



**INSTITUTO FEDERAL**

Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO  
PERNAMBUCANO  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA  
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

**WENDEL DOS SANTOS PEREIRA**

**ELETROSCÓPIO COM ARDUINO PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA**

**SALGUEIRO**

**2018**

WENDEL DOS SANTOS PEREIRA

ELETROSCÓPIO COM ARDUINO PARA O ENSINO DE ELETROSTÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Licenciatura em Física.  
Orientador (a): Prof. Ms. Getúlio ER Paiva.  
Coorientador (a): Prof. Ms. Thiago Alves de Sá Muniz Sampaio.

SALGUEIRO

2018

Ficha Catalográfica  
Serviço de Biblioteca e Documentação  
IF Sertão PE - Campus Salgueiro

530.7 Pereira, Wendel dos Santos,  
P436e Eletroscópio com arduino para o ensino de eletrostática.  
XIV, 51f.; 31 cm.

Monografia (Licenciatura em Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão PE) / Campus Salgueiro, Salgueiro, PE, 2018.

Orientador (a): Prof. Ms. Getúlio E. R. Paiva.

Co-orientador (a): Prof. Ms. Thiago Alves De Sá Muniz Sampaio

1. Ensino de física 2. Eletrostática - ensino 3. Física - Didática 4. Eletrocópio I.  
Título II. Paiva, Getúlio E. R. III. Sampaio, Thiago Alves de Sá Muniz.

CDD 530.7

**Para citar esse documento:**

PEREIRA, Wendel os Santos. **Eletroscópio com arduino para o ensino de eletrostática.** Monografia (Licenciatura em Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Salgueiro, Salgueiro, PE, 2018.

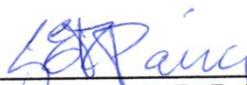
WENDEL DOS SANTOS PEREIRA

ARDUINO APLICADO COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE  
FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do título de graduado em licenciatura em física.

Aprovado em: 22/08/2018

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Getúlio E. R. Paiva Orientador(a)  
IF Sertão PE – Campus Salgueiro

  
\_\_\_\_\_  
Prof. José Junior de Oliveira Silva  
IF Sertão PE – Campus Salgueiro

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Thiago Alves de Sá Muniz Sampaio  
IF Sertão PE – Campus Salgueiro

Salgueiro

2018

**Dedicatória**

Dedico esta e todas as conquistas da minha vida primeiramente a Deus e aos meus pais José Paulo Alves Pereira e Neusa Eulina dos Santos, além de meu irmão Pedro Paulo dos Santos Pereira, por estarem sempre ao meu lado e se empenharem ao máximo para que meus estudos fossem uma prioridade não deixando nada me faltar.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Getúlio E. R. Paiva, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora: José Junior de Oliveira Silva e Thiago de Sá Muniz Sampaio pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Sou grato ainda pelos maiores presentes que Deus colocou na minha vida: Jayne Mayslla, minha quase noiva, a quem amo e sou completamente feliz ao seu lado; Tiago Sabino, meu irmão de consideração que tive a felicidade de conhecer desde o primeiro dia do ensino médio no EREMSAL (22 de fevereiro de 2010) e até hoje tem feito parte da minha vida; Everaldo Benvenuto meu querido e sensato amigo que sempre estará comigo à contemplar as tardes “sabenicais”; Maria Aparecida, minha sogra que cuida de mim como um filho, dentre as muitas outras pessoas que fazem parte da minha vida e que não caberia nesse texto expressar minha gratidão e afeto por elas.

“Eu não creio que exista algo mais emocionante para o coração humano do que a emoção sentida pelo inventor quando ele vê alguma criação da mente se tornando algo de sucesso. Essas emoções fazem o homem esquecer comida, sono, amigos, amor, tudo.”

[Nicola Tesla]

## RESUMO

Uma problemática real em muitas escolas e universidades do nosso país consiste na precariedade dos laboratórios de ciências, além da falta de preparação de uma parcela considerável dos profissionais de educação nas práticas experimentais para o ensino de física. Apresenta-se nesse trabalho uma ferramenta didática de baixo custo e fácil implementação como alternativa para equipar laboratórios de física, podendo ser aplicado na educação básica e superior. A ferramenta desenvolvida consiste em um eletroscópio eletrônico capaz de detectar, qualitativamente, a presença e a variação de intensidade de campos eletrostáticos, exibindo a detecção através de indicação luminosa por meio de LEDs e efeitos sonoros. O aparato é construído a partir de alguns componentes eletrônicos baratos e de fácil aquisição, além de um Arduino (qualquer versão). Esta ferramenta pode ser usada como recurso didático para demonstração e estudo de fenômenos eletrostáticos, possibilitando ao aluno uma melhor visualização dos fenômenos relacionados, podendo reduzir a dificuldade de abstração dos conceitos no processo de aprendizado, uma vez que este eletroscópio proporciona uma percepção visual e audível dos campos eletrostáticos, relacionando diversos possíveis conhecimentos prévios para compreensão e interiorização de novos conceitos. O presente trabalho apresenta uma breve discussão sobre a importância da experimentação no ensino de física, além de um roteiro para construção do eletroscópio com as informações essenciais para sua construção, além de sugestões para abordagens usando o aparato em sala de aula.

**Palavras-chave:** instrumentação com Arduino, eletroscópio, eletrostática.

## ABSTRACT

A real problem in many schools and universities in our country is the precariousness of science laboratories, as well as the lack of preparation of a considerable part of education professionals in experimental practices for teaching physics. This paper presents a low-cost and easy-to-implement didactic tool as an alternative to equip physics laboratories, and can be applied in basic and higher education. The tool developed consists of an electronic electroscope capable of qualitatively detecting the presence and intensity variation of electrostatic fields, showing the detection through luminous indication through LEDs and sound effects. The device is built from some inexpensive and easy-to-purchase electronics, as well as an Arduino (any version). This tool can be used as a didactic resource for demonstration and study of electrostatic phenomena, allowing the student a better visualization of related phenomena, and may reduce the difficulty of abstraction of the concepts in the learning process, since this electroscope provides a visual and audible perception of the electrostatic fields, relating several possible previous knowledge to understand and internalize new concepts. The present work presents a brief discussion about the importance of experimentation in physics teaching, as well as a script to construct the electroscope with the essential information for its construction, as well as suggestions for approaches using the apparatus in the classroom.

**Key words:** instrumentation with Arduino, electroscope, electrostatic.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Placa Arduino UNO	20
Figura 2.2	Partes dos Arduino UNO	21
Figura 3.1	Esquema didático simplificado do átomo proposto por Niels Bohr.	25
Figura 4.1	Representação do eletroscópio de folhas	27
Figura 5.1	Esquemático da protoboard	30
Figura 5.2	Jumpers tipo: macho - macho	30
Figura 5.3	Representação do circuito montado	31
Figura 5.4	Esquemática do eletroscópio	32
Figura 5.5	Figuras dos materiais necessários para a montagem do aparato	32
Figura 5.6	Interface gráfica da IDE do Arduino	34
Figura 5.7	Arduino reconhecido pelo IDE.	35
Figura 5.8	Botão carregar na interface gráfica da IDE do Arduino.	35
Figura 6.1	Eletroscópio sem detectar a presença de campo eletrostático.	38
Figura 6.2	Eletroscópio indicando o primeiro nível de detecção	38
Figura 6.3	Eletroscópio indicando o segundo nível de detecção	39
Figura 6.4	Eletroscópio indicando o terceiro nível de detecção.	39
Figura 6.5	Eletroscópio indicando o nível mais alto de detecção.	39
Figura 6.6	Eletroscópio detectando o campo elétrico de uma caneta	40
Figura 6.7	Folha metálica entre o gerador de cargas e o eletroscópio. Nenhum campo é detectado.	41
Figura 6.8	Eletroscópio detectando o campo elétrico após remoção da folha	42

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 5.1 – Materiais necessários para a montagem do aparato	29
---	----

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

KB	Kilobyte
MHz	Mega Hertz
RAM	Random Access Memory
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory
PWM	Pulse Width Modulation
GND	Ground
IDE	Integrated Development Environment
CRT	Cathode-ray Tube
DDP	Diferença de Potencial

**LISTA DE SÍMBOLOS**

$\Omega$	Ohm
V	Volt
A	Amper

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Experimentação no ensino de física</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>História da experimentação no ensino de física</b> .....	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>Importância</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>O ARDUINO</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>O que é</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>História do Arduino</b> .....	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Especificações</b> .....	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Portas digitais e analógicas</b> .....	<b>18</b>
<b>2.5</b>	<b>Arduino aplicado ao ensino de física</b> .....	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>ELETRÓSTÁTICA</b> .....	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Carga elétrica</b> .....	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Um pouco da história</b> .....	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Portadores de carga elétrica</b> .....	<b>21</b>
<b>3.4</b>	<b>Eletrização</b> .....	<b>22</b>
<b>3.5</b>	<b>Potencial elétrico</b> .....	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>FUNCIONAMENTO DO ELETROSCÓPIO</b> .....	<b>22</b>
<b>4.1</b>	<b>O eletroscópio de folhas</b> .....	<b>22</b>
<b>4.2</b>	<b>Funcionamento do eletroscópio proposto</b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
<b>5.1</b>	<b>Eletroscópio digital</b> .....	<b>23</b>
<b>5.2</b>	<b>Materiais</b> .....	<b>23</b>
<b>5.3</b>	<b>Montagem</b> .....	<b>25</b>
<b>5.3.1</b>	<b><i>Protoboard</i></b> .....	<b>26</b>
<b>5.3.2</b>	<b><i>Montagem do circuito</i></b> .....	<b>27</b>
<b>5.3.3</b>	<b><i>Instalações do IDE e upload da programação</i></b> .....	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>SEQUÊNCIA DE ENSINO</b> .....	<b>31</b>
<b>6.1</b>	<b>Investigar campos eletrostáticos em equipamentos eletroeletrônicos</b> .....	<b>31</b>
<b>6.2</b>	<b>Investigar os processos de eletrização</b> .....	<b>32</b>
<b>6.3</b>	<b>Fenômeno da blindagem eletrostática e gaiola de Faraday</b> .....	<b>32</b>

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>35</b>
<b>APENDICE A – SKETCH .....</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Arduino aplicado como recurso didático para o ensino de física consiste em agrega-lo como instrumentação eletrônica nos laboratórios de ciências das escolas e universidades, proporcionando aos professores e alunos um estudo mais investigativo, onde as atividades experimentais possam ser mais precisas; eficientes e menos abstratas, além de aumentar as possibilidades de aplicações no contexto de pesquisas, análises e simulações dos fenômenos físicos.

