido Sala de Aula Invertida, e um aparato experimental, podendo ser aplicado no 3º ano do ensino médio, ou em outras séries, com foco nos conceitos, sem uma preocupação maior nas equações estrondosas da área. O objetivo deste trabalho é mostrar a metodologia proposta e a construção de um experimento que inclui componentes eletrônicos, Arduino Uno e o sensor *bluetooth* HC-05, com o intuito de calcular a constante de Planck. Esta proposta foi objeto de pesquisa do programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), do polo 58, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

As aulas foram programadas e aplicadas para uma turma de 3º ano do Ensino Médio, distribuídas em 6 encontros, de 50 minutos cada.

O circuito elétrico, a programação do Arduino e o aplicativo desenvolvido serão disponibilizados mais adiante, com possibilidade de mudanças para uma possível melhoria. O sensor HC-05 servirá para o aluno fazer uma conexão via *bluetooth* ao seu telefone celular, que junto a um aplicativo criado, no *MIT App Inventor*, o aluno consiga dados importantes para o cálculo da constante de Planck. A montagem e programação deste aparato experimental estarão mais detalhados nos próximos capítulos, assim como todos os componentes necessários e suas conexões.

## 1 INTRODUÇÃO

É pertinente refletir em como o Ensino de Física (EF) é desenvolvido nas escolas, a fim de melhorar e ampliar o aprendizado dos alunos, modificando metodologias e recursos, de acordo com a realidade de cada um deles. Não é uma ideia nova pensar que as aulas de Física ainda persistem em ser ministradas de forma engessadas, tradicionais, limitadas a cálculos matemáticos. Diante desses fatos, a diversificação de métodos e técnicas utilizados durante o processo de ensino e aprendizagem podem constituir estratégias fundamentais para colocar o aluno como o protagonista na construção do conhecimento.

Na atualidade existem diversos métodos que buscam fugir do tradicional de modo a efetivar a aprendizagem, a saber, destaca-se neste trabalho, a Sala de Aula Invertida. No que concerne a isto, Filatro e Cavalcanti (2023), apontam a Sala de Aula Invertida como uma possibilidade de estratégia viável para o professor utilizá-la, onde os alunos estudam os conteúdos em casa e preparam-se para tirar dúvidas na sala de aula junto aos demais, tendo o professor como um orientador.

Além dessa visão global sobre como a Física pode se tornar mais atrativa para os estudantes, a integração da tecnologia na sala de aula pode estimular os alunos de forma a potencializar a construção de novos conhecimentos. Além do mais essa inserção tecnológica, acarreta em uma compreensão mais simples e acessível, permitindo que a teoria se conecte com a prática, trazendo resultados expressivos para o processo educativo (Souza; Souza, 2013).

Destarte, a inclusão de dispositivos tecnológicos que fazem parte da realidade dos alunos – como celular e computador – nas aulas de Física, destacam-se ainda mais quando consideramos que a geração atual está introduzida nesse mundo. Assim, entende-se que o ensino da Física precisa utilizar desses materiais e propor ao aluno situações em que o faça refletir e solucionar problemas que estão presentes no seu mundo e, como consequência, uma aprendizagem que faça sentido para sua vida. Diante disso, o aluno ao perceber que determinado conteúdo visto em sala de aula faz parte de seu cotidiano, surge a consolidação do aprendizado.

Nesse sentido, é um pouco difícil falar na integração desses aparatos em sala de aula sem afirmar que o fundamento de toda tecnologia que utilizamos hoje deriva de conceitos advindos da FMC. Nesta acepção, aparelhos celulares, sensores diversos,

microprocessadores, tecnologias avançadas na medicina, são evidências claras da importância de trazer essa Física para as salas de aulas de nossos estudantes.

Mediante a isto, a inclusão de temas relacionados a FMC no EM inclui, sobretudo, inclui o objetivo de despertar o interesse dos alunos pelos avanços tecnológicos presentes em seu dia a dia, principalmente com o auxílio de materiais de pesquisas atuais. Logo, isso permite que os alunos reflitam e avaliem de forma consciente o impacto que essas tecnologias trazem para a sociedade. E, apesar dos debates recentes enfatizarem a aproximação da escola na vida dos alunos, é praticamente impensável ensinar Física sem incluir os conteúdos relacionados à FMC.

Unindo essas ideias, o objetivo foi propor um produto educacional, proposta metodológica, utilizando o modelo de ensino híbrido, Sala de Aula Invertida, com o uso de um aparato experimental para contribuir no processo de ensino e aprendizagem de conceitos da Física Moderna e Contemporânea na determinação da constante de Planck e utilizando tecnologias acessíveis.

O Arduino é um microprocessador de fácil uso tanto para professores quanto para alunos. Como uma plataforma eletrônica de código aberto, ela é baseada em hardware e software acessíveis e possui um custo relativamente baixo. No âmbito escolar, essa ferramenta pode ser empregada em experimentos para demonstrar princípios físicos, fazendo uma relação direta da prática com a teoria (Moreira *et al.*, 2018).

Além do Arduino, outra ferramenta tecnológica que pode ser utilizada nas práticas pedagógicas é o *MIT App Inventor*. O desenvolvimento do *MIT App Inventor* veio de uma parceria entre o Instituto de Tecnologia de Massachusetts e a *Google*, com o objetivo de tornar o processo de implementação de algoritmos e programação mais acessível, de modo que crianças e adolescentes possam ter maior acesso e facilidade de uso (Lara, 2015).

Apresentaremos, a seguir, a proposta metodológica e um roteiro do aparato experimental, contextualizando a plataforma Arduino e o *MIT App Inventor*, para melhor orientação.

## 2 CONCEITOS, METODOLOGIAS E PRÁTICA EXPERIMENTAL

Iremos apresentar os conceitos teóricos acerca do modelo do ensino híbrido Sala de Aula Invertida; o funcionamento da plataforma Arduino, os componentes eletrônicos utilizados, o *MIT App Inventor* e o roteiro experimental utilizado em sala de aula.

### ***2.1 Metodologias ativas de aprendizagem: modelos híbridos e sala de aula invertida***

As demandas da educação atual exigem que o professor se atualize ainda mais nas estratégias didáticas em sala de aula. A forma tradicional costuma não funcionar mais, os estudantes encontram-se numa época que não dá para mantê-los passivos para aprender algo. Discussões nesse sentido já não são tão atuais, de acordo com Bacich, Tanzi Neto e Trevisani (2015), as crianças e jovens estão cada vez mais integrados às tecnologias digitais, formando uma geração que desenvolve novas formas de relacionamento com o conhecimento e, por isso, exige que mudanças ocorram na escola.

Diante dessa necessidade, a diversificação de métodos e técnicas utilizados durante o processo de ensino e aprendizagem podem constituir estratégias fundamentais para colocar o aluno como o protagonista na construção do conhecimento. Nesse sentido, as metodologias ativas de aprendizagem têm potencial para contribuir para um ensino mais criativo e inovador.

Nessa visão, consideramos para a aplicação do nosso produto educacional, as metodologias ativas, com foco na Sala de Aula Invertida. Assim, destacamos algumas concepções de pesquisadores sobre os métodos ativos de aprendizagem.

Para Studart (2019), metodologias ativas são aquelas em que, durante o processo de ensino, os alunos se envolvem de forma ativa, em vez de apenas ouvir passivamente o professor. Essa definição ainda pode ser acrescentada a ideia de Bacich e Moran (2018, p. 27):

As metodologias ativas constituem alternativas pedagógicas que colocam o foco do processo de ensino e de aprendizagem no aprendiz, envolvendo-o na aprendizagem por descoberta, investigação ou resolução de problemas. Essas metodologias contrastam com a abordagem pedagógica do ensino tradicional centrado no professor, que é quem transmite a informação aos alunos. No entanto, a proposta de um ensino menos centrado no professor não é nova (Bacich; Moran, 2018, p. 27).

É nessa perspectiva que se insere o método ativo, entendido como sinônimo de metodologias ativas, uma possibilidade de deslocar o foco do docente (ensino) para o estudante (aprendizagem), ao considerar a educação como um processo que não é realizado por outra pessoa ou apenas pelo próprio indivíduo, mas que se concretiza na interação entre sujeitos históricos por meio de suas palavras, ações e reflexões, fazendo uma conexão com as ideias de Vygotsky (Steinert; Hardoim, 2019).

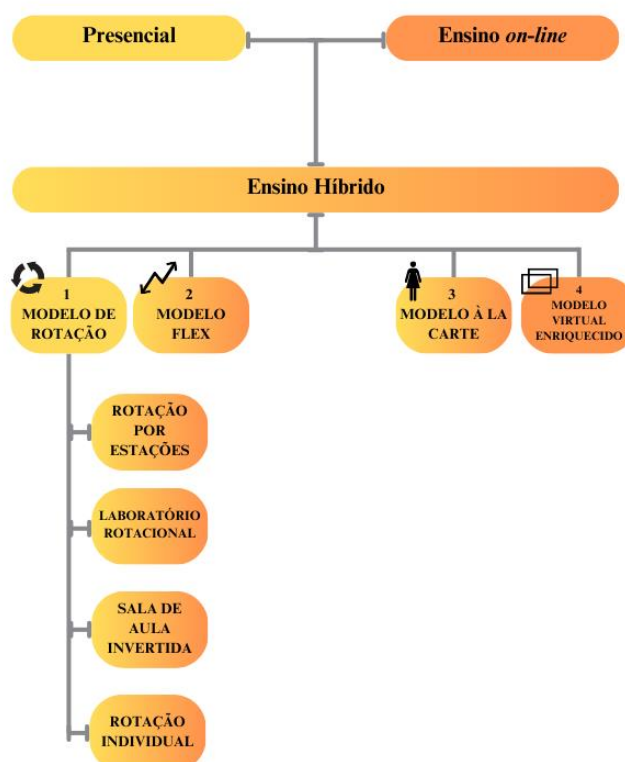
Diante das ideias apresentadas, concordamos que é possível uni-las com o propósito de contribuir com o processo de ensino e aprendizagem, utilizando em sala de aula metodologias inovadoras, com o uso de tecnologias digitais, que possibilitam a personalização da aprendizagem, trazem o estudante para mais perto do interesse em aprender algo novo, bem como oportunizam novas descobertas. Nesse sentido, o ensino híbrido pode propiciar um conjunto de estratégias didáticas para utilização no contexto escolar.

### **2.1.1 Ensino híbrido**

A expressão “ensino híbrido” está fundamentada no conceito de educação híbrida, onde não há uma única maneira de aprender e a aprendizagem é vista como um processo contínuo que se desenvolve de diversas maneiras e em variados espaços (Bacich; Tanzi Neto; Trevisani, 2015).

O ensino híbrido dá a possibilidade, de acordo com Bacich, Tanzi Neto e Trevisani (2015), de aproveitar “o melhor dos dois mundos”. Esses autores estão se referindo ao uso unificado de tecnologias digitais, sem abandonar o que já é conhecido pelos alunos, com aulas dentro de salas, sem restrição ao ritmo de sala de aula presencial etc. Existem algumas propostas desse tipo de ensino, conforme apresentado na Figura 1.

**Figura 1** - Modelos de ensino híbrido.



**Fonte:** Adaptado de Horn, Staker e Christensen (2015, p. 38).

Para cada modelo mostrado na Figura 1, existem aspectos que ao acontecer em sala de aula, conseguimos reconhecer o modelo escolhido, a partir das especificações dos mesmos, com base nessas ideias, escolhemos o modelo Sala de Aula Invertida para aplicação do produto educacional.

- *Sala de Aula Invertida*: o aluno estuda previamente, e na aula os alunos tiram dúvidas, fazem discussões e atividades práticas mediadas pelo professor (Bacich; Moran, 2018).

### 2.1.2 Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*)

Dentre as diversas opções de métodos ativos de aprendizagem, a Sala de Aula Invertida (SAI), traduzida do inglês *Flipped Classroom*, identificamos que seria a que mais se adequava a nossa realidade escolar e também se tornava uma possibilidade de atualização para as aulas de Física.

A SAI é defendida como aquilo que é de costume ser feito na sala de aula passa a ser realizado em casa, e o que normalmente é passado como tarefa de casa agora é apenas complementado em sala (Bergmann; Sams, 2016). Além disso, a SAI oferece abertura para ser combinada com outras metodologias ativas para que o aluno possa ser mais engajado no processo de ensino e aprendizagem.

Na Figura 2 construímos um esquema que pode ser resumido sobre a SAI.

**Figura 2** - Esquema sobre a Sala de Aula Invertida.



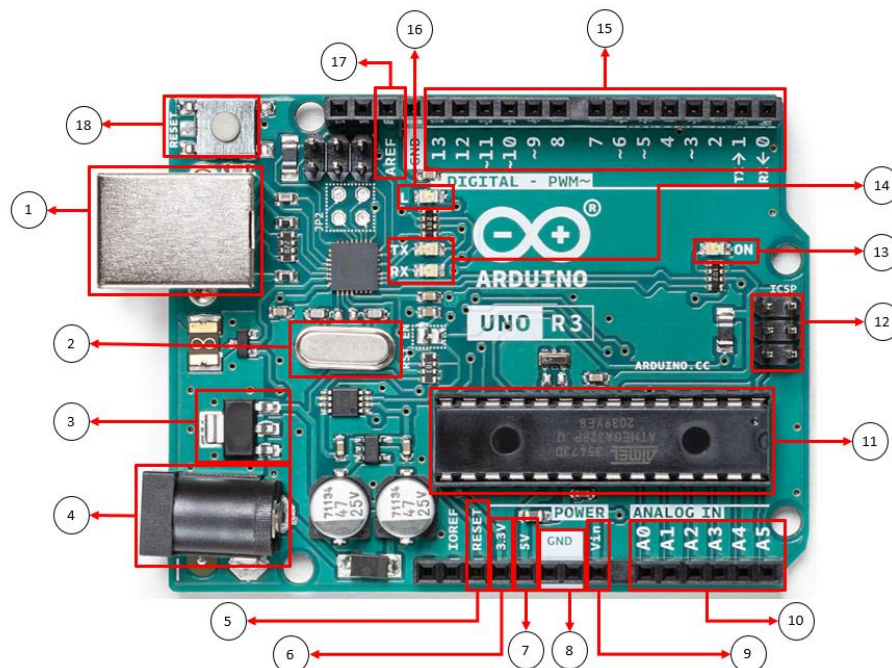
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Vimos que a Sala de Aula Invertida possui muitos fatores atrativos para abordagem em sala de aula. Porém, cada professor precisa conhecer bem a metodologia que irá utilizar e avaliar se sua realidade se adequa para seu uso.

## 2.2 Arduino Uno

O nome Arduino vem de um bar em Ivrea, na Itália, onde alguns dos fundadores do projeto se reuniram. Enquanto, o termo UNO foi originado no idioma italiano e significa “um”. Esse nome foi escolhido para denominação devido ao lançamento da versão 1.0 do software Arduino. Anterior a essa versão, existiam outras, por exemplo, Serial, NG, Diecimila e Duemilanove. A Figura 3 apresenta em detalhes as partes de um Arduino UNO:

**Figura 3 - Arduino UNO R3**



**Fonte:** Indicação dos componentes elaborado pela autora (2024).

A Quadro 1 exibe o que cada número indicado na Figura 3 significa.

**Quadro 1 - Partes de um Arduino UNO.**

| Numeração | Descrição                      | Função                                              |
|-----------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1         | Conector USB                   | Permite comunicação com um computador via cabo USB. |
| 2         | Oscilador de cristal de 16 MHz | Temporizador do sistema.                            |
| 3         | Regulador de tensão            | Estabiliza as tensões DC em toda a placa.           |
| 4         | Conector de alimentação        | Entrada de tensão (7V a 12V DC).                    |
| 5         | Pino de reset da placa         | Reinicia a placa com botão externo.                 |
| 6         | Pino de 3,3V                   | Fornece 3,3V saída.                                 |
| 7         | Pino de 5V                     | Fornece 5V de saída.                                |

|    |                              |                                                                                                                   |
|----|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | Pino GND (Ground)            | Pino terra e de retorno de corrente.                                                                              |
| 9  | Pino Vin                     | Entrada de tensão por fonte de energia externa AC.                                                                |
| 10 | Pinos analógicos de A0 a A5. |                                                                                                                   |
| 11 | Microcontrolador da placa    | No Arduino Uno é ATmega328P.                                                                                      |
| 12 | Pino ICSP                    | Usado para transferir programas/firmwares e também para executar tarefas administrativas.                         |
| 13 | LED indicador                | Indica que a placa está ligada corretamente.                                                                      |
| 14 | LEDs TX e RX                 | O LED TX pisca enquanto envia os dados seriais. O LED RX pisca durante o processo de recebimento.                 |
| 15 | Pinos digitais               | A placa Arduino Uno possui 14 pinos de entrada e saída digitais.                                                  |
| 16 | LED built-in                 | Conectado geralmente ao pino digital 13.                                                                          |
| 17 | Pino AREF                    | Define uma tensão de referência externa (entre 0 e 5V) como o limite superior para os pinos de entrada analógica. |
| 18 | Botão de reset da placa      | Reinicia a placa.                                                                                                 |

**Fonte:** Elaborada pela autora (2024).

Algumas informações são importantes, principalmente quando não se conhece o funcionamento da placa, são elas:

- Não conectar o Arduino a uma fonte de tensão maior que 12V, pois pode danificá-lo. O computador já estabelece automaticamente uma tensão segura para o funcionamento do Arduino.
- Os pinos analógicos trabalham com tensões que variam de 0V a 5V.
- Os pinos digitais trabalham com os valores de tensão 0V para desligado e 5V para ligado.

