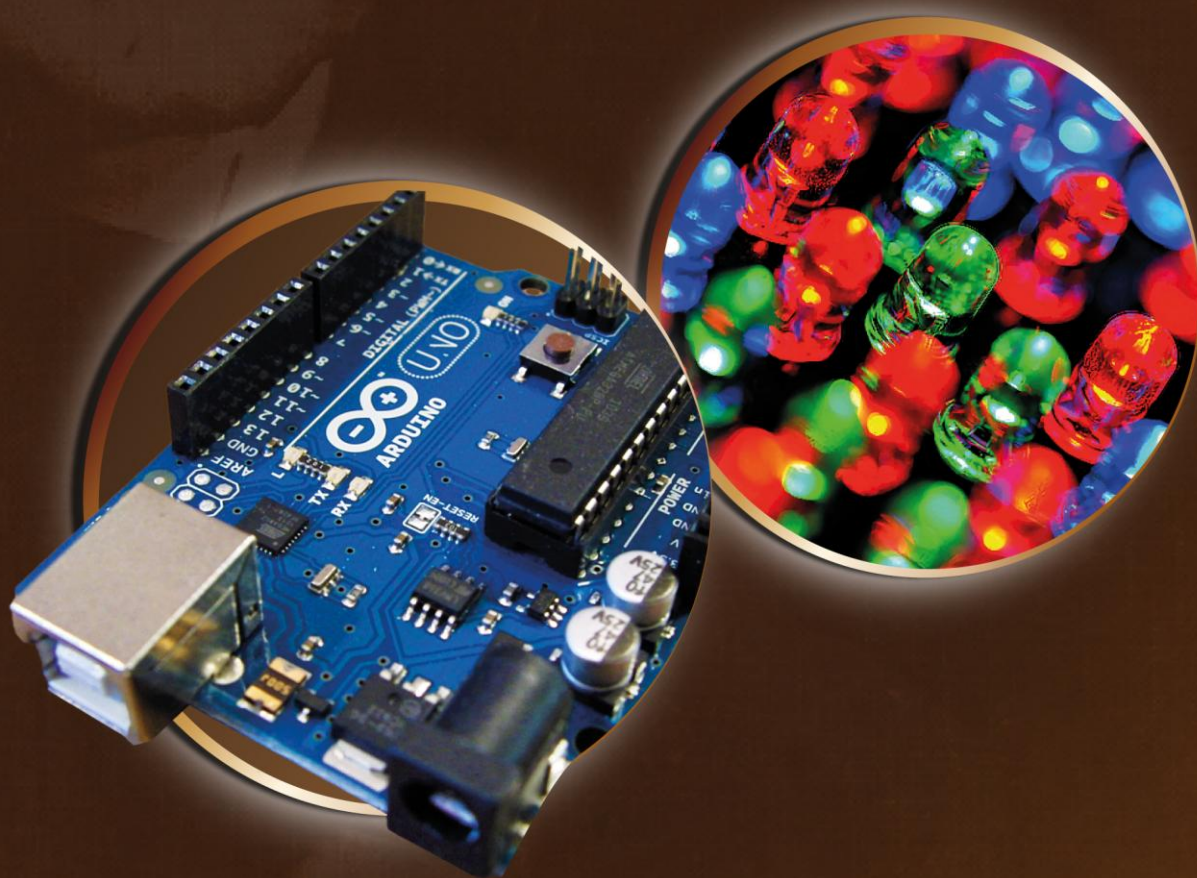


PRODUTO EDUCACIONAL

# EXPERIMENTO DE FÍSICA MODERNA COM LED E ARDUINO



JOSÉ WELITON BASSI DA SILVA



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE-UFAC**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA NATUREZA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**JOSÉ WELITON BASSI DA SILVA**

**PRODUTO EDUCACIONAL: EXPERIMENTO DE FÍSICA MODERNA COM  
LED E ARDUINO**

**Rio Branco - AC**  
**2020**

S586e Silva, José Weliton Bassi da, 1986 -

Produto educacional: experimento de física moderna com LED e arduino / José Weliton Bassi da Silva e Marcelo Castanheira da Silva. Rio Branco, 2020.

42 f.: il.

Produto Educacional (Mestrado) - Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza - CCBN. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática. Rio Branco, Acre, 2020.

1. Física moderna - ensino 2. Microcontrolador arduino 3. Constante de Planck I. Silva, Marcelo Castanheira da II. Título

CDD: 530

## **Título: EXPERIMENTO DE FÍSICA MODERNA COM LED E ARDUINO**

**Sinopse descritiva:** O presente trabalho tem como objetivo fornecer um material didático para que os professores possam usar em sala de aula. Trata-se de um experimento de Física Moderna que utiliza o microcontrolador Arduino, onde é possível medir o comprimento de onda e a energia de *gap* do LED, além de obter a constante de Planck. Os materiais empregados são de baixo custo e é aconselhável que se faça uma revisão de alguns conceitos físicos como difração, ondas eletromagnéticas, dentre outros, bem como apresentar noções básicas do funcionamento do Arduino.