Apesar de haver uma vastidão de tecnologias aplicadas ou aplicáveis ao contexto didático, em nosso país pouco ainda é explorado (CAVALCANTE, 2011, p. 2). Um estudo feito pelo Movimento Todos Pela Educação em 2015 (ESTUDO, 2015), mostrou que apenas 8% das escolas brasileiras possuem laboratórios de ciências. Além disso, outra problemática muito comum consiste na falta de preparação de muitos profissionais de educação em atividades didáticas de experimentação. Esse problema já deriva de toda uma deficiência que sempre houve na educação de nosso país, sendo assim, a falta de qualificação que muitos docentes apresentam nas práticas de experimentação e laboratório já é decorrente dessa deficiência no ensino, sendo que na maioria dos casos esses profissionais não tiveram acesso a laboratórios em sua formação e não possuem os mesmos nas escolas onde trabalham (SANTOS, 2015). Tendo em vista o cenário econômico e político atual do país (PEREIRA, 2015), onde os recursos para escolas e universidades estão cada vez mais restritos, além dos processos burocráticos e prazos longos, faz-se necessário buscar alternativas baratas e eficientes para contornar os desafios na educação.

Sendo assim, este trabalho tenta trazer uma alternativa relativamente simples, eficiente e barata para equipar laboratórios de física por meio de instrumentação eletrônica com Arduino, em qualquer versão disponível até a presente data.

Para tanto, são usados componentes eletrônicos baratos e de fácil acesso; ferramentas simples do dia a dia; um Arduino Uno e um computador. Com isso, foi construído um aparato o qual denominaremos doravante apenas como eletroscópio. Este eletroscópio dispõe da capacidade de detectar a presença de campos eletrostáticos além de apresentar a leitura detectada por meio do acendimento de LEDs (*Light Emitting Diode*, ou Diodo Emissor de Luz em português) e pela emissão

de efeitos sonoros. A intensidade dos campos eletrostáticos é inferida qualitativamente a partir dos parâmetros de distância entre antena e a fonte do campo e a intensidade do campo.

Com esse eletroscópio, espera-se facilitar o processo de ensino-aprendizagem, proporcionando aos alunos uma melhor visualização dos fenômenos, nos estudos relacionados à eletrostática, ajudando-os a compreender melhor os conceitos físicos envolvidos com o assunto de forma menos abstrata.

Este trabalho consiste em um roteiro didático dedicado especialmente a profissionais de educação, afim de que possa servir como ferramenta didática ou ponto de partida para outras ideias para o ensino de física, objetivando melhoras na qualidade dos processos de ensino-aprendizagem, trabalhando em prol de novas alternativas para facilitar o aprendizado para os alunos.

Inicialmente, é feita uma revisão sobre a importância da experimentação no ensino de física, seguida de uma breve introdução ao Arduino aplicado como ferramenta para o aprendizado sobre eletrostática; posteriormente é elaborado um roteiro com o passo a passo para a montagem do eletroscópio e por fim são apresentadas propostas de aplicações do eletroscópio com os alunos.

### **1.1 História da experimentação no ensino de física**

Grande parte de toda a ciência foi formada com base nas experimentações, tais como a descoberta da eletricidade; as leis básicas da mecânica newtoniana, sem esquecer jamais de citar as formulações da termodinâmica, tendo em vista que grande parte de todos os conceitos dessa área da física foram construídos por meios experimentais. O desenvolvimento da ciência como um todo sempre dependeu da experimentação e depende até os dias de hoje nas modernas e sofisticadas pesquisas que estudam o universo desde as escalas que são inferiores às atômicas até o macro, onde temos conhecimentos detalhados sobre galáxias distantes a milhões de anos luz.

Estudos teóricos e experimentação nem sempre estiveram juntos no que diz respeito às metodologias de ensino. Os primeiros registros de práticas experimentais em sala de aula de que se tem notícia, datam do século XIX, na França e eram ministradas pelo professor Adolphe Ganot (SOUZA, 2017). Segundo Gaspar (2014) eram feitas apenas demonstrações qualitativas de fenômenos físicos pelo professor,

sendo ele o único a manipular os instrumentos. Nessa época, o modelo educacional era caracterizado pelo aluno passivo e professor detentor do conhecimento (modelo tradicional).

No Brasil, assim como em vários lugares do mundo, prevalecia o modelo de educação tradicional, metodologia essa que começara a sofrer fortes críticas pela elite intelectual da época, dando corpo a um movimento que ficou conhecido como "Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova" em 1932 (AZEVEDO, 2010), que apresentava concepções novas para o ensino, dentre elas, um modelo onde o aluno passasse a ser um ser ativo e participante em seu processo de aprendizado (GASPAR, 2014).

Devido à crença de que os alunos buscariam o próprio conhecimento, o movimento perdeu força pouco tempo depois, dado que os resultados fugiram do esperado. Com isso o movimento começou a ser visto como responsável por um atraso no avanço da ciência, fato que levou ao seu fracasso (SOUZA, 2017).

Com a vantagem da União Soviética sobre os Estados Unidos na disputa pela corrida espacial, por volta dos anos 50, os EUA decidiu organizar um comitê formado pelos maiores físicos do país, a fim de reformular o currículo do ensino de física além de capacitar jovens para a ciência e engenharia (GASPAR, 2014). Tendo início em 1957, o projeto recebe o nome de PSSC (*Physical Science Study Committee*, ou Comitê de Estudos em Ciência Física em português) no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*, ou Instituto de Tecnologia de Massachusetts em português) com abordagens experimentais sempre agregadas nas metodologias de ensino.

Segundo o PSSC, alunos se sentem mais estimulados quando realizam experiências, incorporando funções de cientistas de modo que suas conquistas ganham um caráter mais significativo e estimulador.

O PSSC tinha como objetivo fazer o aluno entender a metodologia científica na prática. O projeto abrangia todo o contexto da educação no país com materiais educativos inovadores, tais como livros com roteiros experimentais e produção de texto. Todas as atividades experimentais eram investigativas (SOUZA, 2017).

O projeto serviu como referência para vários países, dentre eles o Brasil onde foi acolhido como um novo paradigma educacional, tentando romper o ensino tradicional que há muito se fazia presente aqui. No entanto encontrou diversas dificuldades devido divergências nos contextos socioeconômico e cultural, existentes

entre o Brasil e os EUA fundador do projeto (FERNANDES, 1997).

Buscando resolver essas dificuldades, foram tomadas algumas medidas, de modo que no ano de 1970 foi dado início ao projeto PEF (*Projeto de Ensino de Física*), assemelhando-se em muitos detalhes com o PSSC.

Embora muitos esforços tenham sido dedicados ao projeto, o PEF veio a fracassar (SOUZA, 2017) devido à grande parte dos profissionais envolvidos serem exclusivamente pesquisadores, não possuindo práticas com ensino ou conhecimentos pedagógicos acarretando em incompatibilidades entre o processo de elaboração e execução dos currículos didáticos, sendo que os professores não detinham o conhecimento necessário ou não conseguiam aplicá-los na prática. Além disso, segundo Gaspar (2014) acreditava-se erroneamente que os alunos podiam redescobrir as leis físicas apenas por meio de experimentações sem um caráter mais investigativo (SOUZA, 2017).

## **1.2 Importância da experimentação no ensino de física**

Experimentação se faz muito importante para o ensino de física, tendo em vista que ela proporciona o desenvolvimento de várias habilidades no contexto do desenvolvimento científico dos alunos, tais como metodologias de pesquisa; resolução de problemas; formação de teorias; automotivação; entre outras (PEDROSO, 2009). Dessa forma, os alunos constroem um aprendizado baseado em descobertas feitas por si no processo de experimentação, onde está imerso no contexto real do problema que investiga, opostamente ao modelo de aprendizado onde tudo parte de respostas prontas e idealizadas.

Um importante fator da experimentação consiste em agregar as novas tecnologias ao currículo do ensino de física, de modo que diversos atributos socioculturais mudam em função da modernidade constantemente. As tecnologias da informação estão presentes praticamente em todos os lugares, desse modo é necessária uma constante renovação das metodologias educacionais, a fim de acompanhar esses avanços (MEC, 1997).

Entretanto, não faz sentido o planejamento de abordagens inovadoras fazendo uso de tecnologias modernas, se as metodologias abordarem os conteúdos superficialmente de modo que os alunos usem os aparatos tecnológicos apenas para coletar e relacionar dados sem um conhecimento considerável sobre o que

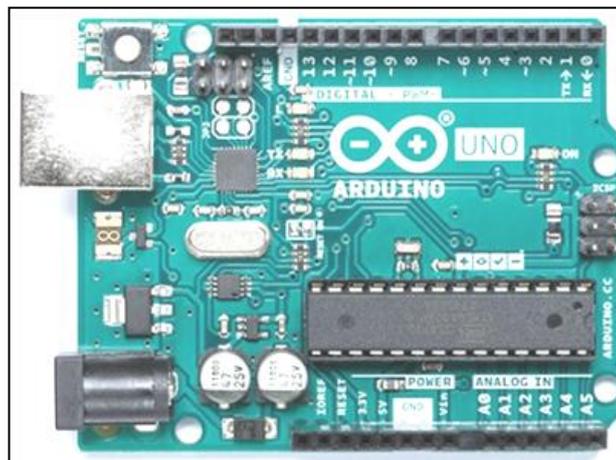
estão fazendo; essa prática não agrega significado aos estudos e não aproveita o potencial das ferramentas tecnológicas (CARVALHO, 2011).

A experimentação no ensino de física deve, antes de tudo, induzir o aluno à sua alfabetização científica desenvolvendo sua capacidade crítica e sensível ao real papel que a ciência desempenha na sociedade (MEC, 1997).

## 2. O ARDUINO

O Arduino (Fig. 2.1) é uma plataforma open-source (domínio livre) para desenvolvimento de projetos eletrônicos, que consiste em uma placa contendo um microcontrolador (minicomputador) com portas de entrada e saída para

Figura 2.1 – Placa Arduino



Fonte: Site oficial Arduino<sup>1</sup>

comunicação com o mundo externo, analógica e/ou digitalmente; além de um software para computador onde são escritas as instruções lógicas em linguagem de programação própria, baseada na linguagem C/C++, para realização de atividades específicas a critério do usuário. A grande característica dessa plataforma consiste na facilidade que sua programação de alto nível (linguagem mais familiar aos seres humanos) apresenta, possibilitando que iniciantes em eletrônica e programação possam desenvolver projetos relativamente complexos sem a necessidade de muitos conhecimentos específicos.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em jul. 2018.