### 2.2.1 Alimentação

De acordo com Nussey (2019), os pinos GND (abreviação de *GROUND*, que em inglês significa terra), que são pinos terra, servem para fechar os circuitos. São três deles na placa, onde dois deles ficam lado a lado na parte inferior e o terceiro fica ao lado do pino 13, como mostrado na Figura 3. O pino *Vin*, tem significado entrada de tensão, e pode ser usado para fornecer uma tensão igual a tensão dada pelo conector externo.

### 2.2.2 Pinos digitais

O Arduino UNO possui 14 pinos digitais, de 0 a 13, que podem desempenhar como entrada (luz em um sensor, um dedo em um botão) e saída (ativando um motor, ligando um LED) digital, sendo que cada um oferece cinco volts de tensão quando ligadas e zero volts, quando desligadas, em que cada um cede ou recebe uma corrente elétrica de 40 mA (Bandeira, 2017; Macêdo; Faria, 2021; Leite, 2018).

Os pinos 3, 5, 7, 9, 10 e 11 funcionam com a função PWM (*Pulse-Width-Modulation*), com tradução igual a modulação por largura de pulso e, é uma opção utilizada para ceder um nível de tensão de forma eficiente em algum ponto entre a fonte e o GND. Os pinos 0 e 1 têm a função de enviar dados ao computador através do TX e RX, para transmissão e recepção. Os pinos 2 e 3 têm a possibilidade de fazer interrupções externas (Bandeira, 2017; Rodrigues; Cunha, 2014; Warren; Adams; Molle, 2019).

### 2.2.3 Pinos analógicos

Enquanto as portas digitais funcionam com situações como sim ou não, ligado ou desligado, zero volts ou cinco volts, existem as portas analógicas, de A0 a A5, que podem analisar circuitos com tensões que podem estar entre zero volts ou cinco volts, por exemplo, dois volts, 3,4V, 4,6V, podendo enviar informações a um computador a todo momento, através de sensores e que também é possível acompanhar essas informações pelo serial monitor (Rodrigues; Cunha, 2014; Warren; Adams; Molle, 2019).

### 2.2.4 Arduino IDE

Para utilizar o Arduino e todas suas funcionalidades, é preciso inicialmente enviar códigos para ele. Para tanto, é necessário fazer o *download* da plataforma operacional Arduino IDE (Ambiente Integrado de Desenvolvimento), um software livre disponível para diferentes sistemas operacionais como, *Windows*, *Mac OS*, *Linux*, em sua página oficial (Guedes, 2018), destacamos que utilizamos a versão 1.8.19 do Arduino IDE, apresentada na Figura 4:

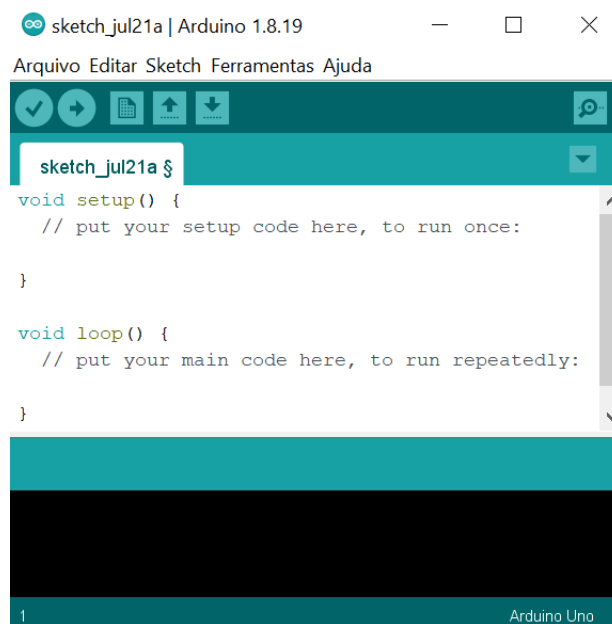
**Figura 4** - Página correspondente a instalação do Arduino IDE.



**Fonte:** Print screen do Arduino.cc (2024).

Escolhemos o sistema operacional e após instalação, é possível escrever um conjunto de instruções baseadas em código C, como falado anteriormente, e são chamados de *sketches* ou *script*, que tem como tradução esboço ou rascunho. Na Figura 5 é apresentada a primeira página do Arduino IDE depois de instalado.

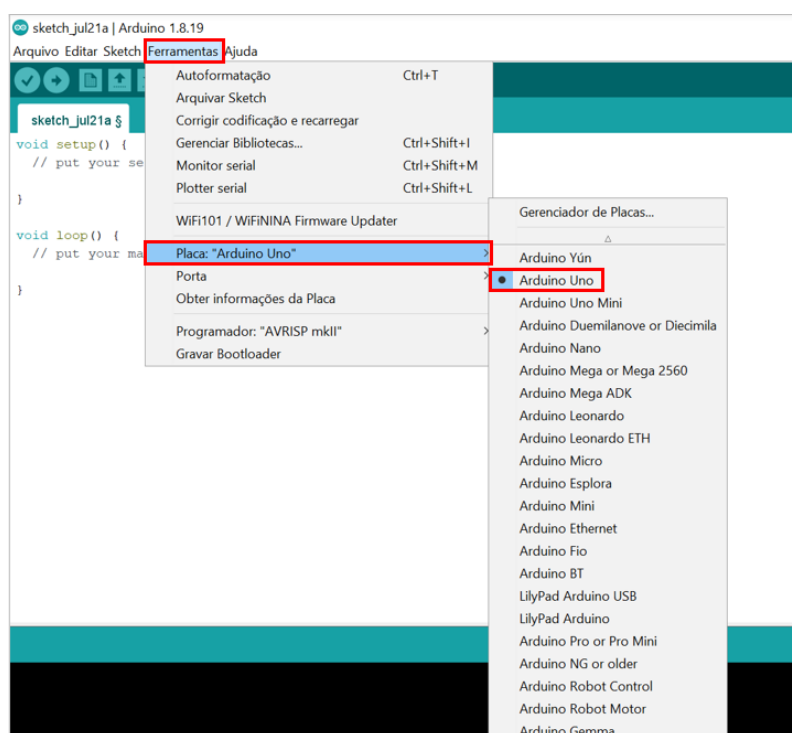
**Figura 5** - Página inicial do Arduino IDE após instalação no computador.



**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

Assim que o programa ficar pronto, de acordo com os códigos organizados da forma correta, é necessário ir ao menu + ferramentas + selecionar a placa utilizada; depois menu + ferramentas + selecionar a porta USB conectada no computador e, por fim, menu + rascunho + fazer o *upload* direto para a placa através de um cabo USB (Bandeira, 2017), a sequência demonstrada na Figura 6:

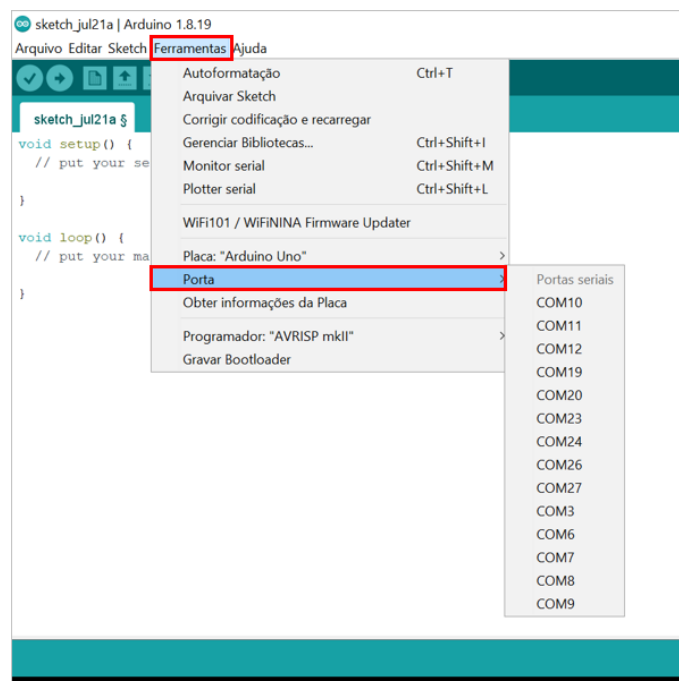
**Figura 6** - Escolhendo a placa no Arduino IDE.



Fonte: Print screen do Arduino IDE (2024).

Em seguida, precisamos selecionar a porta USB detectada pelo computador, como mostra a Figura 7 a seguir.

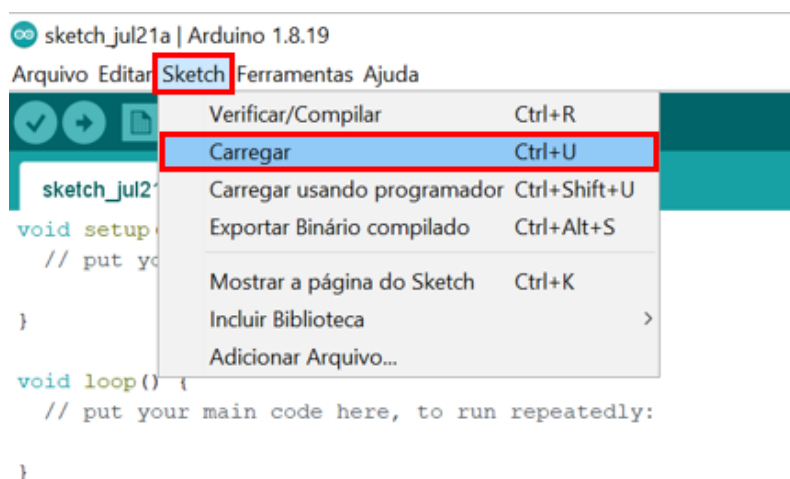
**Figura 7** - Detectando a porta USB no computador.



Fonte: Print screen do Arduino IDE (2024).

E para completar o processo de conexão entre a placa e o computador, é necessário enviar o código digitado como programador, assim como a Figura 8 encaminha.

**Figura 8** - Enviando o código para a placa Arduino.



Fonte: Print screen do Arduino IDE (2024).

## 2.2.5 Linguagem de programação do IDE

A linguagem de programação compreendida pelo Arduino é na forma de códigos na língua inglesa, e que precisa seguir uma série de regras para que seja compilado de forma correta pela placa. A linguagem do tipo C++ é propícia para uso, pois é utilizada há bastante tempo e versátil (Nussey, 2019). Além disso, na internet existem muitas obras que ensinam o passo a passo como construir os programas para o Arduino.

### 2.2.5.1 Funções

Costuma-se chamar de “função”, um código que vai executar uma determinada tarefa que se deseja e, na maioria das vezes, que essa tarefa se repita em algum momento depois. Ao invés de escrever esse código mais de uma vez, usa-se uma função que faça isso com apenas um código (Nussey, 2019). A função também pode ser um conjunto de comandos que ficam agrupados em um bloco de indentação, e esse bloco deve iniciar com o símbolo de { e finalizar com }. Dessa forma, programa entende que tudo que está entre esses dois símbolos faz parte da função escrita.

O sketch é o programa do Arduino formado por linhas de códigos. Inicialmente encontramos duas seções, como mostra a Figura 5, que são: *void setup* e *void loop*. Esses dois termos devem ser utilizados em todos os sketches, pois são pré-requisitos para se fazer upload do programa que se deseja que o Arduino execute. Sem eles, o *sketch* não será compilado (Nussey, 2019).

De acordo com Fernandes (2020), o *void setup()*, ou a função *setup()* é a primeira seção do *sketch* a ser executada e, será sempre apenas uma vez, não será mais repetida. Quando colocamos as palavras *void setup()*, percebemos que a coloração das palavras se modifica, pois trata-se de uma palavra reservada da biblioteca do Arduino, indicando que o Arduino IDE reconhece o código, como mostra a Figura 9.

**Figura 9** - Cores das palavras *void setup()* no Arduino IDE.



**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

Nussey (2019) traz a ideia de *loop* como uma função que é executada indefinidamente até o momento que a placa não esteja mais alimentada ou que o botão *reset* seja pressionado. Assim que digitamos *void loop()* no Arduino IDE, ele também modifica a cor das letras por também ser uma palavra reservada da biblioteca do Arduino, afirmando que reconhece com uma função, como mostra a Figura 10.

**Figura 10** - Cores das palavras *void loop()* no Arduino IDE.

```
void loop() {
    // put your main code here, to run repeatedly:
}
```

**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

Quando queremos deixar um pequeno comentário entre um comando e outro, a fim de manter a organização do programa, devemos digitar “//” antes das palavras, podendo ser parte de uma linha ou uma linha inteira, a exemplo a Figura 11. A linguagem também pode ser qualquer uma, pois com as duas barras, o Arduino não consegue interpretar o que vem após.

**Figura 11** - Comentário de até uma linha.

```
1
2 // A função de configuração é executada uma vez quando você pressiona Reset ou liga a placa
3
```

**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

Caso o comentário seja mais extenso, mais de uma linha, iniciamos com o símbolo `/*` e finalizamos com `*/`, os dois exemplos mostrados na Figura 12 abaixo:

**Figura 12** - Comentário extenso.

```

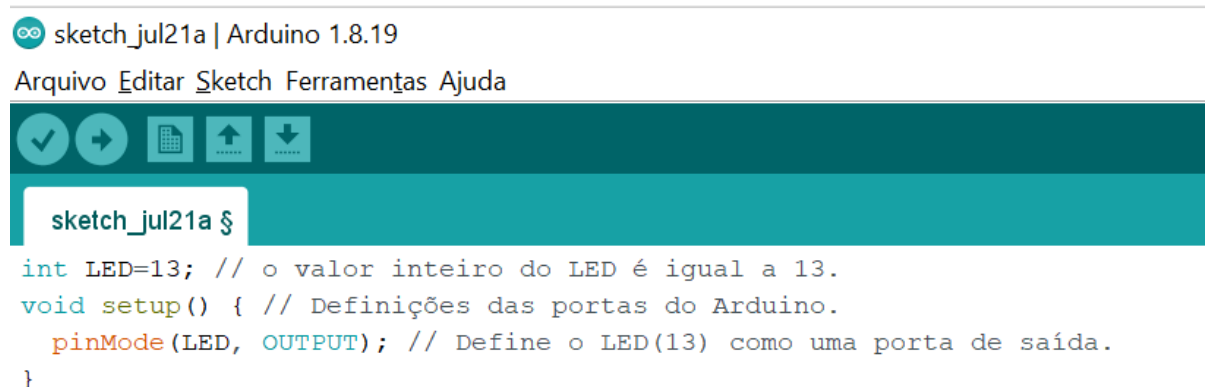
1  /*
2
3
4  Acende um LED por um segundo e, em seguida, desliga por um segundo, repetidamente.
5
6  A maioria dos Arduinos tem um LED integrado que você pode controlar. Sobre a ONU, MEGA e ZERO
7  Ele é anexado ao pino digital 13, no MKR1000 no pino 6. LED_BUILTIN está definido como
8  o pino LED correto, independentemente de qual placa é usada.
9  Se você quiser saber a qual pino o LED on-board está conectado no seu Arduino
10 modelo, confira as Especificações Técnicas da sua placa em:
11 https://www.arduino.cc/en/Main/Products
12
13
14 */

```

**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

Temos também a função *pinMode* que configura o pino que se utiliza na placa Arduino para enviar um comando de entrada, chamado de *INPUT*, ou de saída, *OUTPUT*. Por exemplo, caso o interesse seja ligar um LED no pino 13, é preciso avisar a placa da forma correta. Antes disso, é necessário indicar ao Arduino uma variável, que para este caso, é afirmar em qual pino será encontrado o LED, indicada pelo comando *int*. Outra observação importante, é que a cada comando nas linhas, depois da variável *int* e do *pinMode*, é obrigatório o uso do ponto-vírgula, informando a placa que essa linha terminou após a pontuação, poderá vir mais outra informação, como mostra a Figura 13.