**Autor discente: José Weliton Bassi da Silva**

**Autor docente: Marcelo Castanheira da Silva**

**Público a que se destina o produto:** Professores de Física do Ensino Médio.

**Alcance em processo de formação:** A prática experimental foi realizada em uma escola pública no município de Bujari no Estado do Acre. Participaram da pesquisa oito discentes do 3º ano do ensino médio.

## Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introdução .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>Objetivo .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>Materiais utilizados .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Metodologia .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>Montagem e execução do experimento .....</b>                              | <b>7</b>  |
| <b>Referências .....</b>   | <b>15</b> |
| <b>Apêndice A - Fundamentação Teórica .....</b>                              | <b>16</b> |
| <b>Apêndice B – Questionário avaliativo .....</b>                            | <b>33</b> |
| <b>Apêndice C – Apresentação sobre a teoria e aplicações dos conteúdos .</b> | <b>37</b> |

## **Introdução**

O uso de tecnologia na sociedade atual é cada vez mais comum, admitindo que as tecnologias da informação e comunicação estejam presentes em diversos ambientes de interação do ser humano. Na Escola não poderia ser diferente, haja vista que as tecnologias com suas ferramentas acabam por interferir e influenciar no processo de ensino e aprendizagem. O ambiente escolar não está “imune” aos efeitos dos avanços tecnológicos, como o uso do computador, do celular e as diversas mídias existentes.

O produto educacional consiste numa proposta: um material educacional para aula prática de Física para determinar a constante de Planck, a energia de ativação e o comprimento de onda, partir do uso de LEDs, em sala de aula do 3º ano do ensino médio. Para isso, foi desenvolvida uma sequência didática potencializando o diálogo e a mediação entre o professor e os alunos.

## **Objetivo**

Determinar comprimento de onda e a energia de *gap* do LED vermelho de alto brilho e a constante de Planck.

## Materiais utilizados

Listamos, no Quadro 1 os materiais necessários a execução desse projeto.

Quadro 1: Materiais empregados na execução do projeto.

| <b>Sequência</b> | <b>Materiais</b>                        | <b>Sequência</b> | <b>Materiais</b>                  |
|------------------|---|------------------|-----------------------------------|
| 1                | CD (disco compacto) velho ou novo.      | 8                | Um anteparo (pode ser uma caixa). |
| 2                | Fita.                                   | 9                | Placa Arduino.                    |
| 3                | Álcool.                                 | 10               | Potenciômetro de 10 k $\Omega$ .  |
| 4                | Régua.                                  | 11               | Resistor de 330 $\Omega$ .        |
| 5                | Papel milimetrado e papel cartão preto. | 12               | LED vermelho de alto brilho.      |
| 6                | Calculadora.                            | 13               | <i>Protoboard</i> .               |
| 7                | Prendedor de papel.                     | 14               | <i>Jumpers</i> (cabos flexíveis). |

Fonte: os autores.

## Metodologia

A atividade prática poderá ser efetuada em cinco etapas:

- I. Encaminhamento de um arquivo com textos e sugestão de vídeos (Apêndice A). Link: <https://drive.google.com/file/d/1WlQ2MPyAFoBdpupPAsEouq8qum9Tcz8U/view?usp=sharing>, sobre Ondas Eletromagnéticas e o Espectro Visível, Difração, Resistores e as Leis de Ohm, Física Quântica, Semicondutores, LED, Arduino, Protoboard e Jumpers para os participantes.
- II. Aplicação de um questionário (pré-teste) com cinco questões abertas e cinco questões fechadas sobre o conteúdo estudado (Apêndice B), no link: <https://drive.google.com/file/d/1l83pxczQUcbUQlyv8OYs54OlopOiyoVU/view>.
- III. Apresentação (Apêndice C). No link: <https://drive.google.com/file/d/1qlaXH0R-itLzhK4a8npPZqmDKm6R7iT/view>, conduzida pelo professor, sobre a teoria e aplicações dos conceitos estudados previamente e esclarecimento de dúvidas que viessem a surgir.
- IV. Realização da prática (montagem e execução do experimento). No link: <https://drive.google.com/file/d/1XEMk2ZZwoUcTmNh1lkoX2kXjte6Q2bsL/view?usp=sharing>, com a mediação do professor. Reserve duas aulas de 50 minutos em tempo corrido.
- V. Reaplicação do questionário (pós-teste) do Apêndice B.



## Montagem e execução do experimento

I) Pegue um CD e retire a película protetora usando uma fita. Em seguida limpe-o com álcool para remover a parte remanescente da cola (Figura 1).

Figura 1: Retirada de parte da película de um CD.



. Fonte: autores.

II) Coloque o prendedor de papel na borda do CD (Figura 2).

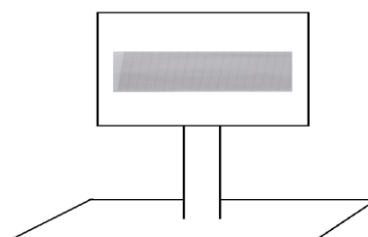
Figura 2: prendedores de papel (esquerda) e borda do CD fixa com o prendedor (direita).



Fonte: autores.

III) Cole um pedaço de papel milimetrado no anteparo conforme o exemplo da Figura 3.