## 2.1 História do arduino

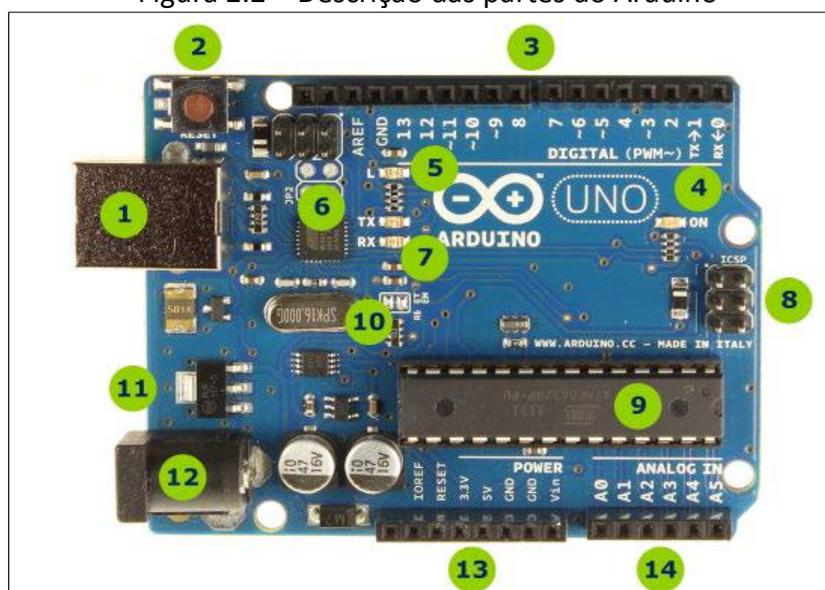
O projeto Arduino teve seu início na Itália, em 2005, no Interaction Design Institute Ivrea (Instituto de Design de Interação de Ivrea, em português). Seus idealizadores foram os Italianos Hernando Barragan, Massimo Banzi, David Cuartielles, Dave Mellis, Gianluca Marino e Nicholas Zambetti. Na época, os fundadores que eram estudantes, usavam caros equipamentos de prototipagem, dificuldade que os levou à ideia de desenvolver uma alternativa mais barata, de modo a se tornar acessível para toda a comunidade interessada no assunto. O nome Arduino tem sua origem devido um bar cujos fundadores costumavam se encontrar.

No ano de 2006, o projeto recebeu uma menção honrosa na categoria *Comunidades Digital, pela Prix Ars Electronica*. Em 2008 já eram mais de 50.000 placas vendidas.

## 2.2 Especificações

Seguem-se listadas as principais partes do Arduino na versão Uno, de acordo com a figura 2.2.

Figura 2.2 – Descrição das partes do Arduino



Fonte: Tutorial MultiLógica Shop – Arduino guia do iniciante ver. 1.0.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Disponível em: <https://multilogica-shop.com/>. Acesso em jul. 2018.

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

Arduino UNO conta com o microcontrolador ATmega 328, um chip de 8 bits com 32 KB de memória Flash, 2 KB de RAM e 1 KB de EEPROM. Possui uma frequência de operação de até 20 MHz, ou seja, é capaz de processar até 20 milhões de operações por segundo, porém na placa Arduino UNO opera em 16 MHz.

### **2.3 Portas digitais e analógicas**

Através das portas analógicas do Arduino, é possível realizar leituras e controle de tensão elétrica, compreendida no intervalo de 0 à 5V. Ao ser processado pelo conversor A/D (analógico digital), no caso de leituras, o valor de tensão lido é discretizado e escalado em um intervalo de 0 a 1023 níveis. Um conversor A/D tem como função transformar um sinal analógico, contínuo no tempo, num sinal discreto no tempo, quantizado dentro de um número finito de valores inteiros. Já no caso de controle analógico das portas, é usado um conversor D/A (digital analógico), que tem funcionamento inverso ao conversor A/D, de modo que é aplicada, pelo microcontrolador, uma tensão de 0 a 5V em uma determinada porta, por meio de instruções que usam um valor entre 0 e 1023 como parâmetro para definir a tensão de saída

Já nas portas digitais, o mesmo ocorre, porém, a leitura ou o controle da tensão

se dá de forma discreta no tempo, ou seja, são definidos apenas níveis lógicos altos e baixos; também conhecidos como 0s ou 1s, onde 1s corresponde a nível lógico alto e 0 corresponde a nível lógico baixo. Fisicamente falando, esses níveis na prática consistem em 5V para nível lógico alto e 0V para nível lógico baixo.

#### **2.4 Arduino aplicado ao ensino de física**

O ensino de física é motivo de inquietação para muitos profissionais de educação, devido aos desafios que as disciplinas consideradas exatas apresentam, possuindo uma maior complexibilidade de abstração (FREITAS, 2014). Dentre os vários enfoques metodológicos aplicados ao ensino de física, está a inserção do computador como uma poderosa ferramenta para o aprendizado, que vem aos poucos ganhando lugar nas salas de aula e laboratórios de escolas e universidades.

Existem inúmeras formas de utilização do computador como recurso didático, dentre elas, o meio de aquisição automatizada e processamento de dados, apresentando resultados em formatos algébricos e/ou gráficos; modelagens computacionais, entre outras.

A presença das tecnologias de informação no dia a dia da sociedade é inquestionável e os alunos já não se satisfazem mais com as clássicas aulas expositivas e metodologias de experimentações arcaicas de modo que os professores estão começando a ficar inquietos com essas mudanças culturais (MARTINAZZO, 2014).

O Arduino vem, portanto, como uma forte alternativa para inserção de práticas inovadoras no ensino de física. É possível adquiri-lo facilmente e usufruir de uma gigantesca quantidade de conteúdo na internet, distribuídos forma de artigos educacionais; tutoriais; roteiros; vídeo aulas e cursos com as mais diferentes aplicações em áreas técnicas; na educação básica e superior além de fora do contexto acadêmico.

Práticas experimentais com o auxílio de um Arduino podem ser muito mais precisas e eficientes, sendo que aquisições manuais e monótonas de dados comumente ocasionam imprecisões nos resultados e processos tediosamente lentos, porém, com o auxílio dessa plataforma, o processo experimental pode ser mais prático e melhor aproveitado.

### 3 ELETROSTÁTICA

Desde a Grécia Antiga, a eletricidade já era conhecida devido a observação do fato de que uma resina de árvore conhecida como âmbar, ao ser atritado aos pelos dos animais adquiria a capacidade de atrair pequenos corpos como o próprio pelo. No ano de 1600, o fenômeno ganha nome de “Eletricidade” por William Gilbert como referência ao âmbar, que em grego se chama “elétron” (MORAIS, 2014).

Já na segunda metade do século XVIII, o físico americano Benjamin Franklin, propôs que a eletricidade consistia em um fluido comum a toda matéria e que essa podia se encontrar em falta ou excesso na mesma, de modo que quando havia excesso desse fluido (o qual hoje definimos por carga elétrica) em um determinado corpo, esse se encontrava positivamente carregado; por outro lado, quando o corpo se encontrava com falta desse fluido, estava negativamente carregado (MORAIS, 2014).

No ano de 1729, ano em que Stephen Gray dividiu os materiais em dois grupos, sendo esses o grupo dos isolantes e o grupo dos condutores. Segundo Gray, a eletricidade ficava presa nos corpos isolantes enquanto nos corpos condutores ela podia ser transmitida. Benjamin Franklin defendeu que o fluido elétrico podia fluir livremente em corpos condutores e ficavam restritos aos corpos isolantes (MORAIS, 2014).

Descobriu-se mais tarde que a carga elétrica era quantizada, o que significa que seu valor é discreto, ou seja, a quantidade de carga sempre é encontrada por múltiplos da carga elementar que foi medida pela primeira vez por Robert Milikan no seu famoso experimento com gotas de óleo no início do século XX, sendo  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$  a carga elementar, no Sistema Internacional de medidas (MORAIS, 2014).

#### 3.1 Portadores de carga elétrica

Todos os corpos possuem, em sua formação básica cargas elétricas. Todos os elementos químicos contêm em sua formação prótons; nêutrons e elétrons, presentes em diferentes quantidades na estrutura atômica, fator esse, responsável pelas diferenças que cada elemento apresenta entre si.

O modelo atômico (Fig. 3.3) é o proposto pelo físico Dinamarquês Niels Bohr (1885 - 1962), constituído de um núcleo denso formado por prótons e nêutrons e uma eletrosfera onde orbitam elétrons, como o nome já sugere. Os prótons e os

elétrons são portadores elementares de carga e possuem sinais opostos entre si, sendo os prótons portadores de carga positiva e os elétrons portadores de carga negativa com módulo no S.I. equivalente a  $1,6 \cdot 10^{-19} C$ . Vale ressaltar que o modelo atômico de Niels Bohr não é o mais atual assim como também não um modelo ideal para tratar problemas atuais mais complexos, porém é mais adequado para uma abordagem didática inicial.

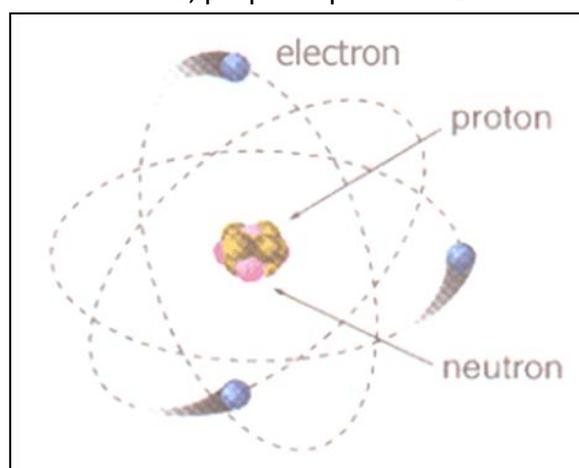
Em um átomo no seu estado de equilíbrio, a quantidade de prótons e elétrons é igual e, portanto a carga líquida resultante do sistema é nula, tendo em vista que a soma de simétricos resulta no elemento nulo.

As partículas que formam o núcleo do átomo são inseparáveis, exceto quando se encontram em condições extremas, como em casos de átomos instáveis ou reações físicas de fusão e fissão nucleares, onde a estrutura do átomo é modificada, liberando grandes quantidades de

energia, por exemplo. No entanto, os elétrons podem se desprender dos átomos. Em alguns elementos a força de ligação entre o elétron e o núcleo é mais forte que em outros, por esse motivo podemos dizer superficialmente que a natureza condutora ou isolante de um material depende desse fator, ou seja, não há um isolante perfeito, o que ocorre é que alguns materiais demandam quantidades maiores de energia (diferença de potencial elétrico) para romper o elo do elétron com o núcleo, enquanto outros, nem tanto. Sendo assim o que faz um material isolante é sua resistência à condução elétrica.

Quando um corpo se encontra eletricamente carregado, o que realmente está acontecendo é um excesso ou falta de elétrons nesse, sendo que, ao perder ou ganhar elétrons, um determinado corpo se encontrará com desequilíbrio eletrônico apresentando uma carga líquida diferente de zero (NUSSENZVEIG, 1997).

Figura 3.1 – Esquema didático simplificado do átomo, proposto por Niels Bohr.



Fonte: Nakamura, et al (2008)

### **3.2 Eletrização**

Eletrizar um corpo consiste na técnica de forçar um desequilíbrio eletrônico em um corpo, por meio de um dos três processos básicos que são: contato, onde um contato físico entre os corpos promove o equilíbrio eletrônico entre si; atrito, onde os corpos são friccionados entre si “arrancando” elétrons uns dos outros; e indução, onde as induções elétricas atraem ou repelem as cargas elétricas de um corpo deixando-o carregado, caso o corpo seja condutor de eletricidade.

### **3.3 Potencial elétrico**

Potencial elétrico é a capacidade que um corpo carregado possui de atrair ou repelir outras cargas elétricas. Dado um corpo carregado, temos que este apresenta um campo elétrico em sua vizinhança. Esse campo elétrico possui a capacidade de atrair ou repelir cargas elétricas que estejam em suas proximidades devido à distorção que provoca no espaço ao seu redor; e sua intensidade varia de acordo com a distância.