**Figura 13** - Função *pinMode* no Arduino IDE.



```

sketch_jul21a | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

sketch_jul21a $
int LED=13; // o valor inteiro do LED é igual a 13.
void setup() { // Definições das portas do Arduino.
  pinMode(LED, OUTPUT); // Define o LED(13) como uma porta de saída.
}

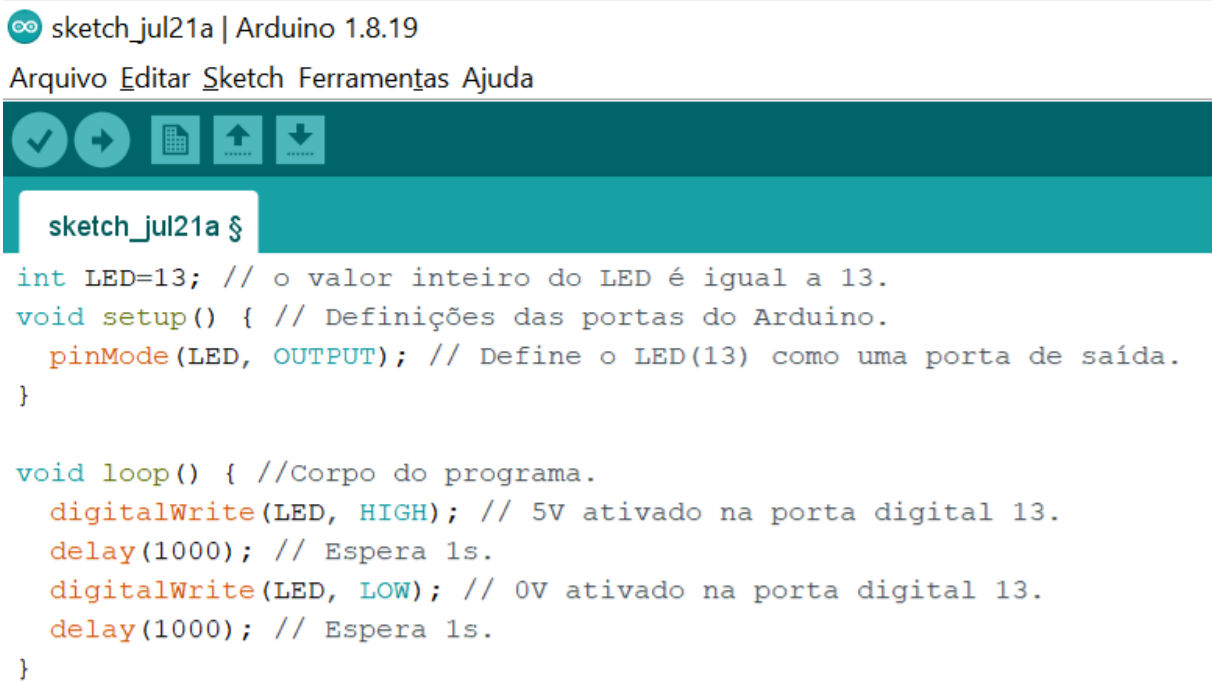
```

**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

De acordo com Nussey (2019), na função *loop*, utilizamos o *digitalWrite* que envia um valor digital para o pino escolhido, que no exemplo citado, é o 13. Se por acaso o objetivo do programa seja fazer um LED ficar piscando com intervalos de tempo de um segundo, precisamos acionar o comando do tempo, que chamamos de *delay*. Para isso, é necessário saber que o Arduino lê o tempo em milissegundos, ou seja, como o intervalo de tempo seja um segundo aceso e um segundo apagado, usamos o número 1000 para o *delay*.

Para acender o LED, o comando dado é *HIGH* e para apagar, *LOW*, traduzidos do inglês alto e baixo, respectivamente. Quando o LED se encontra no modo *HIGH*, está sendo enviado, aproximadamente, 5V de tensão, no modo *LOW*, aproximadamente, 0V. Assim, a sequência ficará: variável declarada no pino 13; configuração de um LED como saída de informação; e um *loop* fazendo o LED acender um segundo e apagar um segundo, como demonstrado na Figura 14.

**Figura 14** - Programa para fazer um LED piscar com intervalo de tempo de um segundo.



```

sketch_jul21a | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

int LED=13; // o valor inteiro do LED é igual a 13.
void setup() { // Definições das portas do Arduino.
  pinMode(LED, OUTPUT); // Define o LED(13) como uma porta de saída.
}

void loop() { //Corpo do programa.
  digitalWrite(LED, HIGH); // 5V ativado na porta digital 13.
  delay(1000); // Espera 1s.
  digitalWrite(LED, LOW); // 0V ativado na porta digital 13.
  delay(1000); // Espera 1s.
}

```

**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

De acordo com Schaidler *et al.* (2018), o *digitalRead* é uma função que lê o pino digital utilizado, que é representado por *HIGH* ou *LOW*, e se por acaso o valor da carga do pino possua uma diferença de potencial maior que 3V, a função retorna a *HIGH*; caso

a leitura seja menor de 2V, a função retorna a *LOW*, como demonstra a programação da Figura 15, em que utilizamos a variável estado que irá receber a leitura digital do pino escolhido, o 7 por exemplo, que dependendo da resposta, irá realizar o código seguinte:

**Figura 15** - Exemplo da função *digitalRead*.



```
sketch_jul21a | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas
[Icons: Checkmark, Run, Serial Monitor, Upload, Download]
sketch_jul21a $
estado = digitalRead(7);
if (estado == HIGH)
{
    // Fazer alguma ação.
}
```

**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

O *if* serve para indicar se a condição colocada é verdadeira ou não, a condição deve estar entre parênteses e só pode ter dois resultados possíveis, que são: *true* (verdadeiro) ou *false* (falso) (Fernandes, 2020). Para Guedes (2018) o comando *if* examina uma expressão lógica e só executa o comando a seguir se o resultado se apresentar verdadeiro. Também podemos utilizar o comando *if else* que é para permitir muitas verificações de forma agrupada, que podem ser executados todos ao mesmo tempo.

Um exemplo de comando de entrada, *INPUT*, é com a utilização de um botão de pressão, chamado também de *push button*. A Figura 16 demonstra um exemplo em que utilizamos uma função *digitalRead()* que pode ligar ou desligar um LED, conforme um botão de pressão é acionado ou não:

**Figura 16** - Exemplo de uma função *digitalRead()* com botão.


```

sketch_jul21a | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

void setup() { // Definições das portas do Arduino.
  pinMode(LED, OUTPUT); // Define o LED(13) como uma porta de saída.
  pinMode(button, INPUT); // Pino 7 como entrada de informações.
}

void loop() { //Corpo do programa.
  val = digitalRead(button); // Faz a leitura de entrada.
  digitalWrite(LED, valor); // HIGH se o botão for pressionado.
                          // LOW caso o botão não seja pressionado.
}

```

**Fonte:** Print screen do Arduino IDE (2024).

A placa Arduino Uno utiliza dois pinos seriais, que são o pino RX, localizado no pino zero e é responsável pela recepção de dados externos e, TX, localizado no pino um e é responsável pela transmissão de dados. **É importante destacar que ao fazer um upload de algum programa para a placa, nenhum outro dispositivo deve estar conectado nos pinos zero e um, pois podem ocorrer interferências e causar falhas** (Fernandes, 2020).

Uma das funções mais utilizadas no Arduino é a *serial.begin()*, pois assim, conseguimos configurar a taxa de comunicação em bits por segundo (parâmetro *speed*), chamado para transmissão serial (Souza, 2014). De acordo com Guedes (2018), a velocidade padrão do Arduino Uno é igual a 9600. Temos a função *serial.write()* que escreve um *byte* ou séries de *bytes* na porta serial, ele imprime um valor recebido para algum dispositivo que você queira, computador, celular, etc.

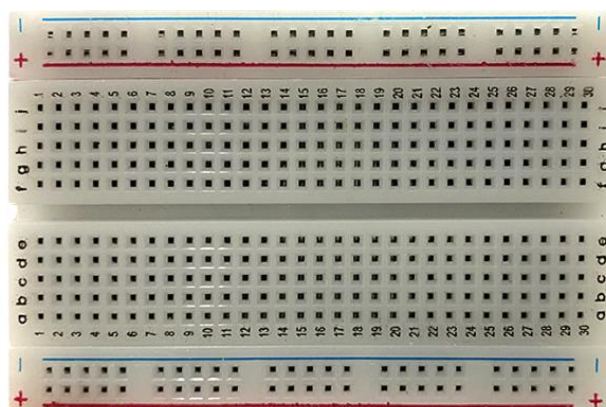
## 2.3 Componentes eletrônicos

A seguir, serão mostrados os componentes eletrônicos utilizados no aparato experimental e suas funções.

## ***Protoboard***

A Figura 17 mostra uma *protoboard* possibilita a montagem temporária de circuitos eletrônicos, permitindo que os componentes sejam reutilizados, sendo composta por uma grade de contatos conectados entre si, por meio dos quais os componentes são interligados.

**Figura 17 - Protoboard.**



**Fonte:** Registro da foto pela autora (2024).

## ***Jumpers***

Estes cabos flexíveis possuem pontas rígidas em suas extremidades, projetadas para serem facilmente inseridas nos furos do *protoboard*, o que simplifica a conexão entre os componentes e a fonte de alimentação, mostrado na Figura 18 abaixo.

**Figura 18 - Jumpers.**



**Fonte:** Registro da foto pela autora (2024).

## Resistores

Um resistor é um dispositivo projetado para provocar resistência a uma corrente elétrica e quando conectado em série a um dispositivo, tem-se como resultado uma queda da corrente que atravessa a ambos e também a diminuição da tensão nos terminais do dispositivo, ilustrado na Figura 19 a seguir.

**Figura 19** - Resistor.



**Fonte:** Registro da foto pela autora (2024).

A primeira faixa é a marrom, equivalente ao número um; a segunda faixa é preta, número zero, dessa forma temos o 10. A terceira faixa é laranja, o multiplicador  $10^3$ ; e a quarta faixa é sua tolerância de cor dourado, 5 %. Assim, temos  $1K\Omega$  com uma tolerância de  $\pm 5\%$ .

Cada cor de faixa significa algo que está sendo explicado na Figura 20, diz respeito a uma tabela de cores ou simplesmente código de cores que fornecem as resistências elétricas dos resistores.

**Figura 20** - Código de cores para resistência de resistores.

| Cor      | 1ª faixa | 2ª faixa | 3ª faixa | Multiplicador    | Tolerância   |
|----------|----------|----------|----------|------------------|--------------|
| Preto    | 0        | 0        | 0        | $\times 10^0$    |              |
| Marrom   | 1        | 1        | 1        | $\times 10^1$    | $\pm 1\%$    |
| Vermelho | 2        | 2        | 2        | $\times 10^2$    | $\pm 2\%$    |
| Laranja  | 3        | 3        | 3        | $\times 10^3$    |              |
| Amarelo  | 4        | 4        | 4        | $\times 10^4$    |              |
| Verde    | 5        | 5        | 5        | $\times 10^5$    | $\pm 0,5\%$  |
| Azul     | 6        | 6        | 6        | $\times 10^6$    | $\pm 0,25\%$ |
| Violeta  | 7        | 7        | 7        | $\times 10^7$    | $\pm 0,1\%$  |
| Cinza    | 8        | 8        | 8        | $\times 10^8$    | $\pm 0,05$   |
| Branco   | 9        | 9        | 9        | $\times 10^9$    |              |
| Dourado  |          |          |          | $\times 10^{-1}$ | $\pm 5\%$    |
| Prata    |          |          |          | $\times 10^{-2}$ | $\pm 10\%$   |

**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

### **Potenciômetro**

A Figura 21 é um tipo de resistor que consegue variar a resistência do circuito, ou seja, a resistência de circulação do circuito vai depender da manipulação do potenciômetro, a posição de sua chave.

**Figura 21** - Potenciômetro.



**Fonte:** Registro da foto pela autora (2024).

### **Botão**

O botão é um componente eletrônico que controla a passagem da corrente elétrica, que quando pressionado, flui essa corrente pelo circuito. Sua utilização é específica para a interação com o usuário, pois precisa ser acionado manualmente, mostrado na Figura 22.

**Figura 22** - Botão.



**Fonte:** Registro da foto pela autora (2024).

### **Módulo HC-05**

As placas de Arduino UNO não possuem em sua estrutura uma conexão *bluetooth*, porém é possível utilizar um componente eletrônico, conhecido como HC-05, que faz

esse papel de fornecer uma interface serial para que a placa consiga enviar e receber dados, via *bluetooth*, como mostra a Figura 23.

**Figura 23** - Módulo *bluetooth* HC-05.



**Fonte:** Registro da foto pela autora (2024).

## LED

O LED é um dispositivo semicondutor que quando energizado, emite luz. Os LEDs são altamente eficientes para geração de luz, devido a sua baixa produção de calor e longa vida útil. Além disso, operam com baixas tensões, geralmente entre 1,7 V e 4,5 V, dependendo do tipo do material específico de fabricação, assim como mostra a Figura 24.

**Figura 24** - LED vermelho.



**Fonte:** Print screen da Maker Hero.

## 2.4 MIT App Inventor

Com o intuito de criar uma conexão via *bluetooth* entre o experimento montado em sala e um celular, criamos um aplicativo *Mobile*. Diante dessa necessidade, o *MIT App Inventor* (Inventor de Aplicativos do Instituto de Tecnologia de Massachusetts) demonstrou ser uma ferramenta que pode cumprir com o que nosso produto educacional necessita, de forma prática e simplificada.

O *MIT App Inventor* foi criado pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts, e é uma plataforma de programação visual intuitiva que permite a qualquer pessoa, inclusive crianças, criar aplicativos totalmente funcionais para telefones *Android*, *iPhones* e tablets *Android/iOS*. O site foi desenvolvido para que os usuários possam criar os aplicativos a partir de blocos, facilitando a construção de programas mais complexos e diminuindo o tempo gasto, comparando com outros ambientes de programação (*MIT App Inventor*, 2024).

Outro fator relevante é a eficácia do site no desenvolvimento de aplicativos móveis para o sistema operacional *Android*, pois na aplicação do produto educacional, aparelhos celulares de sistema *Android* predominam com os alunos, facilitando o trabalho em sala de aula. Além disso, o site oferece uma maneira significativa de aprender conceitos fundamentais de programação, abordando esses conceitos de forma intuitiva e motivadora (Finizola *et al.*, 2014).

Segundo Castro *et al.* (2017), utilizando o *MIT App Inventor*, existe a possibilidade de não precisar escrever uma sequência de códigos manualmente, em forma de linha, e sim, construir a programação, de maneira simples e intuitiva através do recurso de arrastar e soltar blocos. Essa plataforma oferece uma ampla gama de recursos gráficos, incluindo botões, texto e imagens, além de funcionalidades de hardware de dispositivos móveis, como câmera, GPS e *Bluetooth* etc.

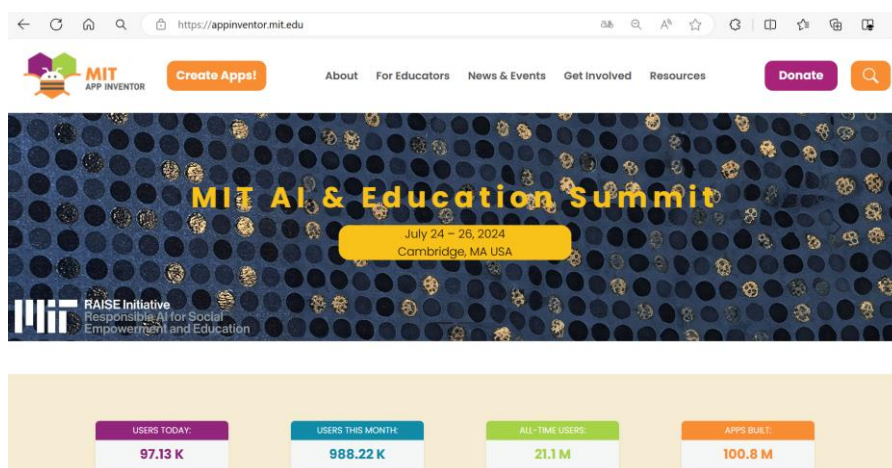
Para programar utilizando o *MIT App Inventor* são necessários dois recursos principais: o *App Inventor Designer* e o *Blocks Editor*.

O *App Inventor Designer* é uma janela executada no browser, onde se constrói a interface com o usuário da aplicação, determinando quais componentes (imagens, animações, botões, sons) serão escolhidos para essa aplicação. O *Blocks Editor* é onde é realizada a etapa de programação propriamente dita, a qual é representada pela união de pedaços de instruções, no estilo de peças de quebra-cabeças. Cada componente do *Designer* tem um conjunto de instruções inerentes dentro do *Blocks Editor*. As instruções do *Blocks Editor* apresentam procedimentos e estruturas (laços de repetição, listas, estruturas condicionais,

funções, operadores matemáticos e lógicos), instruções e eventos de interações com o celular (vibração, som, acelerômetro) dos componentes que estão sendo utilizados no *Designer*. Dessa forma, o *App Inventor* utiliza programação guiada a eventos, onde as interações com o dispositivo se refletem em respostas no aplicativo e vice-versa. (Finizola *et al.*, 2014, p. 2).

Na parte superior da página inicial da *MIT App Inventor*, encontra-se informações sobre o próprio site, notícias e eventos que envolvem assuntos relacionado a tecnologia e inovação, recursos e uma parte elencada para educadores, com tutoriais, dicas e indicação de livros como apontado na Figura 25.

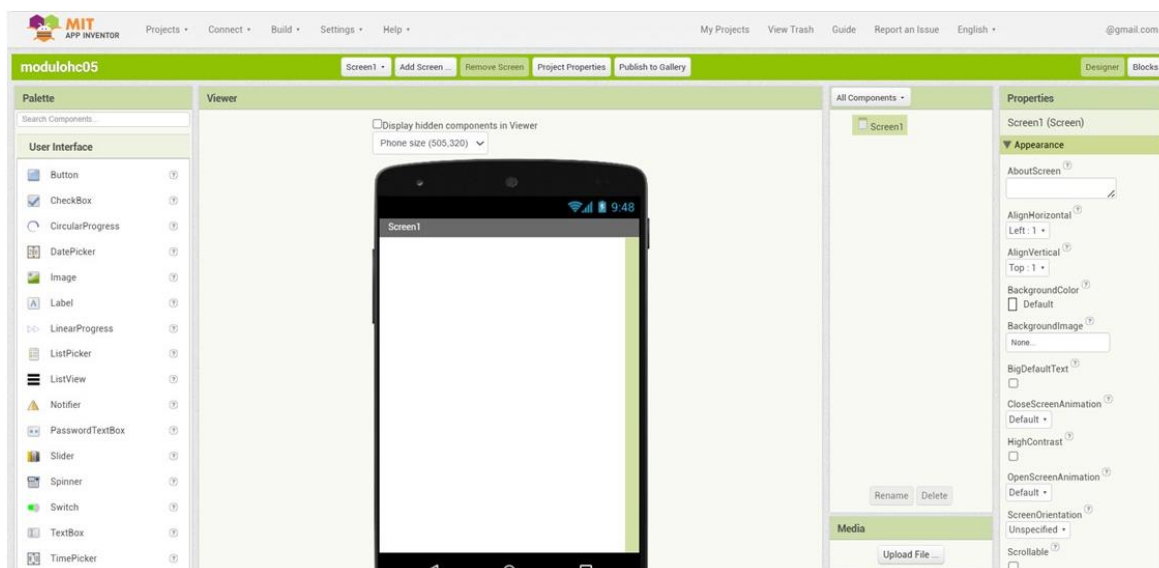
**Figura 25** - Página inicial do *MIT App Inventor*.