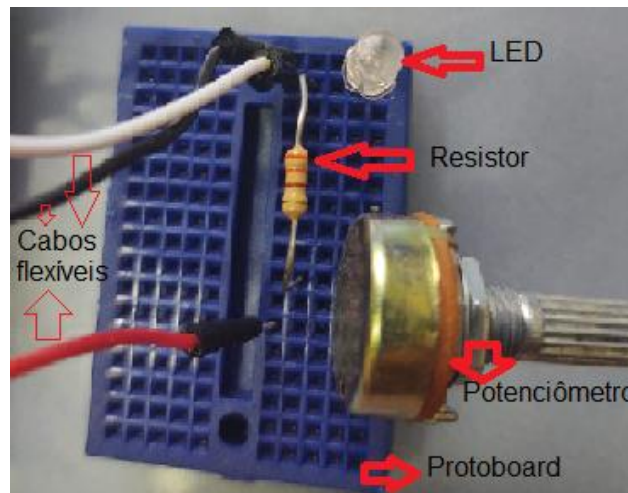
Figura 3: Suporte e anteparo com o papel milimetrado



. Fonte: autores.

IV) Conecte o LED, o potenciômetro, o resistor e os cabos flexíveis na *protoboard* (Figura 4).

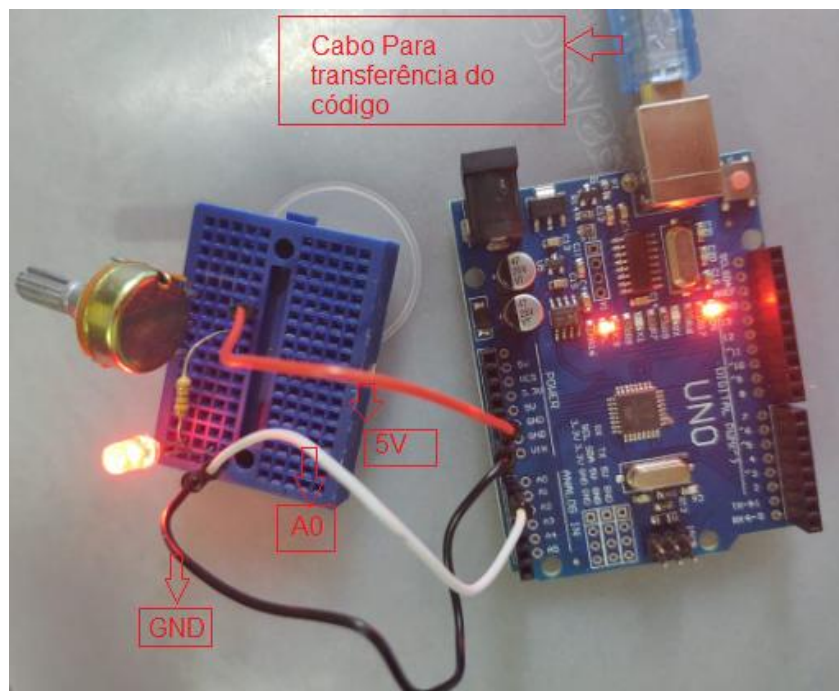
Figura 14: Montagem na *protoboard*.



Fonte: autores.

V) Ligue a montagem feita na *protoboard* no Arduino (Figura 5).

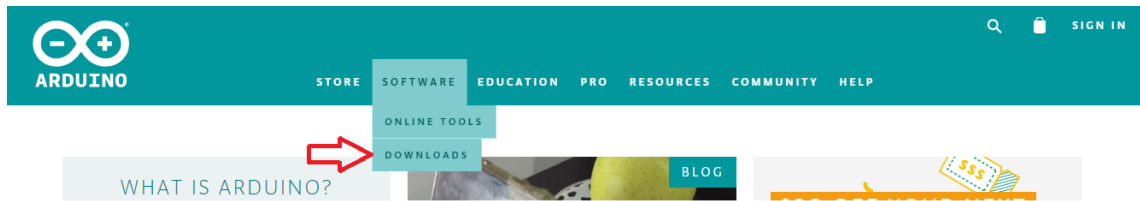
Figura 5: Montagem na protoboard conectada na placa Arduino.



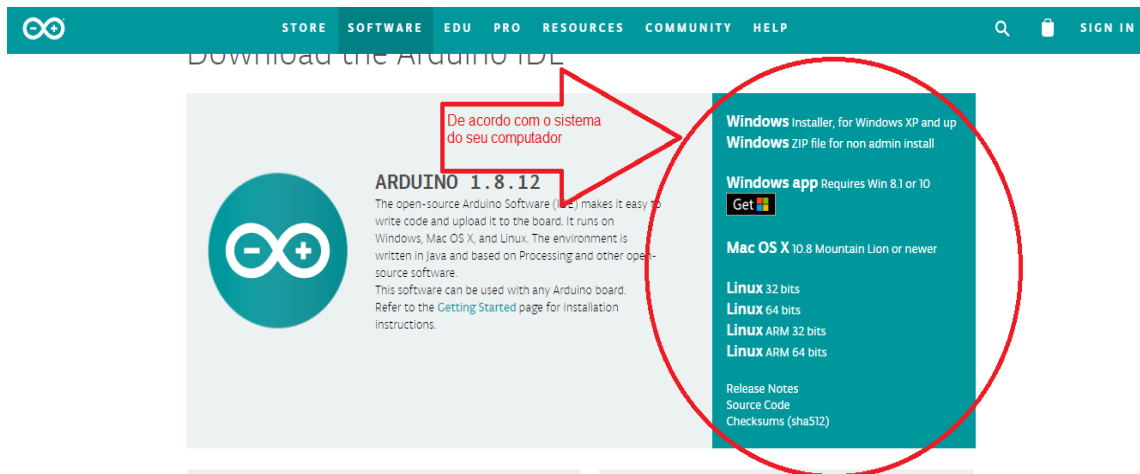
Fonte: autores.