## **4. ELETROSCÓPIO DE FOLHAS**

Já no século XVIII, eram criados e usados diversos instrumentos para detecção de campos eletrostáticos. Um desses é provavelmente o mais conhecido e presente nos livros didáticos hoje e é conhecido como eletroscópio de folhas (Fig. 4.1), originalmente criado por Bennet no século XIX (MEDEIROS, 2002). O funcionamento desse eletroscópio consiste basicamente no afastamento das faces de folhas leves e condutoras suspensas por uma haste também condutora no interior de um recipiente de vidro fechado. A haste condutora tem acesso ao meio externo do recipiente passando por um orifício, possuindo em sua extremidade uma esfera condutora a qual deve ser exposta a regiões onde haja possibilidade de campos elétricos a fim de detectá-los. Aproximando-se um material eletrizado da esfera condutora, pelo processo de indução, as cargas de mesmo sinal do eletroscópio são repelidas para as duas folhas condutoras. Como as folhas ficam carregadas com cargas de mesmo sinal, elas tendem a se afastar como podemos observar na figura 4.1.

Figura 4.1 – Representação do eletroscópio de folhas



Fonte: Site Professor<sup>3</sup>

#### 4.1 Funcionamento do eletroscópio proposto

A seguir, será discutido o funcionamento do eletroscópio do ponto de vista físico, ou seja, quais processos físicos estão envolvidos até o ponto onde as leituras são feitas e processadas pelo Arduino.

Baseando-se na representação gráfica do circuito ou no esquemático presente nas figuras 5.3 e 5.4 respectivamente; atentemo-nos à antena e suas conexões. Desse modo, nota-se que ela se encontra ligada em série com um resistor de  $1M\Omega$  conectado ao negativo da fonte, e ao mesmo tempo faz conexão com uma das portas analógica do Arduino.

O mecanismo pelo qual o eletroscópio detecta os campos eletrostáticos é fundamentado no fenômeno de indução eletrostática. Quando um corpo carregado é aproximado ao eletroscópio, o campo eletrostático proveniente deste promove repulsão ou atração das cargas elétricas na antena do instrumento de modo que são geradas variações de campo elétrico no interior do circuito resultando no fluxo de cargas e na variação de tensão no circuito. A antena é ligada ao negativo por meio de um resistor para que possa ficar neutra quando não estiver sob a ação de campos. O alto valor do resistor ( $1M\Omega$ ) tem como função controlar o caminho que as cargas percorrem quando sofrem indução proveniente do campo eletrostático, ou seja, sem a presença do resistor essas cargas seriam escodas para o terminal negativo muito rapidamente quando, por exemplo, um campo eletrostático

<sup>3</sup> Disponível em: <http://prof-cassiofernando.blogspot.com>. Acesso em jul. 2018.

negativamente polarizado fosse aproximado, sendo praticamente impossível detectar o efeito do fluxo dessas cargas com o Arduino. Sendo assim, o resistor tem como função confinar as cargas no circuito por um momento, variando a tensão no terminal que é conectado à porta analógica do Arduino.

O Arduino, por sua vez, detecta essas variações de tensão elétrica; as digitaliza e aplica aos algoritmos que serão apresentados mais adiante, para que sejam ativados os LEDs e acionada a campainha.

Conceitualmente falando, temos que ao aproximarmos um corpo positivamente carregado da antena do eletroscópio, esse atrairá os portadores de carga negativa para a região da antena mais próxima do campo, ocasionando o aumento de tensão elétrica na porta do Arduino. Por outro lado, se for aproximado um corpo negativamente carregado, esse campo induzirá um sentido reverso de fluxo das cargas na antena, reduzindo a tensão na porta do Arduino.

## **5 METODOLOGIA**

É implementado neste trabalho um eletroscópio digital capaz de detectar campos eletrostáticos. Por meio deste eletroscópio, pode-se também visualizar, de forma qualitativa, a intensidade do campo por meio de indicação luminosa e efeito sonoro.

De maneira mais detalhada, a detecção do campo elétrico é feita por meio de um conjunto de leituras realizadas pelo microprocessador do arduino através de uma antena de cobre e um circuito básico. As leituras analógicas são digitalizadas e distribuídas proporcionalmente em uma sequência de quatro níveis de acordo com a magnitude do seu valor. A partir desses níveis, são programadas instruções lógicas, que, uma vez executadas pelo microprocessador, efetuam a ativação sequencial dos LEDs de acordo o nível de leitura, e controla a emissão do efeito sonoro.

### **5.1 Materiais**

Para a montagem do eletroscópio foram usados os materiais listados e descritos na tabela 5.1 logo a seguir:

Tabela 5.1 – Materiais necessários e descrições básicas.

<b>Componente</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Especificações</b>	<b>Finalidade</b>
<b>Resistor</b>	1	1,1 M Ohm ( $\Omega$ )	Aterramento para antena
<b>Resistor</b>	4	150 Ohm ( $\Omega$ )	Limitar o fluxo de corrente elétrica que flui pelos LEDs
<b>LED</b>	4	Preferencialmente nas cores branco, verde, amarelo e vermelho	Auxiliar na visualização do campo elétrico e sua intensidade
<b>Fio de cobre</b>	1	Comprimento aprox. de 20 cm	Auxiliar na captura do campo elétrico
<b>Buzzer</b>	1	*	Emitir efeito sonoro
<b>Jumpers</b>	11	Tipo macho-macho com aprox. 12 cm de comprimento	Interligar os componentes na protoboard
<b>Protoboard</b>	1	De aproximadamente 830 furos	Organizar os componentes eletrônicos permitindo a interconexão entre eles
<b>Arduino</b>	1	Preferencialmente a versão Uno	Computar as informações
<b>Bateria</b>	1	Com Tensão de 7V à 9V	Alimentar o circuito
<b>Adaptador de bateria para Arduino</b>	1	Clip de bateria 9V e plug P4 (porta de alimentação do arduino)	Elo do Arduino com a bateria
<b>Elástico</b>	1	Tipo usado para unir cédulas de dinheiro	Para fixar o Arduino no protoboard
<b>Fita adesiva</b>	1	Largura de 1 cm	Para prender a antena no protoboard
<b>Arames rígidos</b>	2	Do tipo que vem amarrando os fios dos eletroeletrônicos quando novos	Para organizar os jumpers juntando-os e prendendo-os

## 5.2 Montagem

### 5.2.1 Protoboard

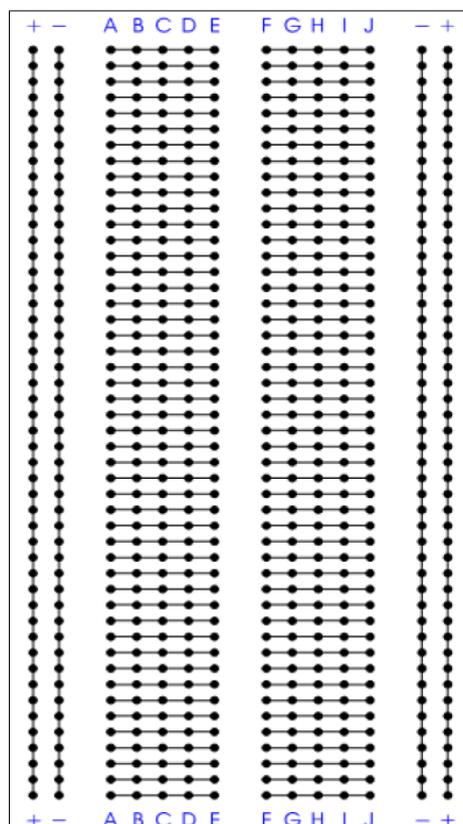
A protoboard consiste em uma ferramenta muito importante para ensaios de projetos eletrônicos de baixa tensão e corrente elétrica. Por meio dela pode-se facilmente interligar os componentes eletrônicos de forma provisória apenas encaixando seus terminais em orifícios sem a necessidade de usar equipamentos para soldagem e estanho, o que termina por danificar os componentes eletrônicos e acarreta um maior trabalho.

O diagrama representado na figura 5.1, apresenta as ligações internas dos orifícios de modo que todos os terminais (pernas) do componente que forem ligados a uma mesma linha, estarão em série entre si.

É importante ressaltar que as colunas da extremidade à direita e à esquerda (+ e -), são dedicadas, em geral, à alimentação elétrica para o sistema. Devido este motivo, possuem ligações verticais de modo a varrer toda a extensão do *protoboard* facilitando possíveis necessidades de fornecimento de energia em toda a área da ferramenta.

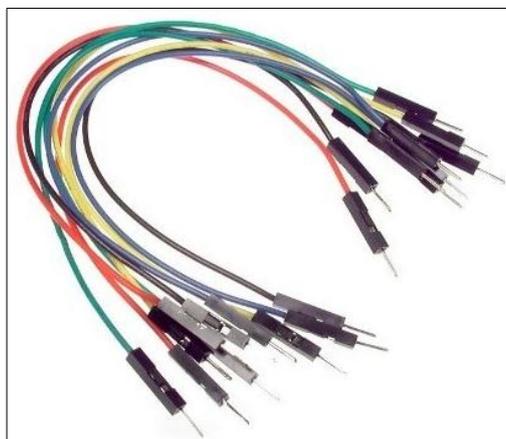
Outro detalhe importante, consiste na necessidade dos chamados *jumpers* (figura 5.2) que são pequenos fios condutores, revestidos geralmente de material isolante e

Figura 5.1 - Esquemática da protoboard



Fonte: SOUZA (2017)

Figura 5.2 – Jumpers tipo macho – macho



Fonte: Site Felipe Flop<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/>. Acesso em jul. 2018.

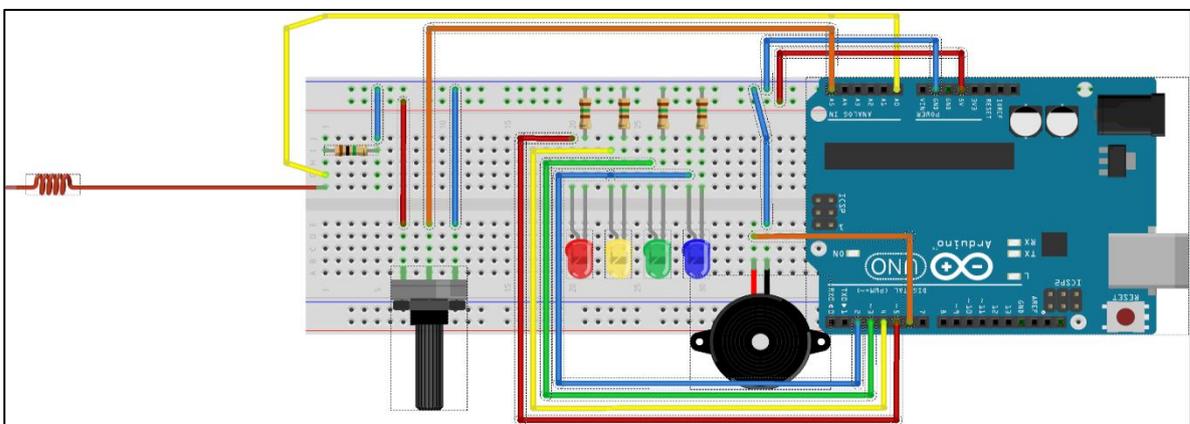
contendo pontas rígidas e condutoras para facilitação no processo de conexão nos orifícios. Essa necessidade se apresenta quando se precisa estender a distância entre as linhas do protoboard, seja pela limitação de orifícios disponíveis para uma mesma série ou por impossibilidades de conexões devido o encapsulamento (formato) dos componentes.