**Fonte:** Print screen do *MIT App Inventor* (2024).

Para abrir um novo programa, devemos clicar no botão de cor laranja localizado na parte de cima à esquerda, intitulado como "*Create Apps!*". Ao clicar neste botão, o usuário será redirecionado onde será solicitado que faça *login* em sua conta do *Google* para acessar o *software*. Após fazer *login*, é necessário conceder permissão ao *MIT App Inventor* para acessar sua conta do *Google*. Após efetuar o *login*, é possível começar a desenvolver o aplicativo. Ao acessá-lo pela primeira vez, a tela exibida é a de criação de um novo projeto, mostrada na Figura 26.

**Figura 26** - Página de desenvolvimento de um novo aplicativo no MIT.



Fonte: Print screen do MIT App Inventor (2024).

No entanto, ao já possuírmos projetos salvos, a tela inicial mostrará os "Meus Projetos", alternando automaticamente para o projeto mais recentemente modificado.

Na interface da mesma página da Figura 26, tem as funções:

- **Botão:** botão com capacidade de detectar cliques. Muitos aspectos de sua aparência podem ser alterados, bem como se está ativado ou não.
- **Caixa de seleção:** Caixa de seleção que gera um evento quando o usuário clica nele. Há muitas propriedades que afetam sua aparência e que podem ser definidas no *Designer* ou no Editor de blocos.
- **CircularProgress:** Um componente visível que indica o progresso de uma operação usando um *loop* animado.
- **Escolhe data:** Um botão que, quando clicado, inicia uma caixa de diálogo pop-up para permitir que o usuário selecione uma data.
- **Imagem:** Componente para exibição de imagem. Seu aspecto da aparência pode ser especificado no *Designer* ou no Editor de Blocos.
- **Legenda:** Um *Label* exibe uma parte do texto, que é especificada por meio da propriedade *Text*. Outras propriedades, todas as quais podem ser definidas no *Designer* ou no Editor de blocos, controlam a aparência e o posicionamento do texto.

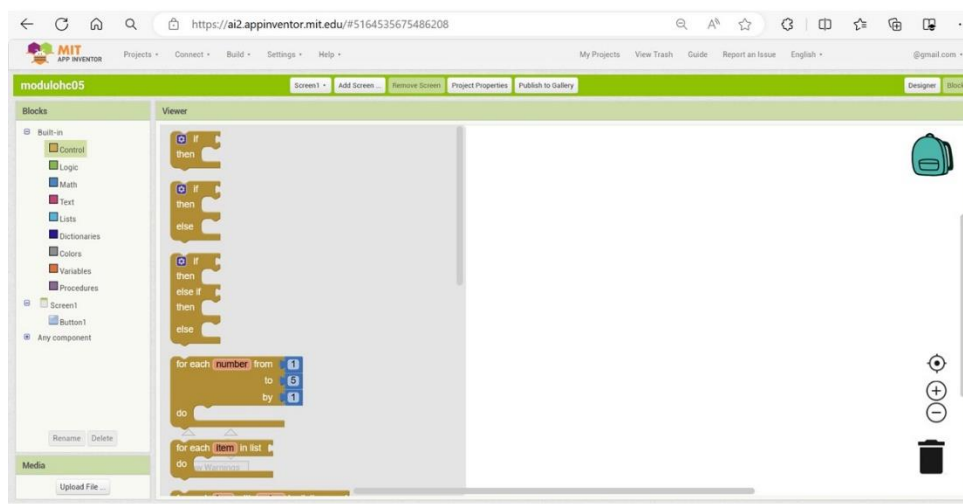
- **LinearProgress:** Indica o progresso de uma operação usando uma barra linear animada.
- **Escolhe lista:** Um botão que, quando clicado, exibe uma lista de textos para o usuário escolher. Os textos podem ser especificados por meio do *Designer* ou do Editor de Blocos definindo a propriedade *ElementsFromString* para sua concatenação separada por cadeia de caracteres. Por exemplo: escolha 1, escolha 2, escolha 3, ou definindo a propriedade *Elements* como uma Lista no editor de Blocos.
- **Visualizador de lista:** Um componente visível que exibe uma lista de elementos de texto e imagem.
- **Notificador:** Exibe caixas de diálogo de alerta, mensagens e alertas temporários e cria entradas de log do *Android*.
- **Caixa de senha:** Local para inserir senhas. Isso é o mesmo que o componente caixa de texto comum, exceto que isso não exibe os caracteres digitados pelo usuário.
- **Deslizador:** Um controle deslizante é uma barra de progresso que adiciona um polegar arrastável. Pode tocar o polegar e arrastar para a esquerda ou para a direita para definir a posição do polegar deslizante.
- **Lista suspensa:** Um componente giratório que exibe um *pop-up* com uma lista de elementos. Esses elementos podem ser definidos no *Designer* ou no Editor de Blocos definindo a propriedade *ElementsFromString* como uma concatenação separada por cadeia de caracteres. Por exemplo: escolha 1, escolha 2, escolha 3, ou definindo a propriedade *Elements* como uma Lista no editor de Blocos.
- **Switch:** Alterna a opção que gera um evento quando o usuário clica nele. Há muitas propriedades que afetam sua aparência que pode ser definida no *Designer* ou no Editor de blocos.
- **Caixa de texto:** Parte disponível para o usuário inserir texto. O valor de texto inicial ou inserido pelo usuário está na propriedade *Text*.
- **Escolhe hora:** Um botão que, quando clicado, inicia uma caixa de diálogo *pop-up* para permitir que o usuário selecione um horário.
- **Navegador web:** Componente para exibir páginas da *Web*. A *URL* inicial pode ser especificada no *Designer* ou no Editor de blocos.

Temos, ainda, as opções de edição: *Layout*, *Mídia*, *Desenho e Animação*, *Maps*, *Charts*, *Data Science*, *Sensores*, *Social*, *Armazenamento*, *Conectividade*, *LEGO-MINDS-TORMS*, *Experimental*, *Extesion*.

Enquanto o programador vai adicionando detalhes, tanto da interface quanto do restante das configurações, na parte direita vai sendo feita uma listagem do que pode ser modificado em relação a aparência (nas propriedades), além de poder renomear ou deletar os mesmos.

Caso a opção do usuário não seja programar nesse modelo (*Designer*), pode mudar para o modo *Blocks*, que é com a conexão de blocos, página igual a Figura 27:

**Figura 27** - Página da configuração do aplicativo no modo *Blocks*.



**Fonte:** Print screen do MIT App Inventor (2024).

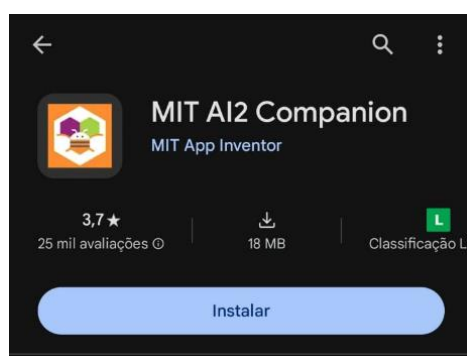
Na barra de menu do site estão os tópicos:

- **Projetos:** é possível gerenciar os projetos, incluindo a criação de novos, a importação, exportação, exclusão e salvamento dos projetos, além de outras opções mais detalhadas.
- **Conectar:** oferece a possibilidade de testar o aplicativo em nosso dispositivo ou em um emulador.
- **Compilar:** compila o aplicativo em um arquivo *.apk*, que pode ser armazenado no computador ou baixado diretamente para o dispositivo.

- **Configurações:** dá opção de habilitar/desabilitar o carregamento automático do projeto e para habilitar/desabilitar uma fonte tipográfica para auxiliar pessoas com dislexia na leitura.
- **Ajuda:** Oportuniza dar acesso a informações, tirando dúvidas do usuário.
- **Meus projetos:** redireciona para página de seus projetos;
- **Lixo:** mostra sua lista de lixo;
- **Guia:** leva diretamente para a página de ajuda do site;
- **Relatar um problema:** fornece a possibilidade de entrar em contato com a equipe para reparar um possível problema encontrado;
- **Idioma:** selecionar a linguagem desejada;
- **Usuário:** permite acessar dados do perfil.

Para testar o aplicativo, é necessário inicialmente baixar o aplicativo na *Google Play*, que é a plataforma digital que disponibiliza de aplicativos para aparelhos *Android*, o aplicativo se chama *MIT AI2 Companion*, demonstrado na Figura 28.

**Figura 28** - Aplicativo *MIT AI2 Companion* na *Google Play*.



**Fonte:** Print screen da *Play Store* (2024).

A fim de testar o aplicativo que está sendo feito, basta acessar o menu de conectar e escolher uma das três opções disponíveis: *Assistente de AI*, *Emulador* ou *USB*. Há ainda duas opções adicionais caso seja preciso reiniciar a conexão durante o teste, ambos apresentados na Figura 29.

**Figura 29** - Menu conectar.



**Fonte:** Print screen do MIT App Inventor (2024).

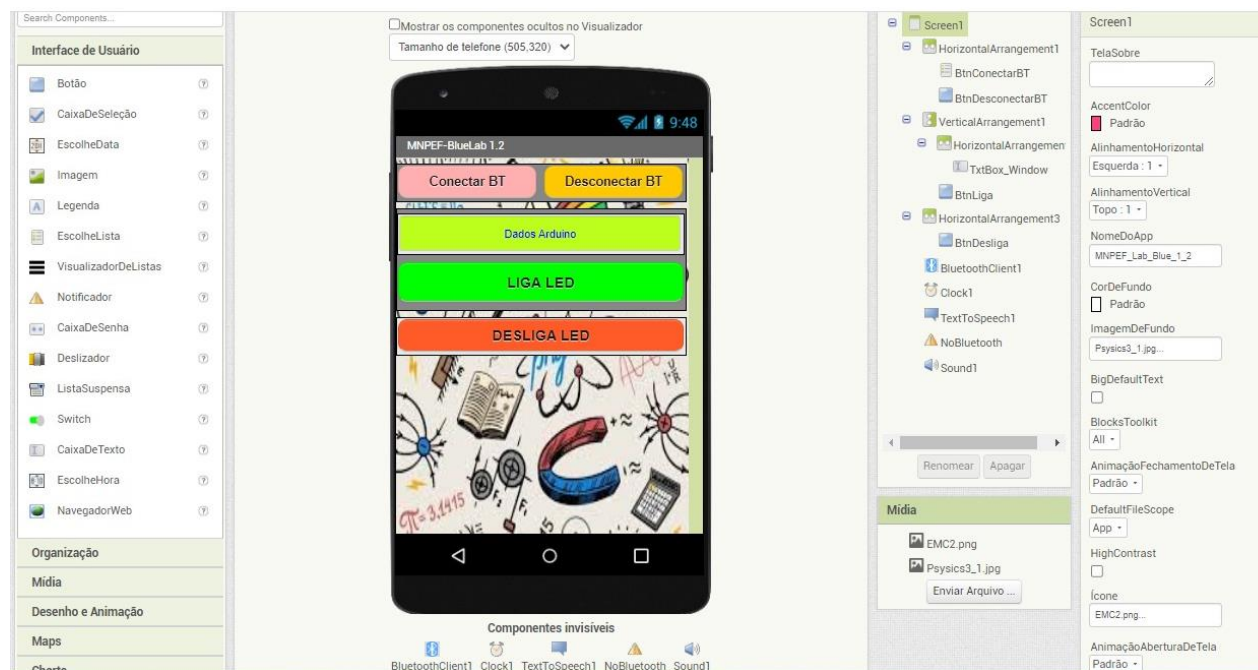
Ao abrir este aplicativo no *Android*, será solicitado um código hexadecimal ou um *QR Code*, ambos disponíveis ao clicar na alternativa "Assistente de Inteligência Artificial". Após inserir o código ou escanear o *QR Code*, o aplicativo em desenvolvimento é automaticamente lançado no dispositivo utilizado para o teste. Na alternativa “*Emulador*”, é requerido a instalação do programa "*AiStarter*". A terceira opção é usar a conexão USB. No entanto, essa alternativa é menos recomendada, pois exige a instalação de ambos os softwares, o "*AiStarter*" no computador e o aplicativo correspondente no dispositivo. Esta opção é recomendada caso não haja possibilidade de conexão via *Wi-Fi*.

O *MIT App Inventor* possibilita que o usuário sincronize seu smartphone com o computador, permitindo que as modificações feitas durante a construção de uma aplicação sejam testadas em tempo real no dispositivo, proporcionando *feedback* instantâneo, admitindo que você avalie sua funcionabilidade no mesmo momento (Finizola *et al.*, 2014).

#### 2.4.1 Design do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2

Para o desenvolvimento do aplicativo que usamos na aplicação do produto educacional, pensamos em elementos como: imagem que relacionasse a Física; cores vibrantes para chamar atenção do usuário; figuras geométricas arredondadas e quadradas. A Figura 30 é um *print screen* do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2.

**Figura 30** - Página do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2 no site da MIT App Inventor.



**Fonte:** Print screen do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2 do MIT App Inventor /Jairo Oliveira (2023).

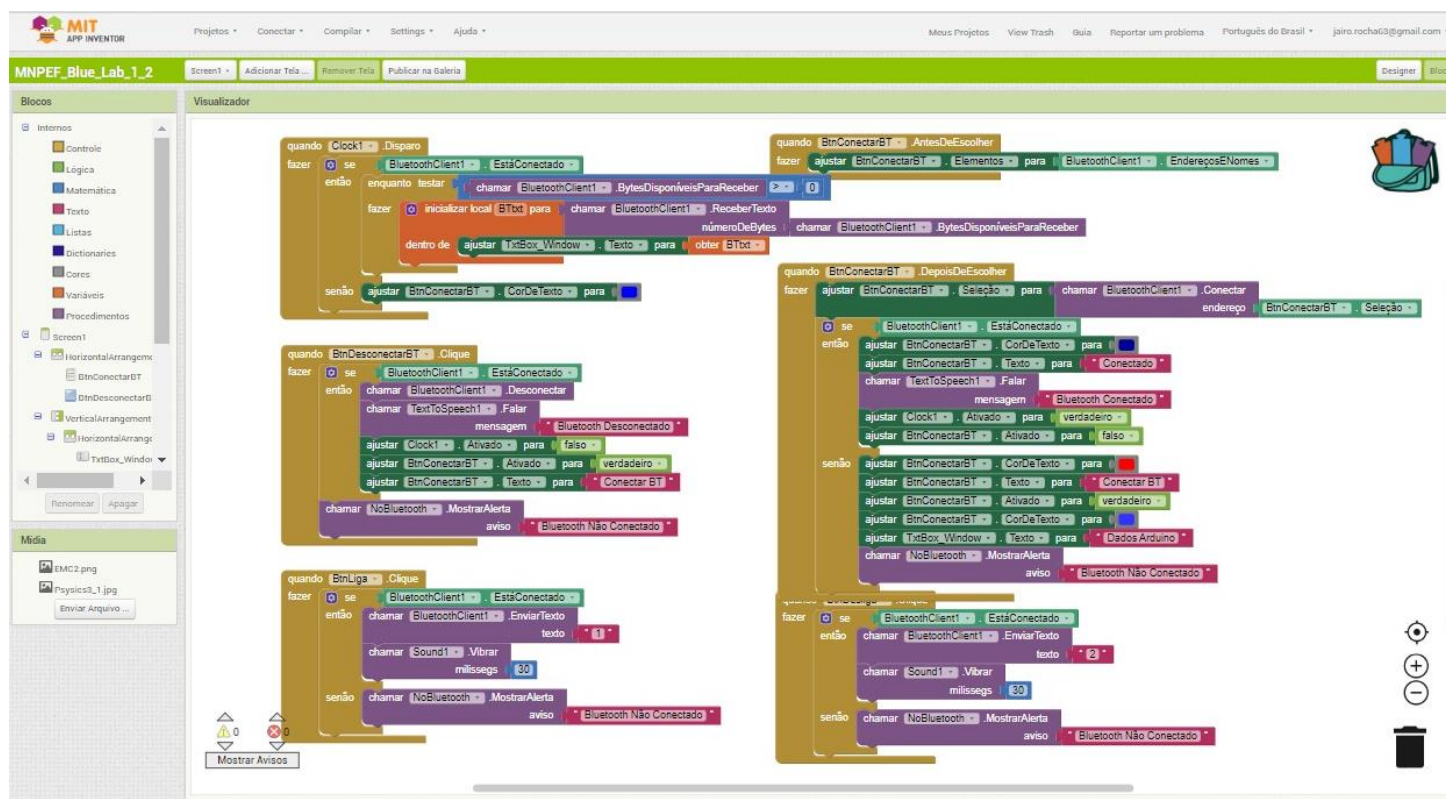
Este aplicativo está disponível no QR code ao lado:



### 2.4.2 Programação em blocos do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2

Panorama do *MIT App Inventor* mostrando a programação em blocos para a construção do aplicativo é mostrada na Figura 31a.