VI) Faça o *download* do aplicativo Arduino no endereço: <https://www.arduino.cc/>. Depois siga os passos abaixo:

1º passo: clique em *Downloads*.



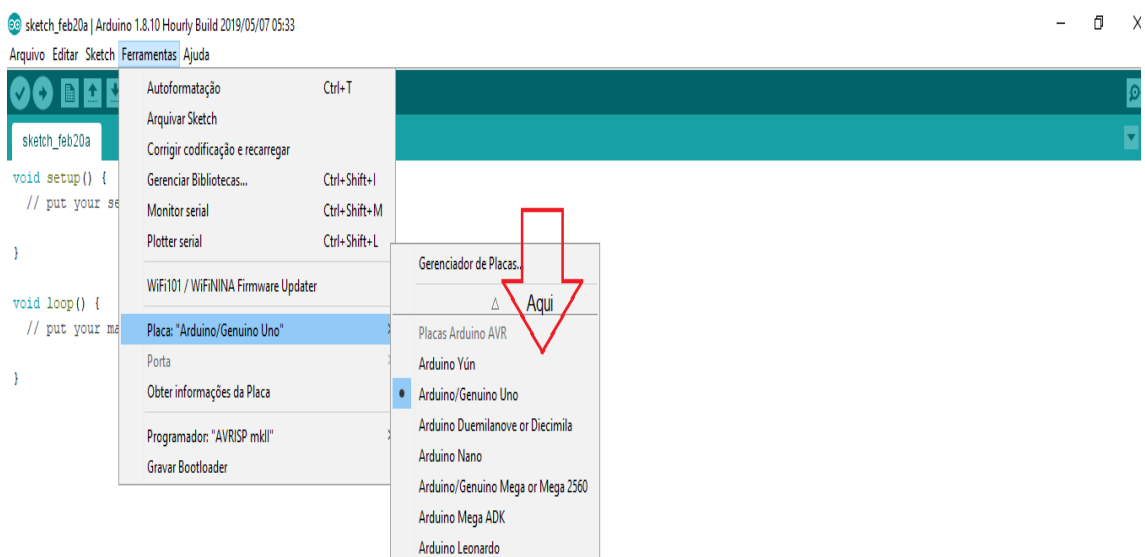
2º passo: escolha o sistema operacional.



3º passo: abra o programa na área de trabalho clicando duas vezes no ícone:



4º passo: selecione a placa que será usada.

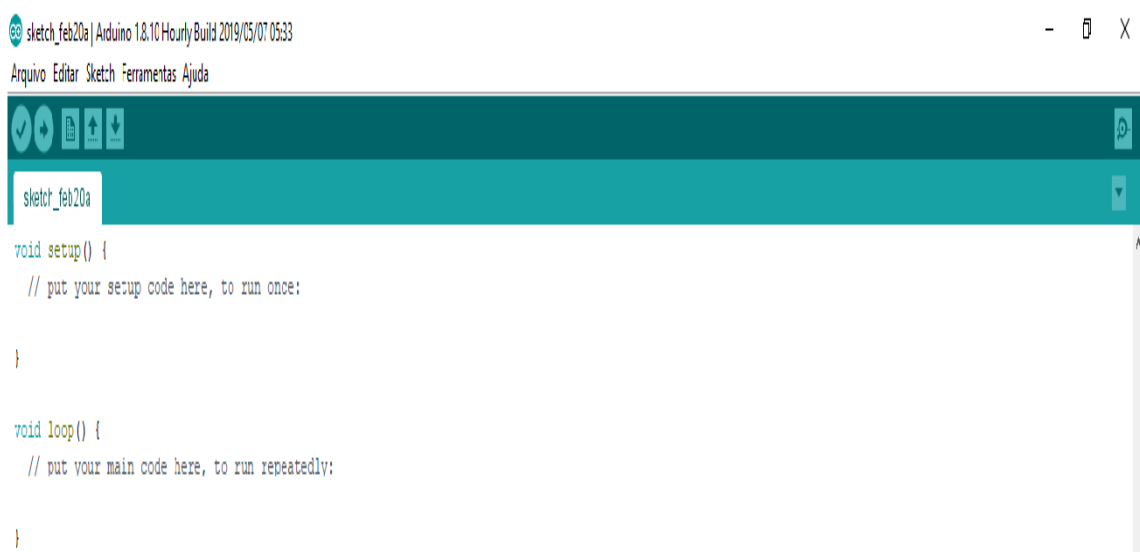


5º passo: copie o código abaixo.

```
// projeto voltagem no LED para medir constante de Planck (Placa UNO)

int vled = A0 ;
float escala = 100 ; // 100 para volts, 0.1 para milivolts
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(vled, INPUT);
}
void loop() {
  float tensao = analogRead(vled);
  tensao = map(tensao, 0, 1023, 0, 505);
  float voltage = (tensao/escala);
  // Exibe o valor lido
  Serial.print(voltage); Serial.println(" V");
  delay(100);
}
```

6º passo: cole o código na área de trabalho do programa, indicada a seguir.