Quanto às limitações, temos que tipicamente não é recomendado aplicações cujas correntes ultrapassem 1A tal como tensões maiores que 12V. Além disso também não é muito recomendado o uso de componentes cujo os terminais sejam mais largos que os orifícios do protoboard devido a possibilidade de acarretar em curto circuito e danos à mesma.

### 5.2.2 Montagem do Circuito

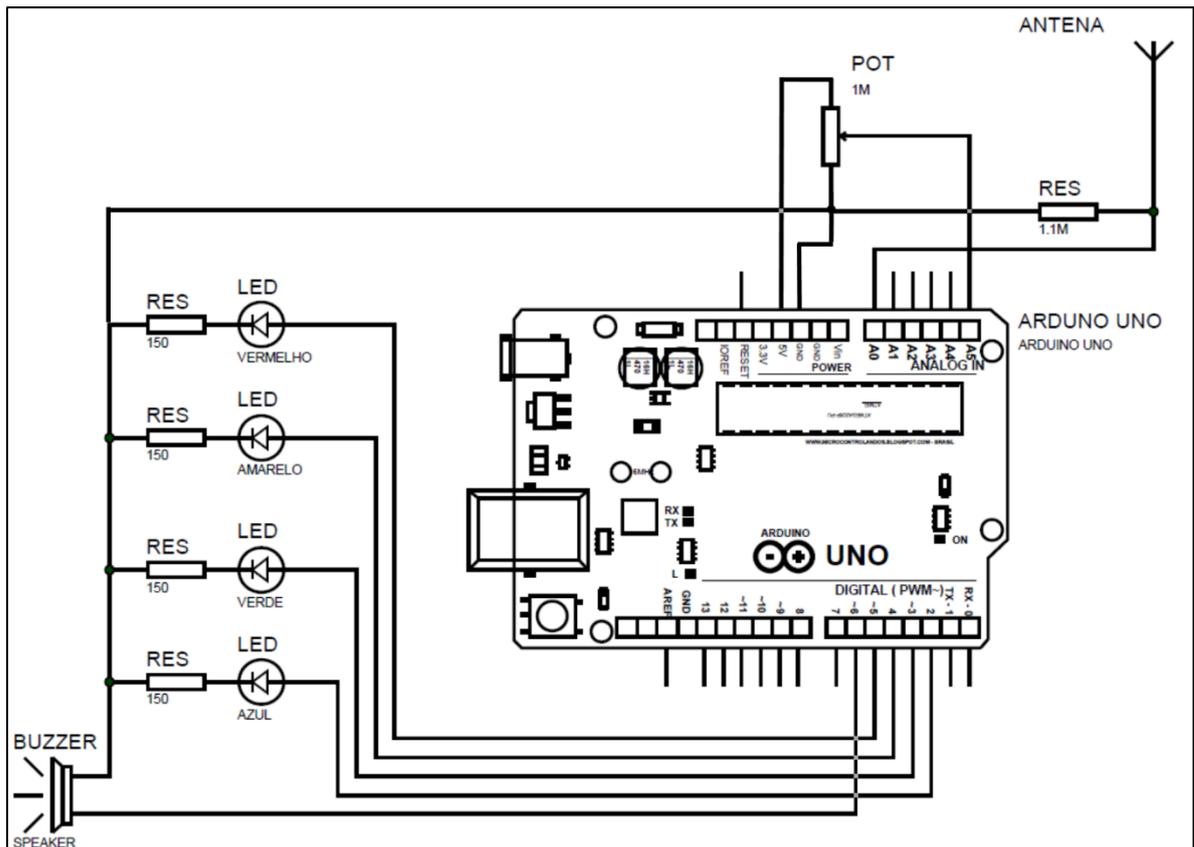
Na figura 5.3, logo abaixo, se encontra uma ilustração do circuito montado, porém, é muito provável que a visualização de alguns detalhes, como o posicionamento correto dos terminais, seja um pouco imprecisa, sendo assim, foi elaborado um esquemático mais técnico disponível na figura 5.4 proporcionando uma melhor e mais precisa visualização do esquemático.

Figura 5.3 – Representação do circuito montado



Fonte: Elaborado pelo autor com o programa Fritzing.

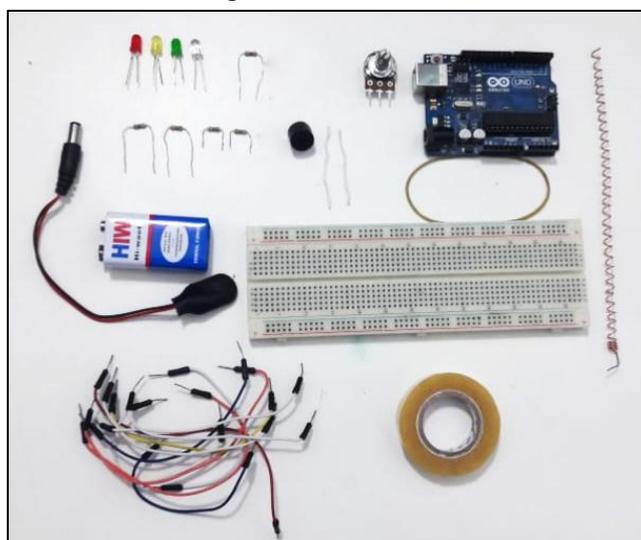
Figura 5.4 – Esquemática do eletroscópio



Fonte: Elaborado pelo autor com o programa ISIS Protheus.

Para a montagem primeiramente é recomendado reunir todos os materiais que serão utilizados (Figura 5.5) para evitar interrupções no processo montagem,

Figura 5.5 – Materiais



Fonte: Fotografada pelo autor.

prevenindo erros. Em seguida, é necessário preparar a antena; devido ela ser esmaltada é preciso raspar a extremidade que será conectada ao protoboard. Com relação ao formato e comprimento da antena, essa pode ser usada em formato espiral ou reta, foi escolhido usá-la em formato espiral neste trabalho apenas por fins estéticos; já com relação ao comprimento, algo próximo a 20 cm é o bastante. Posteriormente, fixamos o Arduino ao *protoboard* com o auxílio do elástico. Agora, por meio de dois jumpers, distribuímos energia para o protoboard conectando a porta “GND” do Arduino à coluna “-“ do protoboard e a porta “5V” do Arduino à coluna “+” do protoboard. A partir de agora todas as duas colunas de alimentação se encontram prontas para fornecer diferença de potencial (DDP) para o circuito. Dando continuidade, conectamos a antena em uma das extremidades do protoboard e a conectamos em série com o resistor de 1,1 M $\Omega$ . A outra extremidade do resistor deve ser ligada à coluna negativa do protoboard. Na mesma linha de ligação da antena ao resistor, conectamos uma das pontes de um jumper, e sua outra extremidade, à porta “a0” do Arduino. Em seguida, colocamos o potenciômetro na protoboard de acordo com o observado na figura 5.3 e o submetemos a uma DDP conectando um dos terminais da extremidade à coluna positiva da protoboard por meio de jumpers e o outro terminal da extremidade oposta à coluna negativa da protoboard. Agora ligamos, novamente por meio de jumper, o terminal central do potenciômetro à porta “a5” do Arduino. O próximo passo agora consiste em conectar os LEDs de acordo com a figura 5.3; as cores são opcionais. Cada um dos quatro LEDs devem ter seus terminais negativos (terminais de menores comprimentos) ligados à coluna negativa de alimentação por meio de resistores de 150 $\Omega$ , ou seja, em série com esses resistores. Quanto aos terminais positivos dos LEDs, esses devem ser ligados em sequência às portas digitais do Arduino sendo o LEDs ligado à porta “d2” e assim por diante. Por fim, resta ligar o terminal negativo (de menor comprimento) da campainha (buzzer) à coluna negativa de alimentação e o outro terminal à porta “d6” do Arduino. A critério de organização, podemos usar os arames para amarrar os fios.

Observação: Este eletroscópio não apresenta bom funcionamento quando ligado a fontes de tensão que são alimentadas pela rede doméstica de energia ou proveniente de correntes alternadas devido ruídos provenientes de instabilidades tal como o fenômeno de autoindutância presente nos circuitos retificadores de energia,

que tem como função transformar corrente alternada em corrente contínua. Sendo assim, é necessário usar baterias de 7 à 9V para alimentar o circuito.

Em continuidade, será demonstrado no próximo tópico como fazer o *upload* (carregamento) da programação para o Arduino por meio do computador além do *download* (descarga) e instalação do IDE (ambiente de desenvolvimento) para o Arduino no computador.

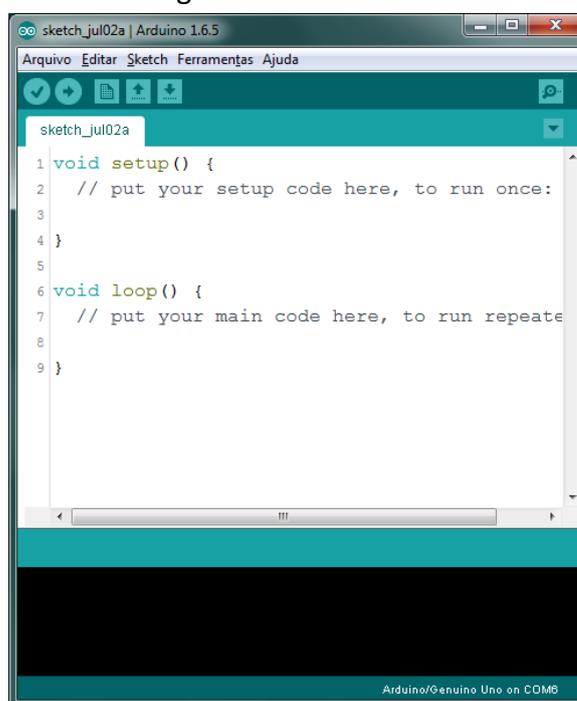
### 5.2.3 Instalação do IDE e upload da programação

A interface IDE (*integrated development environment*, ou ambiente de desenvolvimento integrado, em português) consiste em uma interface para escrita, correção e compilação, entre outras diversas características inerentes a uma determinada tecnologia de desenvolvimento no contexto da tecnologia da informação.

A plataforma Arduino possui seu próprio IDE e pode ser obtido gratuitamente pelo endereço eletrônico: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. Uma vez dentro do site, é necessário selecionar o sistema operacional que será usado para executar o IDE e seguir os passos. Após o download estar completo, basta abrir o arquivo executável e seguir as instruções para instalação.