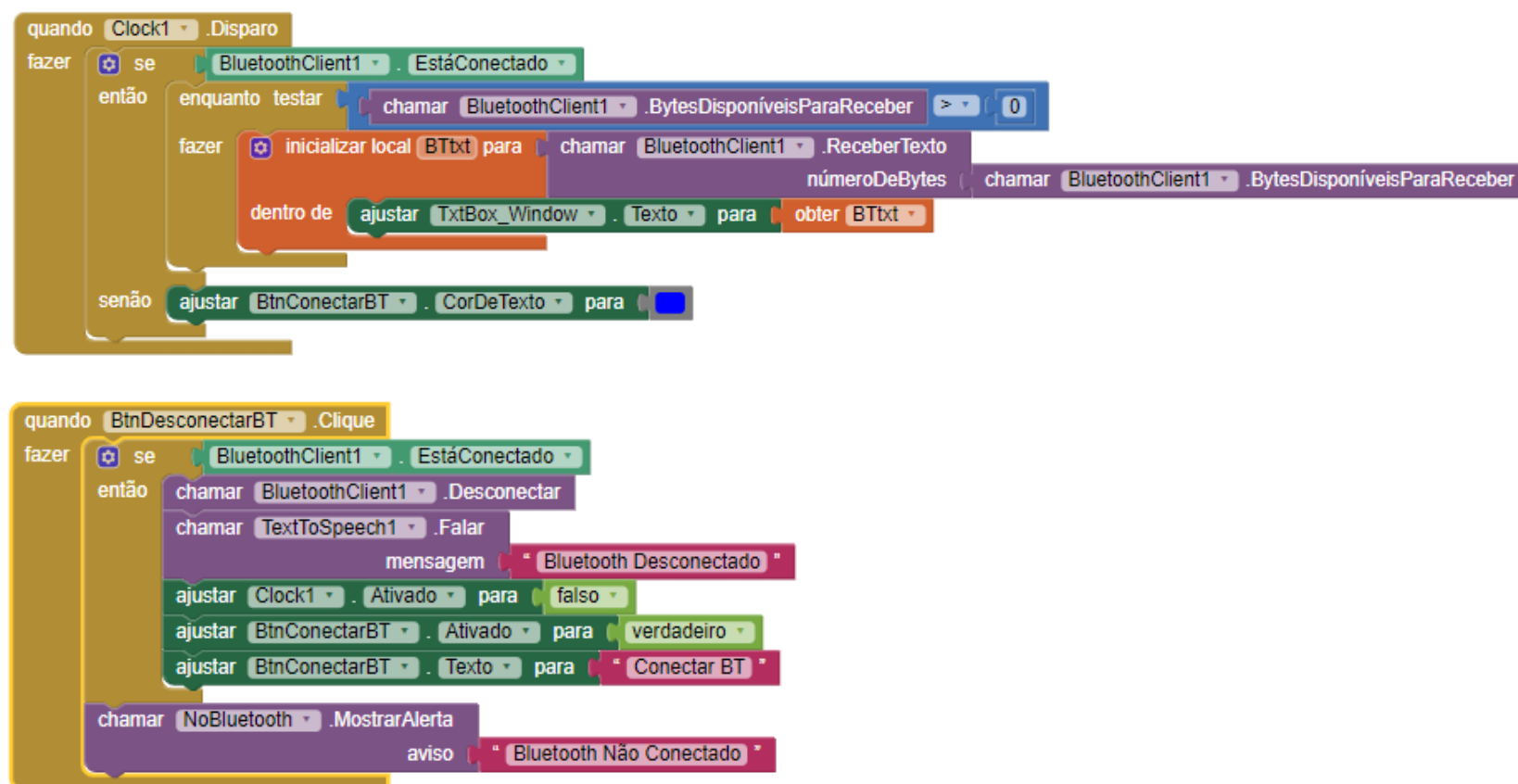
**Figura 31a** - Programação em blocos do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2.

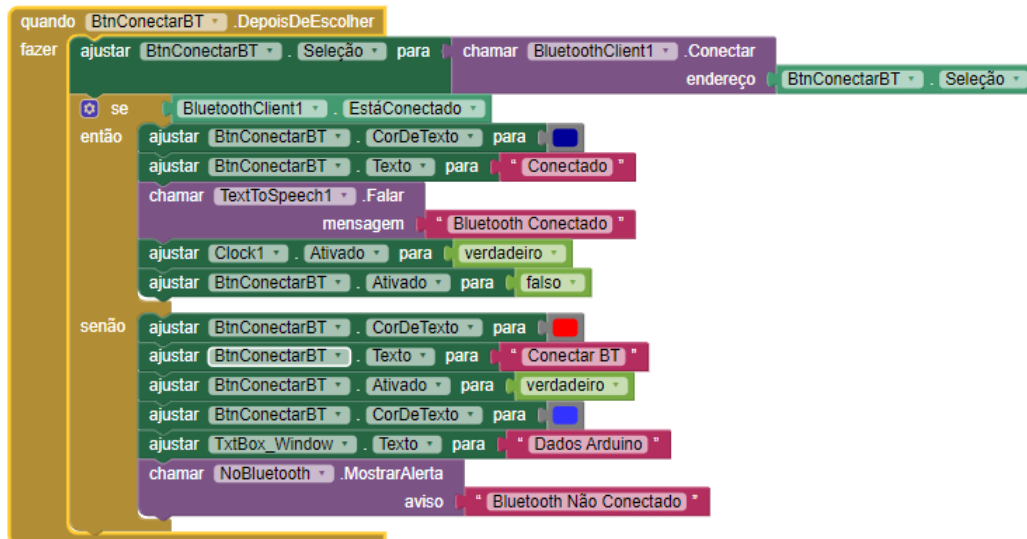
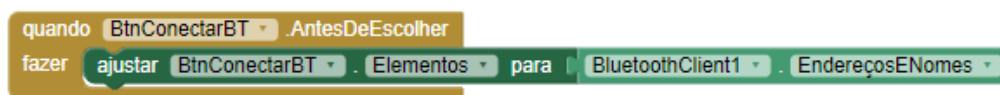
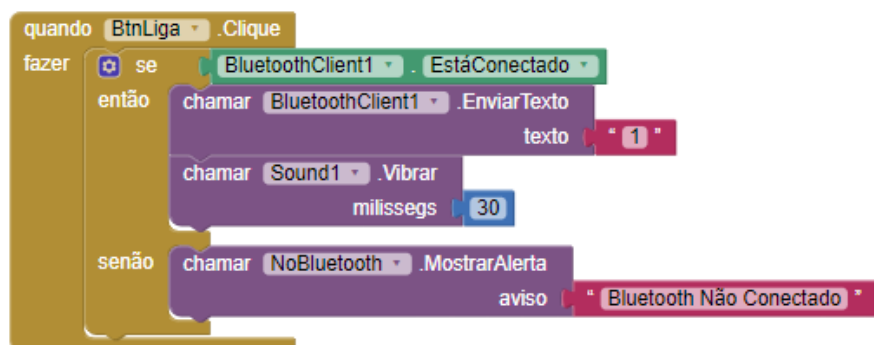


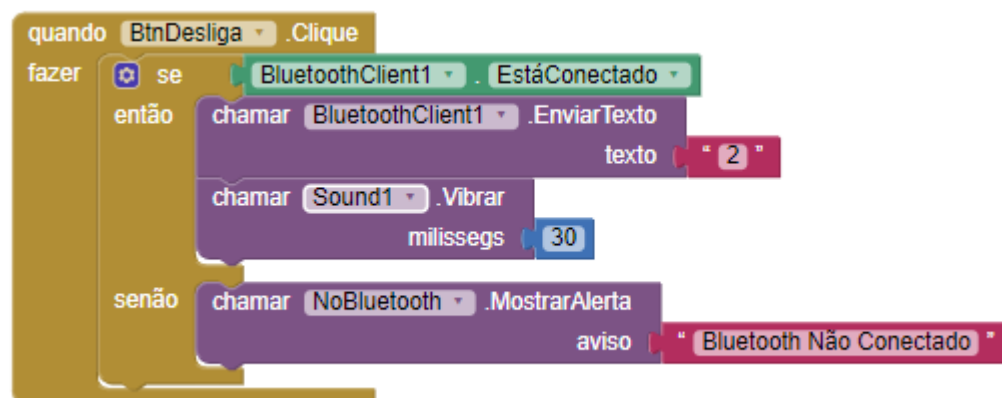
**Fonte:** Programação em blocos do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2/Jairo Oliveira (2023).

A Figura 32b é a mesma programação em blocos do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2 da Figura 31a, ampliada mostrando detalhes.

**Figura 32b** - Programação em blocos do aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2.







### 3 METODOLOGIA

Estruturamos as atividades em seis momentos, intitulados de Etapas: 1- *Quark*, 2- *Nêutron*, 3- *Bóson*, 4- *Elétron*, 5- *Próton* e 6- *Fóton*, articulados a metodologia ativa *Sala de Aula Invertida*, indicadas, a seguir, no Quadro 2. Esses momentos servem como base, livre para possíveis adaptações.

**Quadro 2** - Momentos e descrições das atividades vivenciadas.

| <b>Momentos</b>         | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                           |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Etapa 1: <i>Quark</i>   | Aplicação de questionário para verificar as concepções iniciais dos alunos.                                                                                                                |
| Etapa 2: <i>Nêutron</i> | Sala de Aula invertida: leitura sobre Física Quântica.                                                                                                                                     |
| Etapa 3: <i>Bóson</i>   | Compartilhamento dos assuntos abordados no material, por equipe. Cada equipe escolheu um tema e ficou responsável para explicar sobre o mesmo para o restante da turma, gerando um debate. |
| Etapa 4: <i>Elétron</i> | Avaliação da SAI.                                                                                                                                                                          |
| Etapa 5: <i>Próton</i>  | Montagem do experimento.                                                                                                                                                                   |
| Etapa 6: <i>Fóton</i>   | Aplicação do questionário após todas as atividades vivenciadas.                                                                                                                            |

**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

construímos um questionário com questões de múltipla escolha, dando a oportunidade aos alunos exporem suas ideias e duas maneiras, indicando uma alternativa, que julgasse correta, e permitindo que escrevessem suas próprias respostas, sendo aplicados nas Etapas *Quark* e *Fóton* e disponível no Apêndice A.

No segundo momento, intitulado de Etapa *Nêutron*, foi aplicado o modelo da metodologia ativa, Sala de Aula Invertida, para o estudo de material em casa, enviado com antecedência via *Classroom* da turma, e correspondeu a leitura reflexiva de um artigo da Revista Super Interessante, acessível no Anexo A.

Após leitura do material, a turma foi dividida em 6 equipes, de acordo com o quantitativo de participantes presentes em sala, com o propósito de cada uma escolher um tópico para explorarem sobre eles para toda a turma. O intuito foi criar um debate entre os alunos ouvintes e os que estavam apresentando os conceitos trazidos no artigo, de modo que cada aluno fosse protagonista de seu próprio conhecimento.

Na Etapa *Bóson*, as equipes fizeram as explanações dos temas, onde tiveram a oportunidade de comentar o que tinha chamado mais atenção no texto e as outras equipes ouvintes se fosse o caso, perguntariam algo, a fim de acrescentar no debate.

A Etapa *Elétron* se tornou crucial para finalizar as ideias propostas na nossa metodologia, seguindo o fundamento da SAI em termos que avaliar a atividade anteriormente *on-line*. Para isso, aplicamos um questionário que contou com quatro questões dissertativas, para os alunos pesquisarem ou demonstrarem o que conseguiram aprender com os momentos anteriores, disponível no Apêndice B.

Preparamos um roteiro de montagem do experimento, apresentado no Apêndice C, utilizado na Etapa *Próton*, que teve como objetivo utilizar o módulo *bluetooth* HC-05 para enviar dados de voltagem dos LEDs, manipulados pelos alunos para o celular, com intenção de auxiliar os cálculos da constante de Planck de cada equipe. No material, inserimos o esquema da montagem do circuito elétrico com todos os componentes necessários e suas respectivas conexões. Colocamos também os espaços adequados para separação de dados essenciais, como: cor do LED utilizado; comprimento de onda respectiva da cor do LED; tensão necessária para acender o LED – média aritmética dos procedimentos, e o valor da constante de Planck encontrada a partir dos cálculos.

### **3.1 Montagem do experimento**

O experimento tem bastante componentes, fazendo com que quem for montá-lo, preste atenção nos detalhes. A localização desses componentes pode ser organizada de outras formas, do jeito que mostra a Figura 33, foi uma opção otimizada pelos autores.

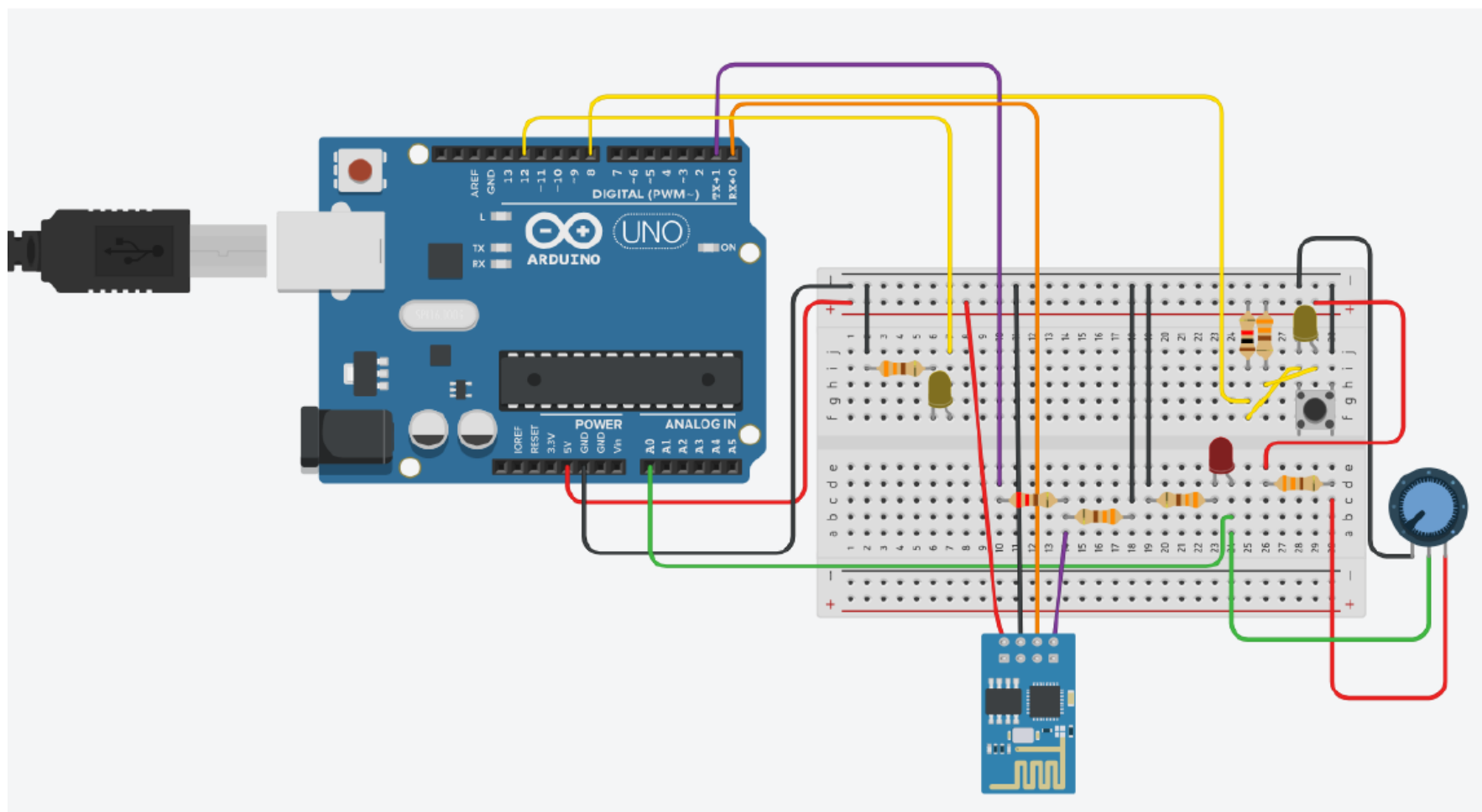
#### **Materiais utilizados**

- Arduino Uno;
- Protoboard;
- Jumpers;
- 2 LEDs amarelos;
- 1 LED da cor escolhida (verde, vermelho, amarelo ou azul);
- 1 potenciômetro;
- 5 resistores de 330  $\Omega$ ;

- 1 resistor de  $1k\Omega$ ;
- 1 resistor de  $220\Omega$ ;
- 1 módulo HC-05;
- 1 botão.

Monte o circuito de acordo com a Figura 33:

**Figura 33** - Montagem do experimento.



Fonte: Elaborado pela autora (2023).