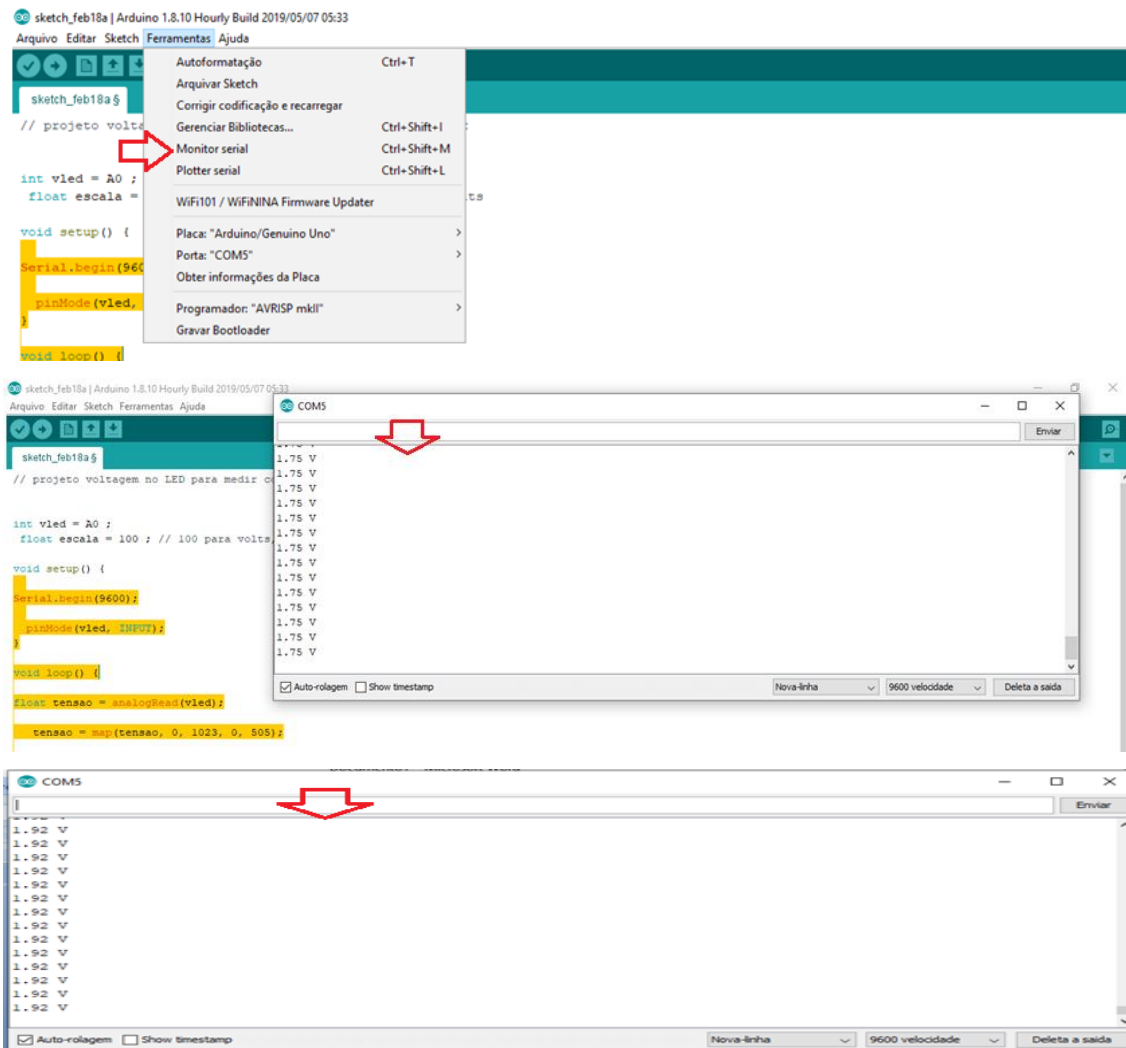
7º passo: clique em **verificar** para saber se há algum erro.



8º passo: transfira o código após conectar o cabo USB (*Universal Serial Bus* ou “Porta Universal”).

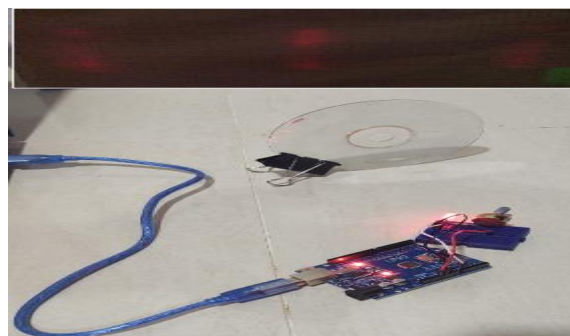


9º passo: verifique a tensão elétrica que será controlada pelo potenciômetro e mostrada no **Monitor serial**.