Na figura 5.6 podemos observar a aparência do IDE na sua versão 1.6.5. É sempre recomendado ao leitor usar as versões mais recentes do IDE devido correções de instabilidades do sistema e atualizações, porém isso não é necessário; qualquer versão do software possibilitará a execução do proposto por esse trabalho. Para fazer o *upload* da programação para o micro controlador do Arduino, é necessário copiar o código,

Figura 5.6 – IDE Arduino.



Fonte – Print screen capturado pelo autor.

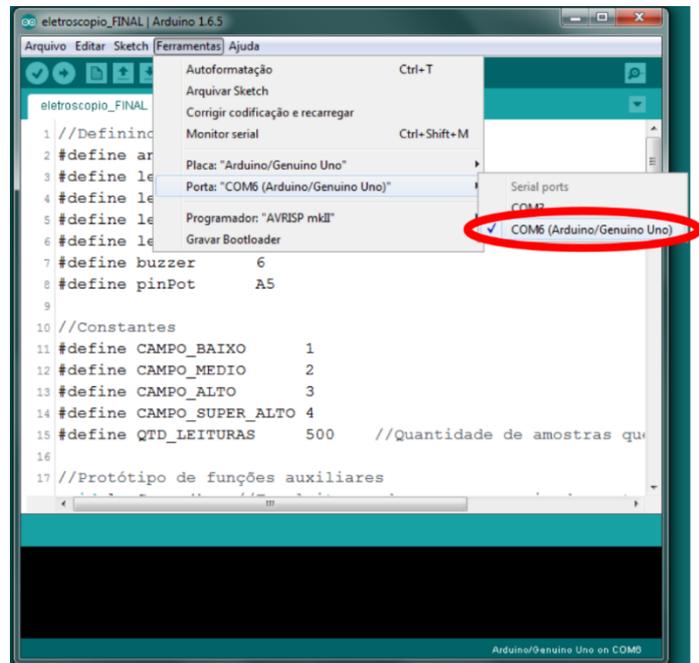
mais conhecido como *sketch*, presente no apêndice A, para o IDE. Uma observação importante consiste em lembrar-se de apagar o código que já vem pré-editado ao abrir o IDE, ou seja, antes de copiar o código, o leitor deve apagar as informações contidas entre as linhas 1 e 9, tomando como base a figura 5.6. Uma versão digital do sketch já pronta para ser compilada, se encontra disponível no endereço eletrônico:

[https://drive.google.com/file/d/1Npv4QEBmoINNO7-](https://drive.google.com/file/d/1Npv4QEBmoINNO7-KZoGE9xnJ0VsqrTA3/view)

[KZoGE9xnJ0VsqrTA3/view](https://drive.google.com/file/d/1Npv4QEBmoINNO7-KZoGE9xnJ0VsqrTA3/view). Depois de feita a cópia ou abertura do *sketch*, devemos conectar o Arduino por meio de um cabo USB a qualquer porta USB do computador, posteriormente, verificamos se o IDE reconheceu a placa por meio do *menu* Ferramentas e conforme a figura 5.7. Depois de conectado e verificado o reconhecimento da placa, podemos clicar no botão carregar, de acordo com a figura 5.8, e aguardar a compilação e carregamento do *sketch*. Quando o processador estiver finalizado, aparecerá a palavra “Carregado” na parte inferior da tela.

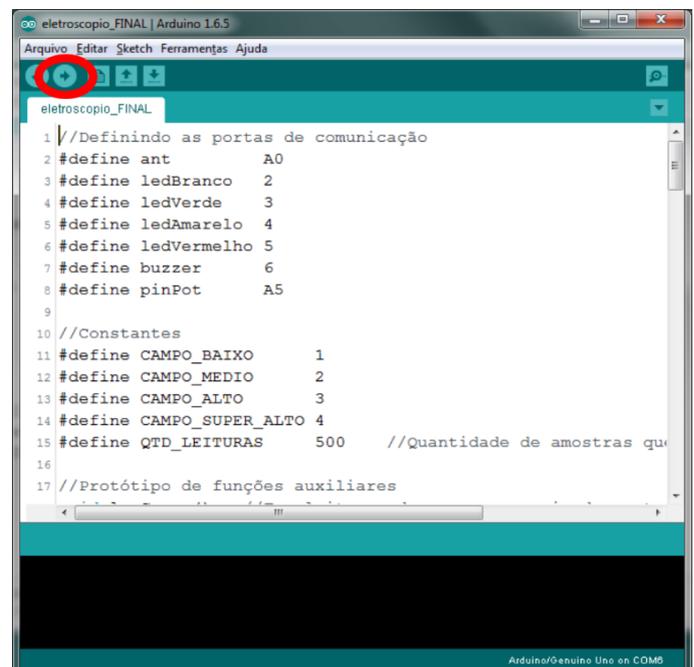
Outra observação útil para o leitor que irá copiar manualmente o *sketch* presente no anexo consiste

Figura 5.7 – Arduino reconhecido pelo IDE.



Fonte – Print screen capturado pelo autor.

Figura 5.8 – Botão carregar do Arduino.



Fonte: Print screen capturado pelo autor.

em ser desnecessário transcrever as partes do código que vem precedida de “*barra*” (//), pois todas as instruções que aparecem após as barras são apenas comentários e tem como finalidade orientar o leitor do código sobre o funcionamento do mesmo, ou seja, sobre a função que cada parte deste desempenha no programa. Após os passos apresentados anteriormente, deve-se desconectar o arduino do computador e alimenta-lo por bateria.

## **6 SEQUÊNCIA DE ENSINO**

Em um primeiro momento pode ser interessante usar essa ferramenta de forma lúdica para aguçar a curiosidade dos alunos e fazer com que eles levantem hipóteses sobre o que está sendo observado.

Portanto, a criação de situações de desafio entre o aluno e o objeto da aprendizagem é relevante, pois isto lhe dará a percepção da diferença entre o que ele sabe e o conteúdo a ser aprendido. Quando esta situação ocorre, o educando sente-se atraído pela possibilidade de se apropriar daquele conhecimento que lhe é apresentado no ensino. A existência de uma estratégia motivadora leva o educando a agir e se interessar pela matéria, pois esta lhe desperta a curiosidade de descobrir e o desejo de se apropriar de novos saberes (SANTOS, 2015, P. 8).

Como foi dito, despertar curiosidade e promover debates em sala de aula, insere os alunos no processo de aprendizagem de forma mais ativa e menos passiva. Dessa maneira os alunos sentem a importância dos seus pontos de vista sobre o assunto discutido e ficam mais estimulados a aprender e contribuir com discussão.

Essa metodologia se faz relevante tendo em vista que a aprendizagem contribui para o desenvolvimento dos alunos apenas quando eles são capazes de elaborar, dentro de si, uma representação pessoal sobre o objeto estudado e não quando apenas copiam ou reproduzem os conhecimentos, ou seja, é importante que os professores busquem estratégias que instiguem os alunos a construírem suas próprias representações sobre o que está sendo estudado (COLL, 2009).

Quando o levantamento de hipóteses cessarem, podem-se fazer pequenas discursões a fim de ajustar as possíveis incoerências nas explicações fornecidas pelos alunos com relação à literatura, porém, com cautela, pois é necessário levar

sempre em consideração a linha de pensamento do aluno porque embora possa haver algumas incoerências no que é dito, esses detalhes devem ser tratados de forma delicada sem causar sentimento de desmotivação nos alunos. Em um processo onde a construção do conhecimento se dá em uma via de mão dupla (onde professor e alunos constroem o aprendizado juntos), não há certo ou errado; o que há são pontos de vista baseados em experiências e estados de maturação diferentes. Da mesma maneira que o professor não é o detentor do conhecimento o aluno também não é.

Algumas abordagens que podem ser aplicadas em salas de aula consistem em usar o eletroscópio proposto, com o objetivo de identificar a presença de campos eletrostáticos em equipamentos eletroeletrônicos presentes no dia a dia dos alunos, partindo do ponto de vista do conhecido psicólogo David Ausubel (1918-2008) (MOREIRA, 1999), que argumentava a importância da contextualização dos conteúdos para a construção do aprendizado, associando-os a conhecimentos e experiências familiares aos alunos, ajudando-os no processo de aprendizagem. Este trabalho pode ser usado como exemplo prático da contextualização nesse sentido, ou seja, através do eletroscópio proposto é possível promover a visualização de um fenômeno abstrato, que a primeira vista, geralmente é de difícil compreensão, ou seja, campos eletrostáticos. Alguns objetos que são facilmente encontrados em salas de aula e podem ser usados para o levantamento de discussões sobre conceitos de eletrostática usando o eletroscópio proposto são: lâmpadas fluorescentes; ar-condicionados; ventiladores; computadores; projetores; televisores e monitores CRT (*Cathode-ray Tube*, ou Tubo de Raios Catódicos em português), entre outros. A grande maioria dos equipamentos que funcionam com eletricidade produzem campos eletrostáticos detectáveis pelo aparato, de modo que não há um limite de aplicações determinado.

Questionamentos do tipo “*por que uma lâmpada fluorescente apresenta uma maior intensidade na leitura do eletroscópio quando comparada com uma lâmpada incandescente?*” podem ser uma porta de entrada para diversos outros conceitos da física, que, embora às vezes possam fugir um pouco do contexto específico abordado, contribuem para a chamada aprendizagem significativa dos alunos, tendo em vista que ao observar e investigar fenômenos relacionando-os com o dia a dia dos alunos, diversos conhecimentos prévios são acionados trazendo novos

significados a conhecimentos antigos, os solidificando, e formando novos conhecimentos (MOREIRA, 1999).

### 6.1 Investigar campos eletrostáticos em equipamentos do dia a dia

As figuras 6.1, 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5 a seguir ilustram o eletroscópio sendo aproximado a uma lâmpada fluorescente. Como se pode constatar nas figuras, o número de LEDs acesos vai aumentando conforme a distância entre o aparato e a lâmpada diminui. Como foi dito anteriormente, além do acendimento dos LEDs, efeitos sonoros diferentes são emitidos à medida que a intensidade do campo detectada aumenta ou diminui.

Figura 6.1– Eletroscópio sem detectar a presença de campo eletrostático.