**Atenção:** Como já foi mencionado, as posições dos componentes na *protoboard* não se torna obrigatório como mostrado na Figura 33. Porém, a ordem da ligação dos componentes sim, deve ser respeitada. O potenciômetro pode ser conectado diretamente na *protoboard*, a depender do tamanho da placa, existem *protoboards* de tamanhos diversos. Da mesma forma, acontece com o módulo HC-05, ele dá a possibilidade de aplicação direto na placa. O botão também pode ser encontrado de modelos diferentes da imagem, ele é um componente que exige cuidado, por suas “pernas” serem sensíveis.

Após a montagem do experimento, é necessário fazer o *sketch* da programação do Arduino IDE no Arduino.

### 3.1.1 Programação do Arduino IDE

Digite ou copie e cole o código abaixo no aplicativo Arduino IDE. Caso mude algo na montagem, lembre-se de modificar também na programação.

```
/*
  Programa de Conexão Bluetooth com Arduino e App Android desenvol-
  vido na plataforma APP inventor
  Pode ser expandido para mais troca dados entre celular e Arduino

  Componentes:
    - Arduino UNO ou Mega;
    - Módulo Bluetooth HC-05;
    - Resistores de 220 e 330 Ohms ou 1k Ohms e 2,2k Ohms para con-
  verter
    5V de saída do Arduino para 3.3V (Divisor de tensão);
    - Botão 8 fica normalmente aberto no estado ZERO, quando pressio-
  nada vai para estado UM;
    - Led simples e resistor de 220 a 1k Ohms para o Led.

  Versão 1.1 - Versão inicial que recebe e envia dados - 25/Mai/2023

  ----- Criado por Jairo Rocha para MNPEF_BlueLab 1.2 -----

  */

// Biblioteca para Serial
#include <SoftwareSerial.h>

// Define Pinos
#define ledPin 12
```

```

#define botao 8

// Cria variáveis
int state = 2;    //state = 0
int flagOFF = 0;
int flagON = 0;
float volt = 0.00;

void setup() {
    // Configura Pinos
    pinMode(ledPin, OUTPUT);
    //pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP);
    pinMode(botao, INPUT_PULLUP);

    // Pisca LED na inicialização
    digitalWrite(ledPin, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(ledPin, LOW);
    delay(500);
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(ledPin, LOW);

    // Inicia Serial
    Serial.begin(9600); // Serial para Bluetooth
}

void loop() {

    // Checa se botão foi pressionado
    if (digitalRead(botao) == LOW) {
        if (flagON == 0) {
            volt = (analogRead(A0)*5.0)/1023.0;
            Serial.write("V = ");
            Serial.print(volt);
            Serial.write(" volts");
            flagON = 1; // Altera estado da flag para evitar de ficar
            // escrevendo repetidamente na serial BT
            flagOFF = 0;
        }

    }

    else if (flagOFF == 0) { // Botão não foi pressionado
        //Serial.write(" V");
        delay(500);
    }
}

```

```

    flagOFF = 1;          // Altera estado da flag para evitar de ficar
                           escrevendo repetidamente na serial BT
    flagON = 0;
}

// Se serial está com dados disponíveis, faz leitura
if (Serial.available() > 0) {
    state = Serial.read();    // guarda leitura
}

// Se serial está com dados disponíveis, faz leitura. COLOCADO POR MIM.
if (Serial.available() > 0) {
    state = Serial.read();    // guarda leitura
}

// Checa dado recebido
if (state == '1') {          // Se dado foi 1, acende LED
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // acende LED
    state = 2;                // reseta variável de leitura, state =
0
} else if (state == '2') {    // Se dado foi 2, apaga LED
    digitalWrite(ledPin, LOW); // apaga LED
    state = 2;                // reseta variável de leitura, state 0
}
}

```

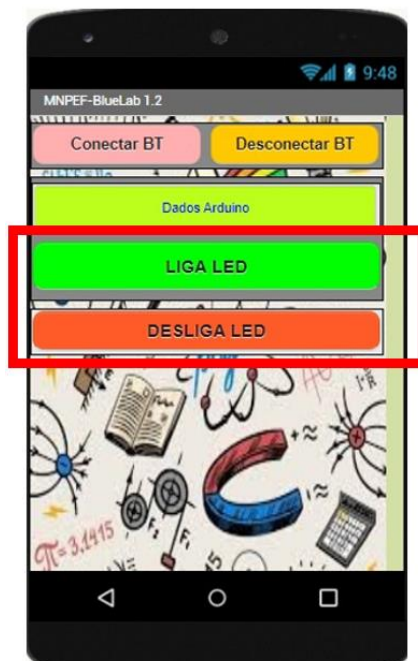
Feito o *sketch*, faça a conexão entre o módulo HC-05 e o celular ao qual está instalado o aplicativo MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2, clicando no botão “Conectar BT”, como indica a Figura 34. Essa conexão é feita como qualquer outra feita por *bluetooth*. O módulo HC-05 quando está disponível, pisca de forma rápida um LED que fica na parte próxima às “pernas” dele. Assim que essa conexão for feita, o LED pisca mais devagar. Caso tenha problemas, é necessária uma aprovação de instalação de aplicativos que não fazem parte da loja da *google*, *playstore*, encontrada nas configurações dos aplicativos do celular. Além disso, alguns aparelhos ainda não conseguiram encontrar o módulo HC-05 para fazer a conexão, assim, foi necessário fazer a permissão seguindo os passos: configurações > aplicativos > mnpef\_lab\_blue\_1\_2 > permissões, e então fazer a devida permissão.

**Figura 34** - Conectar e desconectar *bluetooth*.



**Fonte:** Print screen do MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2 (2024).

Assim que a conexão entre o aplicativo e o celular seja feita, é necessário o teste com os LEDs amarelos. O LED amarelo da esquerda acende clicando na tela do aplicativo onde se encontra “LIGA LED” e apaga clicando no “Desliga LED”, como mostra a Figura 35. O LED amarelo da direita acende clicando no botão do experimento, enquanto ele for pressionado. Caso um destes testes não funcione, é necessário fazer revisão na montagem do experimento, até que se consiga resposta.

**Figura 35** - Liga e desliga LED.

**Fonte:** Print screen do MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2 (2024).

É necessário que as equipes consigam alguns dados sobre os LEDs, mostrados na Figura 36.

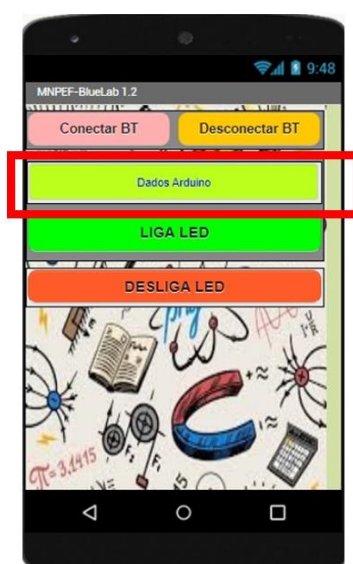
**Figura 36** - Dados do experimento.

| DADOS DO EXPERIMENTO          |  |
|-------------------------------|--|
| Cor do LED:                   |  |
| Comprimento de onda (μm):     |  |
| Tensão (Volts):               |  |
| Valor da constante de Planck: |  |

**Fonte:** Elaborado pela autora (2023).

O dado de comprimento de onda do LED escolhido deve ser disponibilizado pelo professor, e assim, podem ser feitas as manipulações do potenciômetro. A intenção é o aluno encontrar a tensão de joelho do LED, manipular o potenciômetro até que o aluno consiga detectar luz no LED. Assim que encontrar, ele deve clicar o botão no experimento e, no mesmo momento, o valor da tensão aparece na parte superior da tela do aplicativo, destacado na Figura 37.

**Figura 37** - Local que aparece dados de tensão do LED.



**Fonte:** Print screen do MNPEF\_Blue\_Lab\_1\_2 (2024).

A depender da quantidade de alunos por grupo, é indicado cada aluno fazer uma manipulação no potenciômetro e, ao final, ter informações da média aritmética dos valores de tensão. Com os valores da tensão ( $V$ ), da velocidade da luz no vácuo ( $c$ ) ( $3,0 \times 10^8 m/s$ ), comprimento de onda do LED ( $\lambda$ ) e o valor da carga elementar ( $e$ )  $1,6 \times 10^{-19} C$ , é possível fazer o cálculo da constante de Planck ( $h$ ), pela equação:

$$hc = \lambda eV$$

Feitos os cálculos, é sugerido uma interpretação dos valores das constantes encontradas pelas equipes, em comparação ao valor  $6,63 \times 10^{-34} J.s$ , analisando as taxas de erros percentuais e identificando os possíveis motivos para tais erros.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do tema desta pesquisa partiu do interesse de aprimoramento por parte da professora, autora deste trabalho, em abordar conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), de forma a contribuir para a participação ativa dos discentes. À vista disso, atividades experimentais foram utilizadas para a efetivação do processo de ensino e aprendizagem nas aulas de Física. Assim, tais fatores foram norteadores para a construção do problema de pesquisa do nosso produto educacional.

A abordagem com metodologias ativas, no caso da Sala de Aula Invertida (SAI), trouxe resultados significativos e promissores, caracterizando-se como um fator motivador, pois diante da realidade, compreender, refletir, pesquisar e aplicar novas metodologias tornam-se essenciais para o contexto educacional.

Neste cenário, a SAI auxiliou, sobretudo, a interação entre os alunos e os conteúdos programados para as Etapas estabelecidas nesta pesquisa, acarretando o protagonismo e o engajamento dos estudantes. Ademais, trabalhar os momentos planejados em forma de Etapas, favoreceu um direcionamento eficaz do ensinar, de modo a distanciar-se de aulas meramente conteudistas e tradicionais voltadas à Física. Para isso, utilizou-se atividades *on-line* e não digitais seguindo um roteiro com início, meio e fim.

O interesse por conhecimento da possibilidade de integrar tecnologias acessíveis, como a plataforma Arduino e o *MIT App Inventor*, pôde proporcionar oportunidades diferenciadas para se trabalhar conceitos abstratos de forma mais atrativa. A facilitação dessa atividade experimental, deu-se ao fato de os alunos já conhecerem a plataforma Arduino nas aulas de laboratório de Física durante o ano letivo. Nesse ínterim, atribui-se a relevância de apresentar a plataforma Arduino antes da aplicação da atividade experimental, pois, é uma montagem minuciosa e requer tempo para a realização desta atividade laboral.

Destacamos a relevância de apresentar a plataforma Arduino antes da realização da atividade experimental, pois mesmo os alunos conhecendo, a montagem do experimento foi uma fase um pouco demorada e mais trabalhosa.

O acompanhamento mais de perto na aplicação do experimento para o cálculo da constante de Planck também é uma sugestão, visto que os estudantes possuem uma dificuldade em compreender e manipular dados matemáticos, o que pode ajudar na

diminuição das taxas de erros nos cálculos em relação aos valores finais da constante de Planck.

Diante desses fatos, acredita-se que a aplicação desse produto educacional apresentou-se como um atrativo interessante para os alunos e, podendo ser acessado facilmente por professores da área de Física. Nesse sentido, é de suma importância buscar inspirações em paradigmas educacionais inovadores, de forma a prevalecer a oferta por uma educação mais significativa, integrada, crítica e, sobretudo, próxima à realidade dos alunos.

## REFERÊNCIAS

- BACICH, L. Ensino Híbrido: Proposta de formação de professores para uso integrado das tecnologias digitais nas ações de ensino e aprendizagem. In: **Anais do XXII WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA**. SBC, 2016. p. 679-687.
- BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. (Desafios da educação). Porto Alegre: Penso, 2018.
- BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. **Ensino Híbrido**: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015.
- BANDEIRA, S. L. **Aprendizagem de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio profissionalizante utilizando arduino**. 2017. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2017.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de aula invertida**: uma metodologia ativa de aprendizagem. Tradução Afonso Celso da Cunha Serra. 1ª ed., Rio de Janeiro. LTC, 2016.
- CASTRO, C. H. et al. **Bafômetro de baixo custo**: utilizando Arduino e App Inventor. *Anais do COMPUTER ON THE BEACH*, v. 8, p. 535-537, 2017.
- FERNANDES, J. B. A. **Aquisição de dados com Arduino e smartphone**: experimento do pêndulo simples. 2020. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.
- FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias inovativas**: na educação presencial, a distância e corporativa. 2 ed. São Paulo: SaraivaUni, 2023.
- FINIZOLA, A. B. et al. **O ensino de programação para dispositivos móveis**: utilizando o MIT-App Inventor com alunos do ensino médio. In: *Anais do WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA*. 2014. p. 337-341.
- GUEDES, D. B. **Linguagem de programação Python e Arduino como ferramenta para motivar estudantes iniciantes em programação**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.
- HORN, M. B.; STAKER, H.; CHRISTENSEN, C. **Blended**: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação. Porto Alegre: Penso, 2015.
- LARA, V. de O. M. **Abordagens variadas no ensino de Física para os níveis médio e superior**. 2015. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

LED difuso 5 mm vermelho. In: MAKER hero. Disponível em: < <https://www.makerhero.com/produto/led-difuso-5mm-vermelho/> > Acesso dia 24 jul. 2024.

LEITE, I. J. M. **Experimentos de física moderna para a determinação da constante de Planck utilizando Arduino e Visual Basic**: uma alternativa na formação e na prática docente. 2019. 184 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Física) – Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Física em Rede Nacional, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

MACÊDO, M. A.; FARIA, E. C. **Manual pedagógico de robótica educacional**. 2021. Produto educacional (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT) – Programa de Pós-Graduação do Instituto de Matemática e Estatística – IME, Universidade Federal de Goiás – UFG, Goiás, 2021.

MIT APP INVENTOR. Disponível em: <https://appinventor.mit.edu/>. Acesso em: 11 abr. 2024.

MOREIRA, M. P. C. et al. Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018.

NUSSEY, J. **Arduino Para Leigos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2019. E-book. Acesso em: 02 abr. 2024.

RODRIGUES, R. F. de; CUNHA, S. L. S. **Arduino para físicos**. Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 25, n. 4, 2014.

SCHAUER, K. P. et al. **Protótipos educacionais: utilizando o Arduino para o aprendizado de programação inicial**. Vitória: Edifes, 2018.

SILVA, M. I. da et al. Estudo do Método de Rotação por Estações para o desenvolvimento de diferentes linguagens. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 28., 2016, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: UFSC, 2016.

SOUZA, F. **Arduino - Comunicação Serial**. In: EMBARCADOS, 2014. Disponível em: <https://embarcados.com.br/arduino-comunicacao-serial/>. Acesso em: 8 abr. 2024.

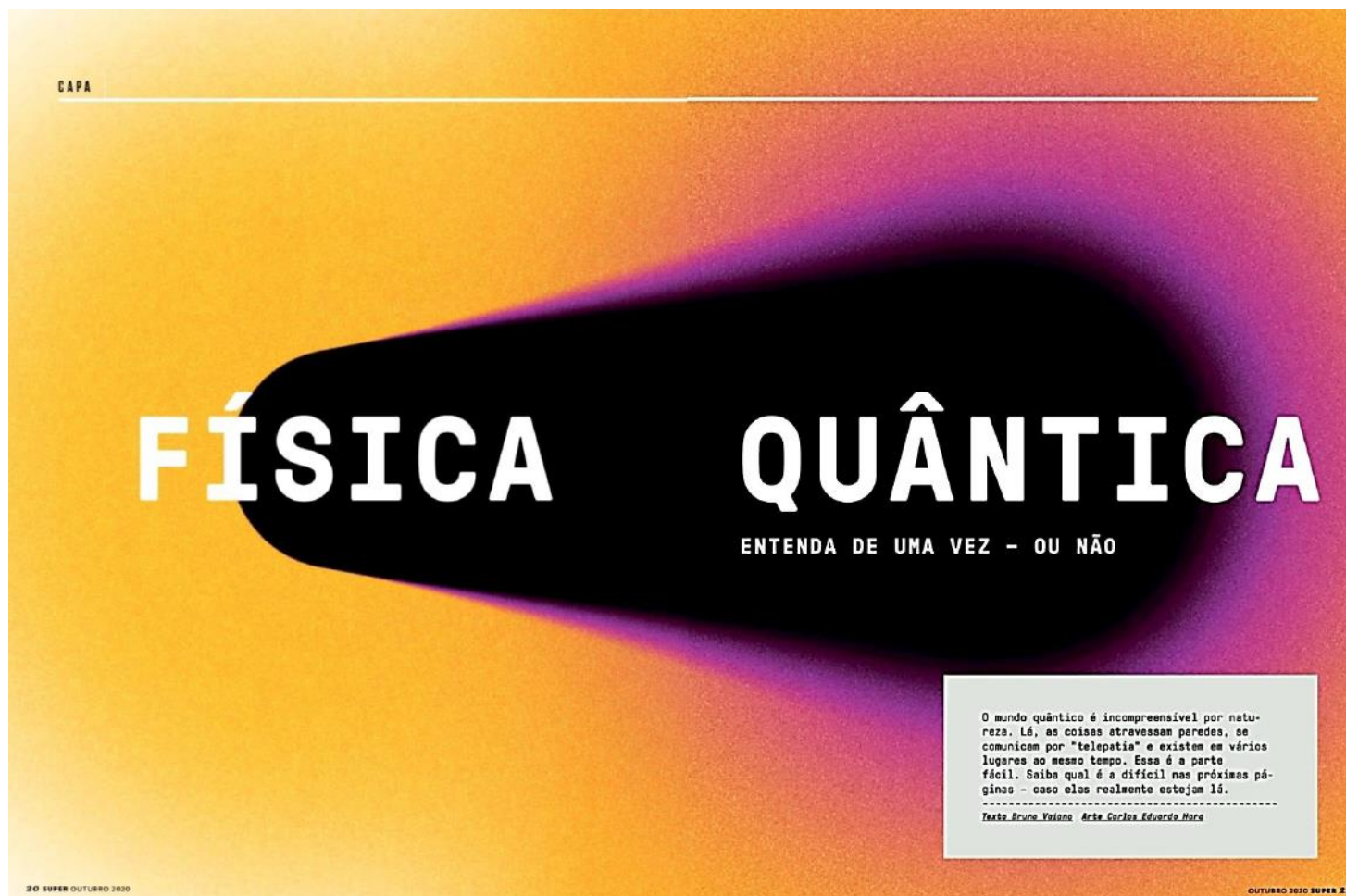
SOUZA, I. M. A.; SOUZA, L. V. A. O uso da tecnologia como facilitadora da aprendizagem do aluno na escola. **Revista Fórum Identidades**, v. 8, n. 8, 2013.