10º passo: ligue o Arduino computado como o código e o circuito montado na *protoboard* e com o LED aceso. Aproxime do CD para obter a difração no anteparo (Figura 6). Os alunos deverão ficar mudando de lugar a *protoboard* e o CD até que apareça a difração no anteparo.

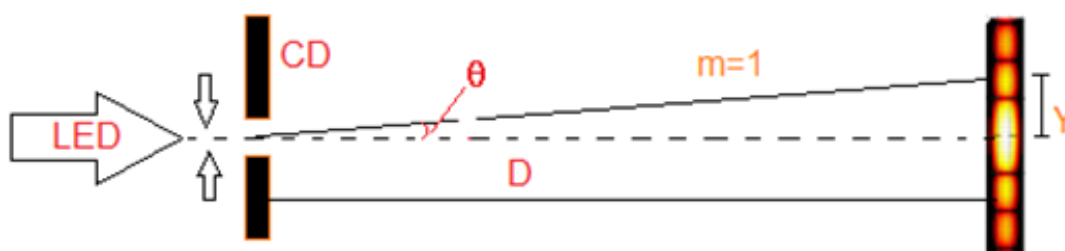
Figura 6: Demonstração da montagem.



Fonte: autores.

11º passo: meça a distância entre o máximo central e o primeiro máximo da difração (Y) no anteparo e a distância entre o CD e o anteparo (D), segundo a Figura 7.

Figura 7: Ilustração da difração da luz do LED no anteparo juntamente com as grandezas envolvidas.



Fonte: autores.

|   |       |
|---|-------|
| Distância entre o máximo central e o primeiro máximo da difração no anteparo. | $Y =$ |
| Distância entre o CD e o anteparo.  | $D =$ |

12º passo: determine a tangente do ângulo  $\theta$  e em sequência o valor desse ângulo pela função arco tangente.

|                             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Tangente do ângulo $\theta$ | $\text{tg } \theta = Y/D =$       |
| Ângulo $\theta$             | $\theta = \text{tg}^{-1} (Y/D) =$ |

13º passo: use a equação T1 da Teoria da Prática ( $d \sin \theta = m\lambda$ ), com  $m = 1$  (primeiro máximo de difração), o valor de  $\theta$  e  $d = 1,5 \mu\text{m}$  (distância entre fendas do CD obtido previamente no laboratório de Óptica da UFAC), para determinar o comprimento de onda emitido pelo LED em  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6} \text{ m}$ ), em nm ( $10^{-9} \text{ m}$ ) e em m.

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| Comprimento de onda ( $\mu\text{m}$ ) | $\lambda =$ |
| Comprimento de onda (nm)              | $\lambda =$ |
| Comprimento de onda (m)               | $\lambda =$ |

14º passo: meça a tensão de corte ( $V_c$ ) do LED. Esta é medida quando o LED tiver o maior brilho, controlado pelo potenciômetro.

|   |         |
|---|---------|
| Valor da tensão de corte ( $V_c$ ) do LED | $V_c =$ |
|---|---------|

15º passo: calcule a energia de ativação ( $E_{at}$ ) em joules (J) e em elétron-volts (eV). Para isso basta usar a relação  $E_{at} = qV_c$ , onde  $q$  é a carga elétrica, que nesse caso é igual ao módulo da carga do elétron ( $q = |e| = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ ). A fórmula anterior foi derivada da relação  $\Delta U = q \cdot \Delta V$  (a variação da energia potencial elétrica é igual à carga vezes a diferença de potencial). Outra unidade de energia bastante usada, quando se trabalha a nível atômico ou molecular, é a unidade elétron-volt, onde  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

|  |                   |
|--|-------------------|
| Valor da energia de ativação em J<br>( $E_{at}$ )  | $E_{at} = qV_c =$ |
| Valor da energia de ativação em eV<br>( $E_{at}$ ) | $E_{at} = qV_c =$ |

16º passo: determine a frequência de corte ( $f_c$ ). Esta é feita pela relação  $c = \lambda f$ , lembrando que  $c$  é a velocidade da luz no vácuo ( $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$ ).

|   |         |
|---|---------|
| Valor da frequência de corte em Hz<br>( $f_c$ ) | $f_c =$ |
|---|---------|

17º passo: obtenção da constante de Planck  $h$  em J.s em em eV.s. Basta usar a relação  $E = hf$ , onde  $E$  corresponde a energia de ativação e  $f$  é a frequência de corte.

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| Valor da constante de Planck em J.s  | $h =$ |
| Valor da constante de Planck em eV.s | $h =$ |

Calcule o erro percentual entre o valor que obteve para  $h$  em J com valor real da constante que é  $6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ , dado por  $E_p = 100 \times |h_{obtido} - h_{real}| / h_{real}$ .