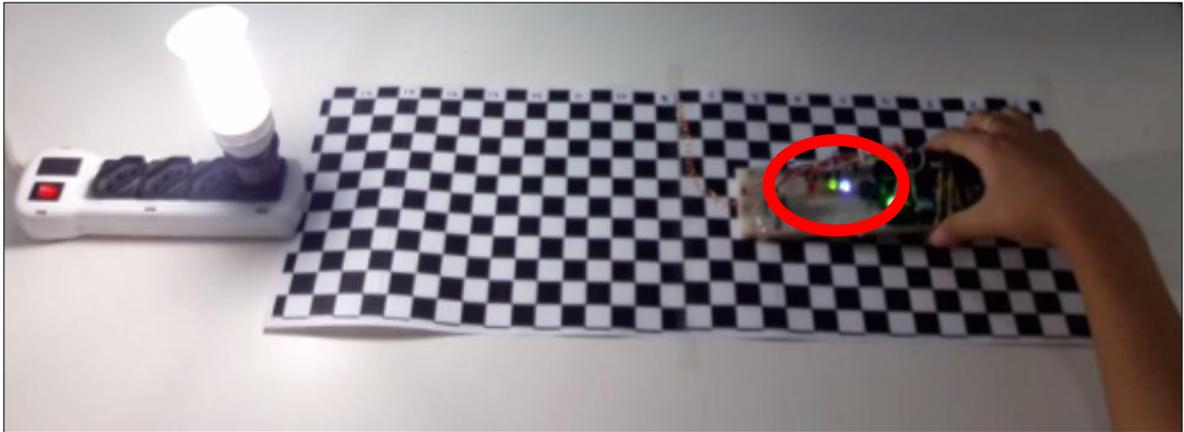
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6.2 – Eletroscópio indicando o primeiro nível de detecção



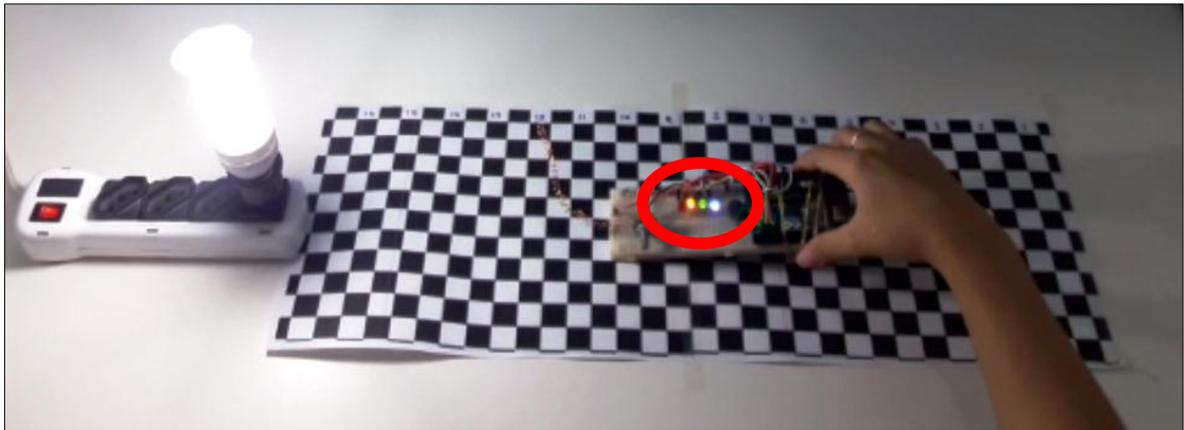
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6.3 – Eletroscópio indicando o segundo nível de detecção



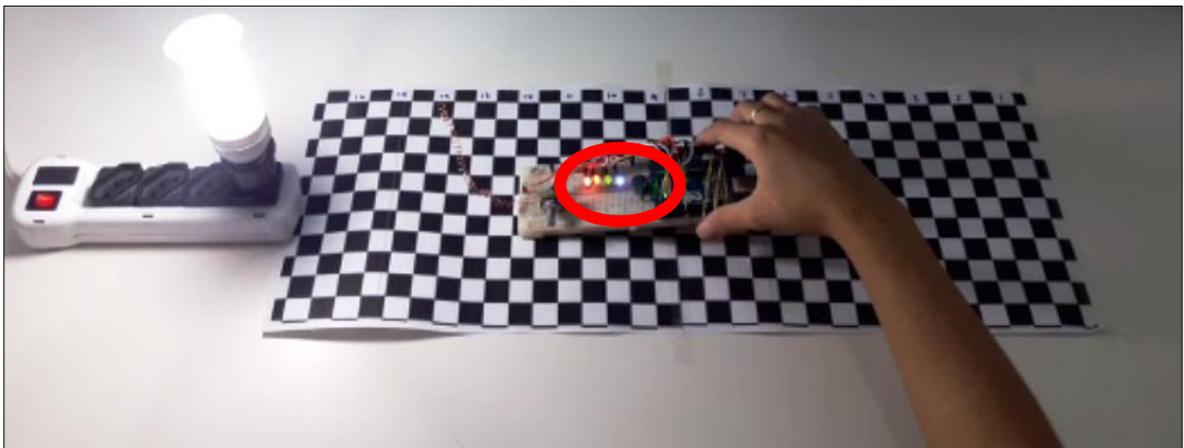
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6.4 – Eletroscópio indicando o terceiro nível de detecção.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6.5 – Eletroscópio indicando o nível mais alto de detecção.



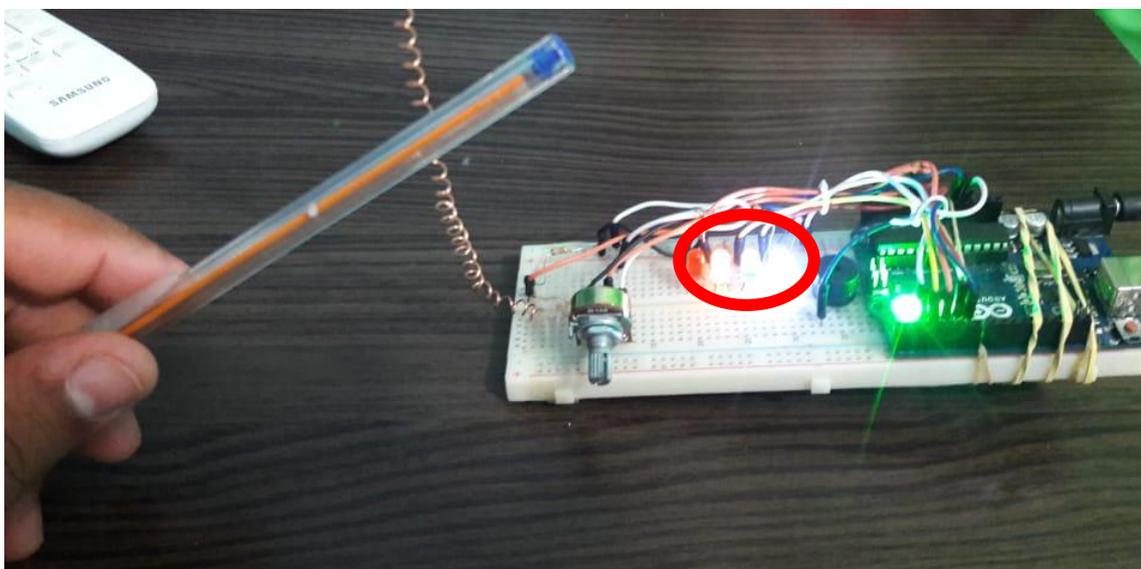
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 6.2 Investigar os processos de eletrização

Por meio deste eletroscópio, as demonstrações dos conceitos de eletrização de corpos por atrito, contato e indução ficam visíveis e audíveis de modo que muitas conclusões podem ser construídas com os alunos ao reproduzir alguns experimentos básicos.

É muito comum nos livros didáticos, pequenos roteiros de experimentação onde canetas ou régulas de acrílico são atritadas aos cabelos dos alunos ou ao tecido de suas roupas. Posteriormente, é mostrado que esses objetos atritados são capazes de atrair pequenos pedacinhos de papel entre outras pequenas partículas. Esses experimentos tem a finalidade de demonstrar os fenômenos de atração ou repulsão mutua entre corpos carregados e com base nisso são estudados conceitos

Figura 6.6: Eletroscópio detectando o campo elétrico de uma caneta



Fonte: Elaborado pelo autor.

fundamentais sobre campos elétricos. No entanto, a abstração do que venha a ser um campo elétrico, usando como recurso didático essas demonstrações, fica um tanto limitada no que diz respeito à visualização do fenômeno assim como na gama de conceitos que podem ser discutidos a partir das observações. Sendo assim, o eletroscópio desenvolvido aqui, se torna muito útil na observação de tais conceitos por meio de sua indicação luminosa. Na figura 6.6 está ilustrado, como exemplo, o eletroscópio detectando uma caneta, eletrizada por atrito, sendo aproximada a ele. Sendo assim, diversos experimentos, dentre eles os contidos nos livros didáticos

como foi citado logo acima, podem ser reproduzidos usando o eletroscópio, a fim de verificar os conceitos estudados.

Por meio do ajuste de sensibilidade, é possível detectar desde campos elétricos bem fracos como os de uma régua atritada, até alguns bem fortes como os produzidos por um gerador de Van Der Graaf.

Eletrizações por contato e indução eletrostática também são visíveis pelo eletroscópio e pode ser usado para estudar materiais condutores e isolantes por exemplo. É interessante adaptar o que foi discutido no item 6.6 acima, ao estudo desses conceitos sobre eletrização. Vale sempre ressaltar que uma ferramenta didática inovadora não produz os efeitos esperados se não for bem explorada.

### 6.3 Fenômeno da blindagem eletrostática e gaiola de Faraday

Devido a abundante quantidade de elétrons livres presente em materiais condutores, as cargas desse condutor podem ter sua distribuição facilmente modificada sob a influência de campos elétricos, ou seja, dado um campo eletrostático nas proximidades de um condutor, temos que esse condutor tende a sofrer uma polarização (GRIFFITHS, 2011). Podemos entender polarização como a

Figura 6.7: Folha metálica entre o gerador de cargas e o eletroscópio. Nenhum campo é detectado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

redistribuição das cargas de um corpo por indução, formando um dipolo elétrico (NUSSENZVEIG, 1997).

Tal fenômeno pode ser verificado pelo eletroscópio e explorado em sala de aula, colocando uma folha de material condutor como papel alumínio, por exemplo, entre um corpo carregado (no exemplo mostrado na figura 6.7, foi usado um gerador de Van Der Graaf) e a antena do eletroscópio. É esperado que nenhum campo eletrostático seja detectado. Esse fenômeno ocorre devido ao que foi explicado no parágrafo anterior, de modo que o lado da folha virada para o corpo carregado cria um acúmulo e cargas de sinal contrário, anulando o campo eletrostático no lado oposto (ASSIS, 2018).

Por outro lado, se for removida a folha condutora da região entre o corpo carregado e o eletroscópio (Fig. 6.8), o campo eletrostático é rapidamente detectado.

Outra maneira de verificar o fenômeno citado consiste em construir uma gaiola de Faraday. Para isso basta revestir com papel alumínio o interior de uma caixa fechada, colocando no interior dela o eletroscópio. Posteriormente deve-se aproximar a caixa de um campo eletrostático. Tendo em vista que o eletroscópio emite efeitos sonoros, pode-se apenas ouvir se haverá detecção de campo

Figura 6.8: Eletroscópio detectando o campo elétrico após remoção da folha



Fonte: Elaborado pelo autor.

eletrostático no interior da caixa.