STEINERT, M. E. P.; HARDOIM, E. L. Rotação por Estações na Escola Pública: limites e possibilidades em uma aula de Biologia. **Ensino em Foco**, v. 2, n. 4, p. 11-24, 2019.

STUDART, N. **Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas**. Revista do Professor de Física, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019.

WARREN, J.-D.; ADAMS, J.; MOLLE, H. **Arduino para robótica**. Tradução de Humberto Ferasoli Filho, José Reinaldo Silva e Silas Franco dos Reis Alves. São Paulo: Blucher, 2019.

## ANEXO A – ETAPA NÊUTRON: MATERIAL PARA LEITURA



O

## EINSTEIN E O EFEITO FOTOELÉTRICO

Quando colocamos um metal sob a luz, ele gera uma corrente elétrica. Mas isso só acontece com luzes de certas cores. Em 1905, Einstein concluiu, a partir desse fenômeno, que a luz era feita de partículas. Com um problema: já havia provas definitivas de que ela se comporta como onda. Eis a dualidade onda-partícula nas raízes da física quântica.

**O PRÊMIO NOBEL** (e piadista) Richard Feynman disse certa vez: "Se você acha que entendeu a física quântica, é porque você não entendeu". E ele está certo. Para ver o que há de ininteligível ali, então, vamos começar pelo básico: física quântica é o ramo da ciência que descreve o funcionamento do mundo em escala microscópica. Suas equações mostram, com mais de dez casas decimais de precisão, o comportamento das partículas fundamentais, os tijolinhos indivisíveis que constroem tudo que há no Universo. Essas partículas formam átomos, que formam moléculas, que formam tecidos e órgãos, que formam você. Uma precisão de dez casas decimais equivale a medir a distância entre Porto Alegre e Natal com a margem de erro de um fio de cabelo. Eis o grau de intimidade com que conhecemos a nós mesmos.

Esse sucesso espetacular da física quântica foi possível graças a mais de um século de esforços de alguns gênios célebres e uma multidão de pesquisadores desconhecidos do público. Atualmente, o relatório de um único experimento no acelerador de partículas LHC pode ser publicado com mais de 3 mil assinaturas, tamanha a mão de obra necessária para destrinchar os dados. O Modelo Padrão – que você pode imaginar como uma tabela com os números e características de cada partícula fundamental, e as equações que regem

a interação entre elas – talvez seja o maior esforço intelectual coletivo da história da civilização.

Se é assim, por que Feynman considera o mundo quântico ininteligível? Toda graduação em Física dá uma introdução ao tema. Incontáveis tecnologias – lasers, máquinas de ressonância magnética e até smartphones – dependem da mecânica quântica para funcionar. E funcionam. Isso não é entender?

É e não é. As equações que regem o mundo microscópico dão resultados precisos, mas elas também nos dizem que coisas bizarras podem acontecer: partículas atravessam paredes e se conectam por distâncias imensas. Elas têm posição e velocidade, mas, se você mede um desses dados, elas escondem o outro de você. Um elétron se comporta como onda até ser detectado – quando manifesta seu lado partícula. Toda essa estranheza é bem descrita pela matemática e foi verificada na prática repetidas vezes. Nós sabemos que é assim. Mas não entendemos por que é assim. O mundo microscópico é uma caixa-preta. Nas próximas páginas, vamos mergulhar nessa escuridão. Tudo começa com a luz.

## Os fótons e a luz

Em 1905, Einstein tinha 26 anos e trabalhava em um escritório em Berna, na Suíça, examinando pedidos de patente. Em um intervalo de meses, dedicando-se à pesquisa em física teórica só no tempo livre, publicou quatro artigos científicos revolucionários. Com um deles, fundou a Teoria da Relatividade. Com o outro, chegou a uma das conclusões fundadoras da mecânica quântica. É esse segundo que interessa para nós. O

artigo, baseado em um trabalho anterior de Max Planck, versa sobre um fenômeno chamado *efeito fotoelétrico*, em que um metal, quando exposto à luz, libera elétrons ao acaso. É assim, diga-se, que os postes de luz da rua sabem que precisam acender quando anoitece: o Sol se põe, e um detector nota que o fluxo de elétrons parou. No gráfico à direita, você entende o raciocínio de Einstein passo a passo. Sua conclusão foi que a luz é feita de partículas. Pequenos pacotinhos indivisíveis de energia, batizados por Planck como *quanta* ("quantos").

O problema é que, ao longo de todo o século 19, os físicos haviam conseguido provas e mais provas de que ela é feita de ondas. Em 1801, Thomas Young fez o seguinte experimento. Em uma sala escura, cortou dois buracos retangulares e paralelos em uma placa opaca e acendeu uma luz na frente da placa. A luz "se espremeu" para passar pelas fendas e iluminou a parede lá atrás. Caso a luz fosse feita de partículas, elas percorreriam uma linha reta até a parede e formariam duas faixas de luz claramente discerníveis. Como tinta de spray passando por um estêncil de grafiteiro.

Mas não foi o que ocorreu: a luz formou várias faixas (veja o gráfico na pág. 24). Isso é porque a luz se comporta como uma onda. Quando a onda se divide para passar pelos dois buracos, emerge do outro lado como duas ondas distintas. Essas

**1. Fresta eletrônica**  
Em metais, os elétrons saltam a mão de seus átomos originais e circulam livremente. Se uma luz incide sobre um metal, alguns desses elétrons podem usar a energia contida na luz para pular fora.



**2. Efeito VIP**  
Isso só acontece com certas cores. Por exemplo: luz violeta gera corrente, vermelha, não. Ondas vermelhas têm menos energia que as violetas por causa do comprimento maior. Mas aumentar o brilho do vermelho, para compensar esse déficit, não adiantava.



**3. A sacada de Einstein**  
Einstein percebeu que a luz era feita de pacotinhos mínimos de energia – fótons. É que o elétron só se liberta se o pacotinho que ele recebe é maior do que a energia mínima que ele precisa para pular fora. Não adianta acumular dois pacotinhos menores.

**4. Uns com tanto...**  
A luz vermelha oferece pacotinhos de luz pequenos demais. Quando você aumenta o brilho, aumenta o número de pacotinhos, mas não o tamanho deles. Já a luz violeta tem pacotes grandes o suficiente. Por isso, cada fóton liberta um elétron.

# O EXPERIMENTO DA DUPLA FENDA

Thomas Young realizou este experimento em 1801 para provar, de maneira cabal, que a luz se comporta como onda. Mas a revisão do experimento no século 20 escancarou toda a estranheza do mundo quântico. Demonstrou que a luz age como partícula e onda ao mesmo tempo. E que ela é temperamental: muda sua natureza de acordo com cada tipo de observação.

1. O ORIGINAL DE 1801  
Young fez a luz passar por duas fendas paralelas. As ondas, duplicadas, se re-encontram do outro lado e interferem entre si, formando um padrão listrado (as faixas apagadas são onde o vale de uma onda e a crista de outra se cancelam). É a prova de que a luz é onda.

## A LUZ NÃO PODE SER DESCRITA APENAS COMO ONDA OU PARTÍCULA: ELA É, AO MESMO TEMPO, AS DUAS COISAS - E NENHUMA DELAS.

ondas interferem uma com a outra. Onde dois picos se encontram, a luz é reforçada. Onde um pico e um vale se encontram, as ondas se cancelam e não há luz. O nome disso é *padrão de interferência*. Mantenha esse experimento em mente. Ele vai voltar mais para a frente no texto.

O experimento da dupla-fenda deixava pouco espaço para discussão. A luz é uma onda. Tanto é que, para descobrir a energia de cada pacotinho, Einstein multiplicava a constante de Planck chamada "h" (que é o número essencial da descrição quântica do mundo) pela frequência "f".  $E = hf$ . A equação que fornece o dado central sobre a tal partícula de luz depende da frequência (o número de ciclos por segundo) da onda correspondente. Algo unitário como uma bola de bilhar tem um valor em Hertz, como se fosse uma estação de rádio.

Com o passar dos anos, todos começaram a suspeitar que, na verdade, a luz era onda e partícula ao mesmo tempo, e que a chave para descrevê-la de forma bem-sucedida em unificar as explicações. "É da minha opinião", disse Einstein em 1909, "que o próximo estágio no desenvolvimento da física nos trará uma teoria da luz que pode ser interpretada como uma fusão das teorias de onda e partícula". Em 1927, o dinamarquês Niels Bohr concordou:

onda e partícula não eram explicações concorrentes, e sim complementares.

## Os elétrons e a matéria

Bohr estava se debatendo com seu próprio dilema quântico: já dissemos que um átomo é um núcleo cercado por uma nuvem de elétrons. Esses elétrons podem ter certas energias, e Bohr notou que elas eram fixas. Um elétron pulava direto de um nível de energia para o outro, inferior ou superior, como se subisse de degrau em degrau em vez de escalar uma rampa.

Em 1924, um jovem físico da nobreza francesa chamado Louis de Broglie sugeriu que o elétron e todas as demais partículas agiam como os pacotes de luz: seriam meio onda, meio partícula, mas não exatamente uma coisa ou outra. Quando o elétron muda para um nível de energia mais alto, sua parte "meio onda" está vibrando mais rápido - e o comprimento dessa onda é menor (essa é uma versão simplificada da história, é claro). Um físico austríaco chamado Erwin Schrödinger construiu uma equação capaz de descrever essa onda. Ao fazê-lo, ele explicou o átomo de Bohr e oficializou a natureza contraintuitiva do mundo microscópico.

## A equação de Schrödinger

Na mecânica de Newton, as equações tinham uma correspondência perceptível com a vida real: a velocidade de um carro são quantos metros ele percorre em um segundo. Ponto final. Já a equação de Schrödinger descrevia algo pequeno demais para se ver, cuja existência só é verificável indiretamente: um elétron. E aí ficou a dúvida: será que o elétron é, de fato, uma onda - no sentido em que ondas do mar são ondas? Ou será que a matemática típica das ondas serviu

bem para descrevê-lo por mera coincidência, mas, na verdade, a equação não diz nada sobre o que o elétron é no mundo real? Pela primeira vez, os físicos sabiam fazer contas para obter resultados corretos, mas não conheciam o objeto por trás das contas. Era como se uma pessoa soubesse que precisa esperar três pontos de ônibus para chegar ao seu destino, mas não fizesse ideia de que ônibus são veículos sobre rodas com motor e combustão.

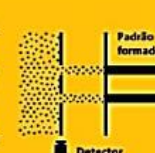
Werner Heisenberg e Paul Dirac, dois outros monstros sagrados da física quântica, desenvolveram um pouco antes seus próprios métodos para determinar o comportamento do elétron. E, para agonia geral, usaram ferramentas matemáticas totalmente diferentes das de Schrödinger, que não tinham nada a ver com ondas (mas forneciam os mesmos resultados com a mesma exatidão). Como interpretar a onda, então?

Foi aí que entrou em campo Max Born. Born elevou a onda de Schrödinger ao quadrado. (Sim, físicos conseguem elevar ondas ao quadrado.) Ao fazê-lo, obteve outra onda, também com seus picos e vales. Então ele sacou que essa onda ao quadrado é uma espécie de gráfico: onde ela é mais alta, é maior a probabilidade do elétron estar. Onde ela é mais baixa, menor a probabilidade do elétron estar. Fazemos um experimento para ilustrar: tranque dez elétrons em dez caixinhas. De acordo com o cálculo de Born, haverá 70% de chance de cada um dos elétrons estar no canto



2. INTERAÇÃO CONSIGO MESMO  
Lembre-se: também há evidência de que a luz é feita de partículas, os fótons. Porém, os fótons sabem que precisam agir como onda: mesmo que você atire um de cada vez, de modo que eles não o interferam um com o outro, o padrão listrado vai aparecer lá atrás.

3. TRILOGIA ENCERRADA  
E se você colocar um detector nas fendas, para saber exatamente por qual das duas cada fóton individual passa? Ai eles param de se comportar feito ondas e atingem a parede lá atrás em linha reta. A presença do observador tem o poder de mudar o experimento.



esquerdo e 30% de estar no canto direito. Se você abrir as dez caixinhas, vai verificar exatamente isso: três elétrons num canto, sete no outro.

Newton chorou. Até então, toda a física havia girado em torno da ideia de que, se você tiver todas as informações sobre um carro em movimento no presente, é possível calcular onde ele estará no futuro. Mas, no mundo das coisas pequenas, nos resta apenas uma probabilidade de saber que algo estará em tal lugar. É impossível bater o martelo.

Calma que piora. Do mesmo jeito que os picos da onda (isto é, a amplitude) nos dizem onde o elétron tem mais chances de estar, o comprimento da onda nos dá informações sobre a velocidade com que o elétron se desloca. O problema é que, se uma onda tem um comprimento estável – oscilando em intervalos regulares, como o mar em um desenho de criança –, então os picos dela são todos iguais. E aí o elétron pode estar em qualquer pico. Ou seja: você consegue descobrir a velocidade do elétron com precisão, mas a onda não diz nada sobre a localização dele.

Por outro lado, se a onda tiver um pico só muito agudo – o que nos dá certeza quase absoluta da posição –, fica impossível saber o comprimento (que é a distância entre dois picos).

Você já deve estar se perguntando: posto que não há um segundo pico. E aí você não obtém dado nenhum sobre a velocidade. Esse é o Princípio da Incerteza de Heisenberg. Cada tijolinho que compõe seu corpo está sujeito a ele. A natureza nos nega a capacidade de calcular com precisão absoluta informações básicas sobre as partículas de que nós mesmos somos feitos. Se você sabe bem a velocidade, não sabe bem a posição. Se sabe bem a posição, não sabe bem a velocidade.

Esse é só o começo. Partículas regidas por uma função de onda (o nome técnico da coisa que acabamos de descrever) são capazes de bizarrices dignas de super-herói. Imagine

## A EQUAÇÃO DE SCHRÖDINGER

Ele descreve o elétron não como uma partícula, mas como uma onda que muda com o tempo. A onda não "é" o elétron. Na verdade, a onda é como um gráfico que revela a posição, a velocidade e a massa do elétron. Ou melhor: revela só um desses dados, em detrimento dos outros. Nunca podemos saber tudo sobre uma partícula subatômica.

que um elétron está bem pertinho de uma barreira. E que a onda de probabilidade dele está disposta no espaço de tal forma que uma pontinha dela sai do outro lado da barreira. Qualquer lugar em que a função de onda tem alguma amplitude é um lugar em que o elétron pode estar. Portanto, há uma porcentagem de chance de que o elétron apareça do outro lado da barreira. Esse fenômeno, batizado de *tunelamento quântico*, parece ficção científica, mas tem uma importância central para a vida na Terra: é ele que faz o Sol brilhar. Entenda na pág. 28. (Ainda mais bizarro é outro fenômeno: o do entrelaçamento, que "une" partículas por mágica, mesmo se uma estiver aqui e a outra em Plutão. Explicamos na pág. 30.)

Você já deve estar se perguntando: "Se eu sou feito de partículas que se comportam de maneiras bizarras, então por que é que eu sou um objeto newtoniano e careta, que tem 100% de chance de estar no sofá a qualquer dado momento?" É uma pena decepcioná-lo, mas um ser humano médio é construído por 7 bilhões de bilhões de bilhões de átomos. Sete seguidos de 27 zeros. Isso é mais do que a largura do Universo visível medida em metros. É fato que toda partícula está atrelada a um risco inerente de fazer uma maluquice, como atravessar paredes. Mas a probabilidade de que todas as partículas do seu corpo façam a mesma piração simultaneamente é irrisória e pode ser desconsiderada. Você nunca vai atravessar uma parede.

## Sobre fendas e gatos

Então quer dizer que a luz é uma onda que descobrimos se comportar também como partícula. E que o elétron

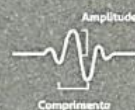
NA ILUSTRAÇÃO, AS CORES INDICAM REGIÕES EM TORNO DO NÚCLEO DO ÁTOMO EM QUE HÁ MAIS CHANCES DE UM ELÉTRON ESTAR. CERTEZA? NÃO HÁ.

é uma partícula que descobrimos se comportar como onda. Tudo exige a dualidade onda-partícula. Para piorar, a matemática das ondas descreve satisfatoriamente essa situação, mas existem outros caminhos matemáticos que realizam a tarefa igualmente bem. Diante disso, Niels Bohr e sua turma concluíram que o único jeito honesto de abordar a questão é admitir que não sabemos realmente o que é um elétron – e que a física não deve mesmo se preocupar com coisas impossíveis de verificar. O que importa é que as contas dão certo.

Para entender essa postura filosófica, vamos voltar para o experimento da dupla-fenda. A luz se divide em duas ondas, essas ondas interagem e formam um padrão de interferência, certo? Mas, como De Broglie definiu, os elétrons também agem como ondas. Então, se você realizar o experimento com elétrons, em vez de luz, eles também devem formar um padrão de interferência na parede lá atrás. De fato, é isso que acontece no laboratório. As funções de onda dos elétrons interagem entre si. Eles manifestam sua natureza ondulatória. Mas calma: não acabamos de dizer que na verdade essas ondas são um artifício matemático que elas não têm existência física?

Então, aqui vem o pulo do gato: →

1. RETRATO OSCILANTE  
Você vê abaixo, congelada no tempo, uma onda gerada pela equação de Schrödinger. É só um exemplo, várias ondas são possíveis. A onda tem amplitude, que é sua altura, e comprimento, que é sua largura.



2. ESCRITO NA ONDA  
A onda tem vários picos, cada um com uma amplitude. Essa amplitude, ao quadrado, nos dá a probabilidade de chance de encontrar o elétron em uma certa posição. Já o comprimento dá informações sobre o "momento" do elétron (sua velocidade vezes a massa).



3. PRINCÍPIO DA INCERTEZA  
Se a onda for como a ex. 1 abaixo, é fácil calcular o momento, mas a posição é incerta: o elétron pode estar em qualquer pico (e estará em todos). Já o elétron da ex. 2 só tem uma posição possível, mas não dá para saber nada sobre seu momento. Eis o Princípio da Incerteza.



### TUNELAMENTO: A RAZÃO DO SOL BRILHAR

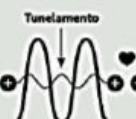
O Sol é uma usina de fusão nuclear, em que átomos de hidrogênio se fundem para formar átomos de hélio. O núcleo de um átomo de hidrogênio tem só um próton, o de hélio tem dois. Ou seja: a fusão envolve aproximar dois prótons, que se repelem porque têm carga elétrica positiva. Como aproxiná-los? Com o tunelamento quântico.

**1. INTIMIDADE EXCESSIVA**  
Todo átomo tem prótons no núcleo. Eles são todos positivos e, por serem iguais, se repelem. Porém, existe outra força, chamada força nuclear forte, que os mantém juntos. Ao contrário do eletromagnetismo e da gravidade, essa força só se manifesta no nível microscópico.

**2. SUPERANDO A BARREIRA**  
Para grudar dois prótons que estão separados, é preciso aproximá-los o suficiente para superar a barreira da repulsão eletromagnética. Assim, a força forte entra em cena e cola os dois. Mas o próton não vai subir esse morro sozinho. Ele não tem essa energia toda.



**3. AMIGOS PARA SEMPRE**  
Porém, se a função de onda do próton ficar com só uma pontinha do outro lado da barreira, então há uma chance real de que ele brote do outro lado e forme um hélio com o outro próton. Isso acontece no núcleo do Sol o tempo todo, e permite que ele lumine a Terra.



mesmo que você atire um elétron de cada vez, eles continuam formando o padrão de interferência. Pense bem no significado dessa afirmação. Esses elétrons não têm como realmente sofrer a interferência de outros elétrons – afinal, estão percorrendo o trajeto sozinhos. Mas, de alguma forma, eles sofrem. É como dizer que houve uma colisão em uma estrada em que há um carro só. Isso acontece porque a função de onda do elétron cruza as duas fendas, se divide ao meio e interfere consigo mesma.

Outra modificação no experimento da dupla-fenda: coloque um detector ao lado das fendas, para descobrir exatamente por qual delas cada elétron passa. Quando isso acontece, eles abandonam o padrão de interferência. Desistem de se comportar como ondas e passam a agir como partículas, que atravessam as fendas em linha reta. Isso acontece por causa de algo chamado *colapso da função de onda*. Quando você mede um sistema quântico, o sistema "opta" por uma das probabilidades oferecidas pela equação de Schrödinger e descarta as outras. Lembra que a amplitude da onda, ao quadrado, indica a porcentagem de chance de que o elétron esteja em cada lugar? Então: ele escolhe um dos lugares.

O problema é que a equação de Schrödinger não diz nada sobre o momento do colapso. Não existe consenso sobre o que acontece quando o elétron opta por uma alternativa e descarta as demais. Aqui surgem as

interpretações da mecânica quântica. A interpretação mais típica e ensinada é a de Copenhague, associada a Niels Bohr e sua turma (ele era dinamarquês, daí o nome). Foi essa interpretação, grosso modo, que seguimos até aqui: o elétron existe como uma sobreposição de estados, descrita pela função de onda, até ele interagir com o instrumento de medição no laboratório e optar por um estado.

O próprio Schrödinger não gostava nada dessa história. Ele não achava que a natureza funcionasse dessa maneira. Que um elétron de fato não está em um estado definido até que um instrumento o observe. Não é porque a câmera está fora de foco que o objeto lá atrás está realmente borrado. Nossas equações dão uma visão tremulante, mas a realidade microscópica deve ser cristalina.

Para explicar seu ponto, ele usou um exemplo que ele próprio chamou de "ridículo": trancar um gato numa caixa com um mecanismo radioativo que tem 50% de chance de matá-lo – e então dizer que ele está vivo ou morto ao mesmo tempo até que alguém abra a caixa e veja se ele morreu ou não. É óbvio que, se for para o bichano morrer, ele já terá morrido antes da abertura; o ato de observar não pode decidir isso. Com a metáfora do gato, Schrödinger quis dizer que, quando a matemática afirma que o elétron tem uma certa porcentagem de chance de estar aqui ou ali, na verdade o elétron já está em um desses lugares. Nossa capacidade de previsão que é incompleta.

O felino também se tornou protagonista de um outro debate: será que a função de onda só entra em colapso quando um observador humano consciente abre a caixa? Ou será que o bichano já conta como observador – e é capaz de tirar a si próprio

da suspensão entre a vida e a morte? Para Bohr, estava tudo bem: ele nunca disse que o colapso só ocorre na presença de um ser consciente (embora outros físicos já tenham defendido algo nessa linha). O experimento permanece, porém, como um artifício em discussões mais filosóficas sobre a mecânica quântica, e sinônimo da estranheza do mundo microscópico no imaginário popular. Enquanto essas dúvidas assombravam vários dos veteranos, as gerações seguintes deram o próximo passo na descrição do mundo microscópico.

**A teoria quântica de campos**  
Uma palavra nem sempre significa a mesma coisa para nós e para um físico. É o caso de "campo", que definitivamente não é uma pradaria gaúcha. Campo é qualquer coisa que tem um valor em cada ponto do espaço. Imagine uma piscina de 1,80 m de profundidade com a água parada. Se você analisar a superfície da piscina como um campo, dirá que todos os pontos têm o valor de 1,80 m. Esse é o valor de equilíbrio. Quando alguém pula na piscina, gera ondas. Essas ondas fazem a superfície da água oscilar. O campo fica acima ou abaixo do valor de equilíbrio conforme a onda está na crista ou no vale.

Por que estamos falando de campos? Bem: os físicos do século 19

**O GATO DE SCHRÖDINGER NÃO FICA VIVO E MORTE SIMULTANEAMENTE. A IDEIA É JUSTAMENTE ILUSTRAR QUE ISSO SERIA ABSURDO.**



## APÊNDICE A – ETAPA QUARK: QUESTIONÁRIO

Escola: \_\_\_\_\_

Aluno(a): \_\_\_\_\_

Série: \_\_\_\_\_ - Turma: \_\_\_\_\_ - Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Profª Maria Paula

**Questionário***Refletindo sobre conceitos da Física Moderna e Contemporânea!*

1- Desde criança ouvimos que a matéria é feita de átomos. Átomos são compostos por partículas: prótons, nêutrons e elétrons e outras menores, como por exemplo os fótons e os quark. A luz também é composta de partículas. Desta forma, pode-se afirmar que a luz:

- a) São partículas energizadas a partir do campo gravitacional.
- b) Pode se comportar de forma corpuscular e ondulatória de acordo com a Física Quântica.
- c) São elétrons carregados positivamente.
- d) São pequenas partículas estacionárias que necessitam de um potencial.

2- As lâmpadas de postes das luminárias de ruas acendem automaticamente ao anoitecer. Para que não haja desperdício de energia elétrica, um dispositivo elétrico é utilizado para que as lâmpadas só acendam quando uma determinada quantidade de luz é incidida no ambiente, permitindo assim, a passagem de corrente elétrica no circuito. Que dispositivo é esse e como ele funciona?

- a) Capacitor de placas paralelas. Serve para o armazenamento de cargas elétricas em seu interior.
- b) Resistor elétrico. Serve para limitar o fluxo de cargas elétricas em um circuito.
- c) Indutor elétrico. É um fio enrolado por espiras que é percorrido por uma corrente elétrica variável, sendo essa sua principal característica.
- d) LDR. Um resistor com capacidade de variar a resistência de acordo com a luminosidade do ambiente.

3- Diodos são componentes que estão presentes em circuitos elétricos dos eletrodomésticos que utilizamos em nossas casas. Qual função em um diodo em um circuito?

- a) componente que permite a passagem da corrente elétrica somente em um sentido.
- b) um limitador de resistência elétrica de um circuito elétrico.
- c) armazenador de energia.
- d) um fio enrolado em espiras.

4- As lâmpadas que utilizamos em nossas residências passaram por evoluções: incandescentes, fluorescentes e, atualmente, as lâmpadas do tipo LED, que estão sendo utilizadas nas residências, comércio, indústrias, telas de exibição, sinalização semafórica entre outros. Dentre os diversos usos, cite duas vantagens da utilização dessa nova tecnologia.

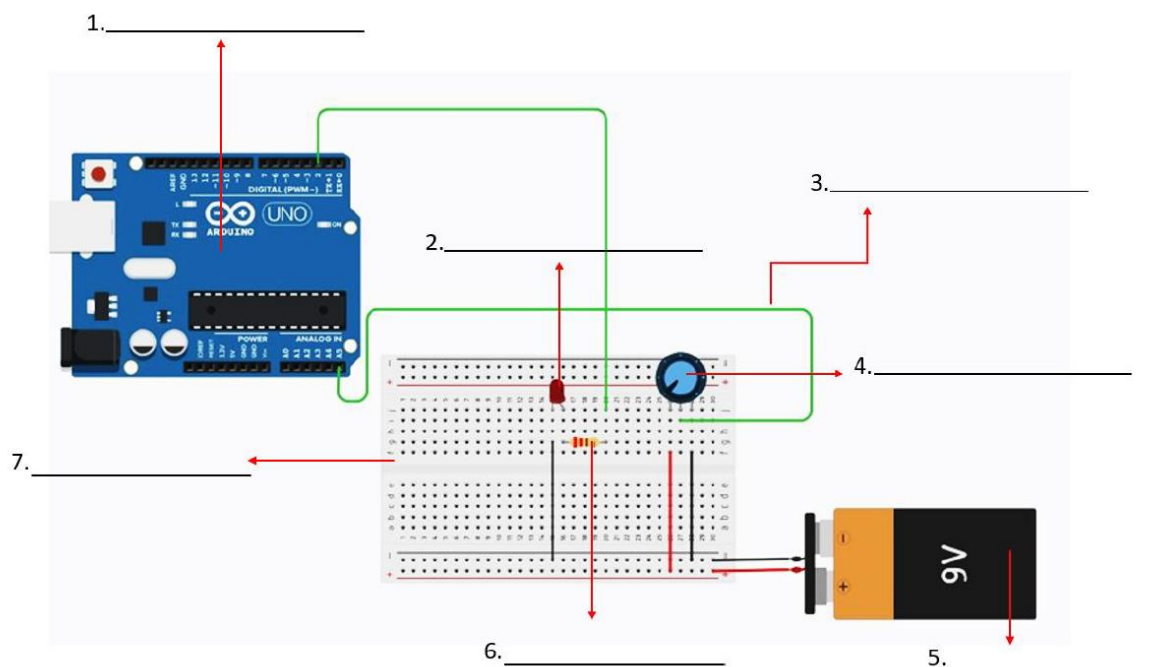
---

---

5- Em 1989, a empresa Erickson Mobile introduziu a ideia de criar fones de ouvido com uma tecnologia sem fio. Jaap Haartsen foi o primeiro engenheiro a apresentar um protocolo que desde então chamamos de *bluetooth*, e só 10 anos depois, foi construído um headphone, ou fone de ouvido com essa tecnologia. O funcionamento Bluetooth é bem parecido com o wi-fi, que comumente utilizamos hoje em dia para termos acesso à internet. Considerando as alternativas abaixo, qual seria a diferença entre wi-fi e bluetooth:

- a) Tanto o wi-fi como o bluetooth utilizam ondas de rádio para transmitir dados entre dispositivos, porém o wi-fi exige senha para conexão com a internet.
- b) O wi-fi é mais lento que o bluetooth, porém é a tecnologia mais adequada para troca de arquivos pequenos em celulares, uma vez que seu consumo de energia é baixíssimo.
- c) Ambos são tecnologias sem fio para fins de conexão entre dispositivos, mas enquanto o bluetooth é usado para conectar dispositivos a internet, o wi-fi é usado para conectar dispositivos uns aos outros.
- d) Não há diferença alguma.

6- No circuito abaixo, quais os componentes você conhece, conforme as indicações numéricas? Escreva o nome de cada componente ao lado do respectivo número:



## APÊNDICE B – ETAPA ELÉTRON: QUESTIONAMENTOS.

# FÍSICA QUÂNTICA

ENTENDA DE UMA VEZ – OU NÃO

ALUNOS:

## ETAPA: ELÉTRON

 RESPONDA AOS QUESTIONAMENTOS SOMENTE QUANDO FINALIZAR A LEITURA DO ARTIGO DA REVISTA!

2023

**Q.1** – QUAL PRINCIPAL FUNDAMENTO DO EFEITO FOTOELÉTRICO?

---

---

**Q.2** – O QUE É UM FÓTON?

---

---

**Q.3** –  $E = hf$ , EXPLIQUE O QUE ESSA EQUAÇÃO SIGNIFICA.

---

---

**Q.4** – COMO EXPLICAR A DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA?

---

---

## APÊNDICE C – ETAPA PRÓTON: MANUAL DE MONTAGEM E DADOS.

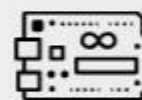


**ALUNOS:**

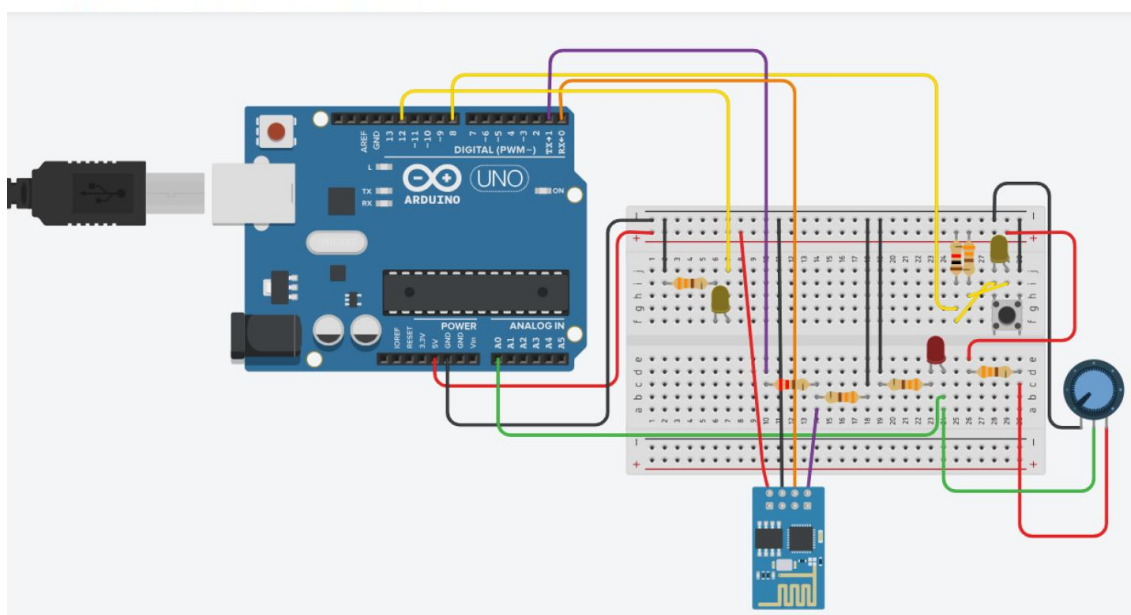
### ETAPA: PRÓTON

#### OBJETIVO

UTILIZAR O MÓDULO HC-05 PARA ENVIAR DADOS DO ARDUINO PARA O CELULAR, COM A INTENÇÃO DE CALCULAR A CONSTANCE DE PLANCK.



#### MONTAGEM



## DADOS DO EXPERIMENTO

|             |  |
|-------------|--|
| Cor do LED: |  |
|-------------|--|

Comprimento de onda ( $\mu\text{m}$ ):

---

Tensão (Volts):

---

Valor da constante de Planck:

---