De acordo com os testes realizados pelo autor, tal como a literatura sobre o assunto, espera-se que, nenhum campo seja detectado. Esse fenômeno mostra que o excesso de cargas elétricas distribuídas sobre a superfície de um corpo fechado em equilíbrio eletrostático se mantem apenas na superfície exterior do corpo (SAMPAIO, 2016).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, esperamos que esse trabalho seja uma alternativa para que os profissionais de educação possam usá-lo como base ou inspiração visando sempre levar a experimentações para sala de aula, buscando melhorar a qualidade de ensino para os alunos.

O mundo como um todo, tem evoluído cada vez mais rápido. As informações, comunicações, os avanços tecnológicos parecem não ter mais limites, porém não é preciso muito para notar que a maior parcela das pessoas não está acompanhando esse crescimento. É preciso trabalhar incessantemente na construção de metodologias para formação de pessoas críticas e comprometidas com o progresso pessoal e comum à sociedade. A escola é o lugar ideal para esta conquista.

Este trabalho consiste em uma ferramenta para o aprendizado, não apenas sobre conceitos relacionados à eletrostática, mas sim, uma janela para um campo em ascensão de ideias por parte de professores e alunos, a fim de aplicar todo e qualquer recurso disponível, visando à construção do conhecimento em busca de um futuro melhor.

Com o eletroscópio desenvolvido aqui, alguns conceitos e fenômenos sobre eletrostática pôde ser visualizado e interpretado de uma maneira diferenciada e provavelmente mais intuitiva. As informações a partir do que foi observado podem se relacionar com concepções e experiências comuns do nosso dia a dia agregando maior sentido e compreensão ao que é estudado. Sendo assim, podemos notar que ao buscar maneiras de aproximar novos conceitos aos conceitos que já são familiares aos alunos, na maioria das vezes contribui positivamente para o aprendizado (MOREIRA, 1999); e é justamente isso que o trabalho: Eletroscópio com Arduino para o Ensino de Eletrostática busca oferecer.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, A. K. T. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. Montreal, 2018.

AZEVEDO, F. **Manifesto Dos Pioneiros Da Educação Nova (1932) E Dos Educadores (1959)**. Recife, 2010.

CARVALHO, A. M. P.; RICARDO, E. C. et al. **Coleção Idéias em Ação: Ensino de Física**. São Paulo, 2011.

COLL, C. *et al.* **O construtivismo na sala de aula**. Tradução: Cláudia Schilling. São Paulo, 2009.

**ESTUDO revela falta de estrutura em escolas brasileiras**. Produção de Jalília Messias. 2015, 2:30 min. Disponível em: < <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/09/estudo-revela-falta-de-estrutura-em-escolas-brasileiras.html>>. Acesso em 01 ago. 2018.

FERNANDES, S. G. P. **Algumas considerações sobre o ensino de Física no Brasil e seus reflexos na formação de professores**. Bauru, 1997 Vol. 18.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília, 1997.

FREITAS, G. L.; HALMENSCHLAGER, K. R. **ABORDAGEM DE TEMAS NO ENSINO DE FÍSICA: O CORPO HUMANO COMO TEMÁTICA CONTEXTUALIZADORA**. Caçapava do Sul, 2014.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo, 2014.

GRIFFITHS, D. J. **Eletrodinâmica. 3. ed.** São Paulo, Pearson Education, 2011.

MARTINAZZO, C. A.; TRENTIN, D. S.; FERRARI, D.; PIAIA, M. M. **Arduino: uma tecnologia no Ensino de física**. Erechim, 2014.

MEDEIROS, A. **As origens históricas do eletroscópio**. Recife, 2002.

MOREIRA, A. M. **A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel**. São Paulo, 1999.

MORAIS, R. **A Natureza da Eletricidade (Uma Breve História)**, Rio de Janeiro, 2014.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. **Física com Arduino para iniciantes**. São Paulo, 2011.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 3 - Eletromagnetismo**. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 1997. v. 3.

PEDROSO, C. V. **Uma década de pesquisa sobre atividades experimentais na educação em ciências: memórias e realidade**, XI Congresso Nacional de Educação – EDUCERE. São Paulo, 2009.

PEREIRA, G. Fique por Dentro, **Cresce a luta contra o corte de verbas na educação**, Vitória, maio 2015. Nº 49.

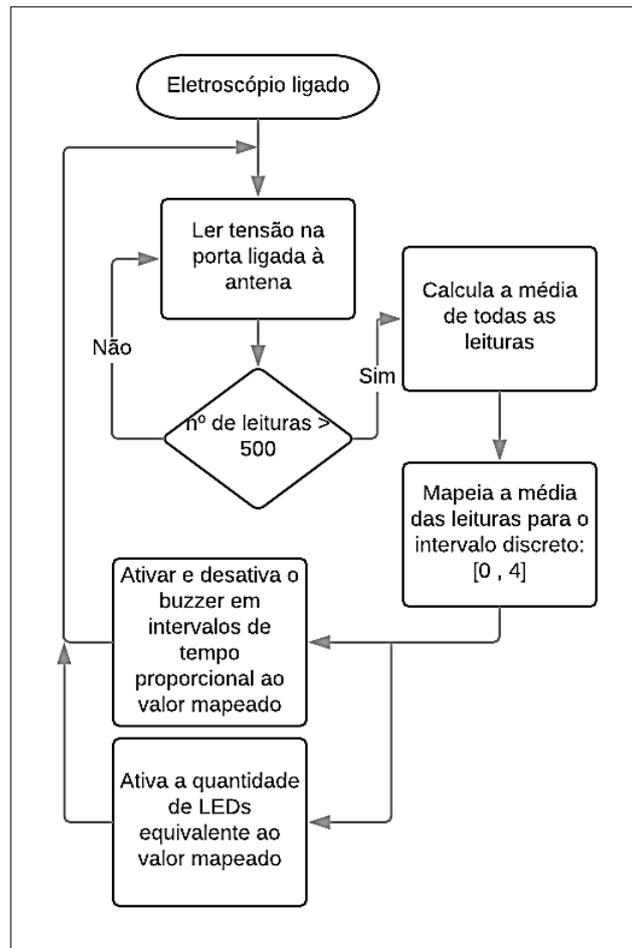
SANTOS, J. A. **Instrumentação eletrônica com Arduino aplicada ao ensino de física**. Recife, 2015.

SAMPAIO, T. S. A. M. **O eletroscópio com transistor de efeito de campo: Uma proposta para demonstração de fenômenos de eletrostática**. Salgueiro, 2016.

SOUZA, C. J. M. **O arduino e o Visual Basic como recursos didáticos na prática experimental para o ensino de eletrostática e primeira lei de Ohm**. Maceió, 2017.

## APENDICE A – Fluxograma de Funcionamento e Sketch

Fluxograma de funcionamento do programa



Fonte: Elaborado pelo autor.

Segue-se o *sketch* do eletroscópio com as instruções lógicas para o Arduino. Uma versão digital do *sketch* já pronta para ser compilada, se encontra disponível no endereço eletrônico: <https://drive.google.com/file/d/1Npv4QEBmoINNO7-KZoGE9xnJ0VsqrTA3/view>.

```

#define ant      A0           //Definindo as portas de ativação dos LEDs, buzzer e antena

#define ledBranco 2

#define ledVerde  3

#define ledAmarelo 4

#define ledVermelho 5
  
```

```
#define buzzer    6

#define pinPot    A5

#define CAMPO_NULO    0           //Definindo constantes
#define CAMPO_BAIXO    1
#define CAMPO_MEDIO    2
#define CAMPO_ALTO    3
#define CAMPO_SUPER_ALTO 4

#define QTD_LEITURAS    500       //Quantidade de amostras que o arduino
capturará

//Protótipo de funções auxiliares

void lerCampo();                //Faz leituras do campo por meio da porta analógica
void leds();                    //Aciona os LED's com base nos valores lidos
void efeitoSonoro();           //Aciona o buzzer com base nos valores lidos

//Variaveis Globais

int leituras[QTD_LEITURAS];    //Variável para armazenamento de amostras de leituras
unsigned long somaDasLeituras = 0;
int leituraMedia = 0;          //Armazena a média das leituras
byte nivellIntensidade = 0;    //Guarda o valor de intensidade instantânea
int pot = 0;                   //Guarda valor de leitura do potenciômetro
unsigned long anteriorMillis = 0; //Guarda valor de tempo
int intervalo = 0;            //Guarda intervalo de tempo do efeito sonoro
int estadoBuzzer = LOW;       //Guarda Estado do buzzer

//Inicializações. Função para configuração inicial do programa
```



```
somaDasLeituras = 0;
}

//Função para controle dos LEDs
void leds() {
  if (nivelIntensidade == CAMPO_NULO) { //Desliga todos os LEDs
    intervalo = 400;
    digitalWrite(ledBranco, LOW);
    digitalWrite(ledBranco, LOW);
    digitalWrite(ledVerde, LOW);
    digitalWrite(ledAmarelo, LOW);
    digitalWrite(ledVermelho, LOW);
  }

  if (nivelIntensidade == CAMPO_BAIXO) { //Se verdadeiro, excute...
    intervalo = 200; //Duração do sinal sonoro em mili segundos
    digitalWrite(ledBranco, HIGH); //Liga o respectivo LED
  } else { //Se não for verdadeiro, excute...
    digitalWrite(ledBranco, LOW); //Desliga o respectivo LED
    digitalWrite(ledVerde, LOW);
    digitalWrite(ledAmarelo, LOW);
    digitalWrite(ledVermelho, LOW);
  }

  if (nivelIntensidade == CAMPO_MEDIO) { //Semelhante a descrição anterior
    intervalo = 150;
    digitalWrite(ledBranco, HIGH);
```

```
digitalWrite(ledVerde, HIGH);
} else {
digitalWrite(ledVerde, LOW);
digitalWrite(ledAmarelo, LOW);
digitalWrite(ledVermelho, LOW);
}
if (niveIntensidade == CAMPO_ALTO) { //Semelhante a descrição anterior
intervalo = 150;
intervalo = 100;
digitalWrite(ledBranco, HIGH);
digitalWrite(ledVerde, HIGH);
digitalWrite(ledAmarelo, HIGH);
} else {
digitalWrite(ledAmarelo, LOW);
digitalWrite(ledVermelho, LOW);
}

if (niveIntensidade == CAMPO_SUPER_ALTO) { //Semelhante a descrição anterior
intervalo = 150;
intervalo = 50;
digitalWrite(ledBranco, HIGH);
digitalWrite(ledVerde, HIGH);
digitalWrite(ledAmarelo, HIGH);
digitalWrite(ledVermelho, HIGH);
} else {
digitalWrite(ledVermelho, LOW);
}
}
```

```
}  
  
//Função de controle do efeito sonoro  
void efeitoSonoro() {  
    unsigned long atualMillis = millis();        //Guarda tempo de execução do programa  
    if (atualMillis - anteriorMillis > intervalo) { //Compara variáveis  
        anteriorMillis = atualMillis;  
        if (estadoBuzzer == LOW)                //Define estado do buzzer  
            estadoBuzzer = HIGH;  
        else  
            estadoBuzzer = LOW;  
        digitalWrite(buzzer, estadoBuzzer);    //Liga ou desliga o buzzer  
    }  
}
```