## Referências

- ABREU, M. C & PERALTA, L., **No ano da luz- Medir a constante de Planck com díodos LED**, Faculdade de Ciência, Universidade de Lisboa, Sala de Professores. Vol. 39, Fasciculos 1 e2, junho, 2016. Disponível: <https://www.spf.pt/magazines/gfis>. Acessado em: 20/05/2019.
- ALVARENGA, B., MÁXIMO, A. **Curso de Física**, V.3, São Paulo: Scipione, 2008.
- BARBOSA, Raussion Alessandro, **Da física Antiga à Física Moderna**, UFU, 2008. Disponível em: [http://www.infis.ufu.br/infis\\_sys/pdf/RAUSSION%20ALESSANDRO%20BARBOSA.pdf](http://www.infis.ufu.br/infis_sys/pdf/RAUSSION%20ALESSANDRO%20BARBOSA.pdf). Acesso em: 30/12/ 2019.
- BAUER, Wolfgang; WESTFALL, Gary D.; DIAS, Helio, **Física para Universitários: óptica e Física Moderna**, Porto Alegre: AMGH, 2013.
- BIASI, Ronaldo Sérgio; MELLO, Hilton Andrade, **Introdução à física dos semicondutores**, São Paulo, Edgard Blücher; Brasília, INL, 1975.
- CASTRO, Luiz Henrique Monteiro, **O uso do Arduino e do processing no ensino de Física**, MNPEF- UNIRIO, 2016.
- COSTA, A. C & FRAGNITO, H. L., **Difração da luz por fendas**, UNICAMP-IFGW, março de 2010.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. **Quantum physics of atoms, molecules, solids, nuclei and particles**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1985.
- ELÉTRICA, M. **Código de cores de resistores**. 2020. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/codigo-de-cores-de-resistores/>. Acesso em: 28 jan. 2020.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, Vol. 4, 2009.
- HINRICHS, Roger & URONE, Paul Peter, **College physics**, 2017. Disponível: <https://openstax.org/details/books/College-Physics>. Acesso em: 07/02/2020.
- HUB, Electronics, **LED**. 2020. Disponível em <https://www.electronicshub.org/led-light-emitting-diode/> Acesso em: 28 jan. 2020.
- JÚNIOR, Olival Freire; NETO, Rodolfo Alves de Carvalho. **O universo dos quanta: uma breve história da Física Moderna**, São Paulo: FTD, 1997.
- LOPES, J. M. B. **Cor e Luz**. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2013.
- MOURA, S. L.; SILVA, F. I.; SILVA, F. C. M.; SANTOS, J. A.V., **Constante de Planck: uma nova visão para o ensino médio**. Química nova escola, Vol. 33, nº 4, Novembro 2011.
- SOLIMAR, Prof. **Multímetro**. 2020. <https://profsolimar.blogspot.com/2012/02/desvendando-os-multimetros.html>. Acesso em :12/02/2020.
- PUC. **Capítulo 2. Fundamentação Teórica**. Disponível: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16334/16334\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16334/16334_3.PDF). Acesso em: 13/02/2020.
- VÁLIO, Adriana Benetti et al. **Ser protagonista: Física, 3º ano: ensino médio**, 3 ed. São Paulo, SN, 2016.

## Apêndice A - Fundamentação Teórica

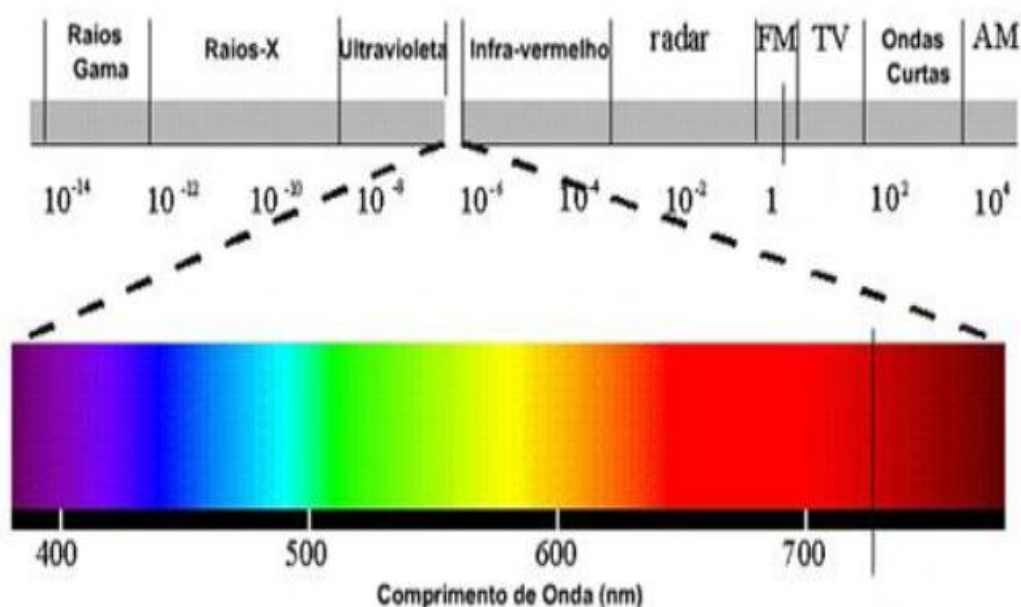
### 1. Ondas eletromagnéticas e o espectro visível

As ondas eletromagnéticas são formadas por dois campos variáveis, sendo um o campo elétrico e o outro campo magnético que se propagam, podendo ocorrer no vácuo e em outros meios. São exemplos de ondas eletromagnéticas as ondas de rádio, como as ondas de rádio AM (Amplitude Modulada) e FM (Frequências Modulada), ondas de telefonia celular, ondas luminosas (luz), micro-ondas, raios X e gama, entre outras.

As ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a velocidade de 299.792.458 m/s. Essas ondas foram estudadas por Maxwell, através de quatro equações, descrevendo como cargas e corrente elétricas originam campos elétricos e magnéticos.

A luz branca proveniente do Sol é resultado da superposição das diversas frequências (cores) que constituíram o espectro visível, veja a figura abaixo onde mostra o detalhe do espectro visível.

Figura 1: A banda do espectro eletromagnético, priorizando a parte do espectro visível.



Fonte: Adaptado de Lopes (2013).

## 2. Difração

A difração é igual ao desvio da propagação retilínea da luz, trata-se de efeito característico de fenômenos ondulatórios, que ocorre sempre que parte de uma frente de onda (sonora, de matéria, ou eletromagnética) é obstruída e para Costa e Fragnito (2010) os fenômenos de difração são observados para todos os tipos de ondas e sendo raramente observada a difração da luz no cotidiano.

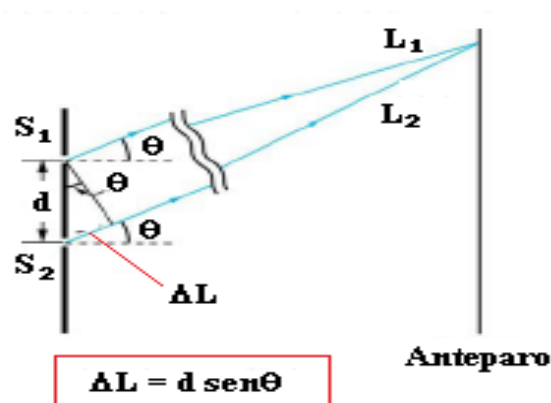
Quando uma onda sonora atinge um obstáculo, em geral ela o contorna. Assim esse efeito é denominado difração, que permite que uma pessoa converse com outro sendo que elas estão separadas por um muro.

De acordo com Alvarenga e Máximo (2008) essa propriedade dos movimentos ondulatórios foi estudada em 1803 por Thomas Young, que conseguiu demonstrar o fenômeno de interferência da luz. Ele demonstrou que a luz é um movimento ondulatório e que também sofre difração ao passar por um pequeno orifício. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2009):

A difração pode ser explicada facilmente pela Teoria Ondulatória da Luz. Esta teoria, desenvolvida inicialmente por Huygens e usada por Young para explicar a interferência numa fenda dupla, levou muito tempo para ser adotada, em grande parte porque ela entrava em choque com a Teoria de Newton.

A Figura 2 mostra dois raios atravessando uma fenda dupla, no qual há uma diferença de caminho ( $\Delta L$ ) entre eles. O anteparo é colocado a uma distância muito maior que a separação  $d$  das fendas ( $S_1$  e  $S_2$ ), isso faz com os dois raios ( $L_1$  e  $L_2$ ) sejam praticamente paralelos, mantendo o mesmo ângulo  $\theta$  com a horizontal.

Figura 2: Interferência de fenda dupla.



Fonte: Adaptado de Hinrichs e Urone (2017).

Do triângulo retângulo formado é possível obter a relação  $\Delta L = d \sin\theta$ . A **interferência construtiva de uma fenda dupla** ocorre quando há uma diferença de caminho múltipla do comprimento de onda  $\lambda$ .

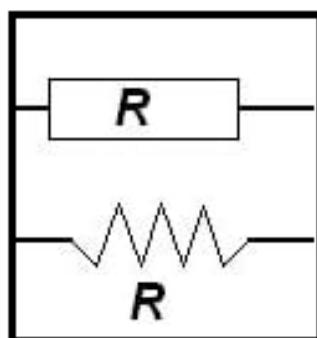
$$d \sin\theta = m\lambda, \quad \text{para } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

### 3. Resistores e as leis de Ohm

Quando um condutor elétrico sólido é percorrido por uma corrente elétrica, parte da energia dos elétrons que constituem a corrente elétrica é transformada em energia térmica (efeito Joule), devido a colisões internas com outros átomos ou íons presentes nesse condutor.

O resistor é um elemento em um circuito que tem a função de transformar energia elétrica em energia térmica, normalmente seus materiais constituintes são condutores de aço nos terminais e um material resistivo central como o tungstênio ou carvão. Resistores estão presentes em vários equipamentos como o chuveiro elétrico, o secador de cabelos e as lâmpadas incandescentes. Todo resistor dificulta a passagem da corrente elétrica e sua intensidade é medida pela resistência elétrica  $R$  (Figura 3).

Figura 3: Representações de um resistor



Fonte: os autores.

A 1ª lei de Ohm tem esse nome em homenagem o físico alemão George Simon Ohm, em suas experiências, descobriu que a intensidade da corrente elétrica ( $i$ ) que atravessa um condutor é diretamente proporcional a diferença de potencial ddp ( $V$ ) aplicada aos seus extremos.

$$i \propto V \quad \text{ou} \quad V \propto i. \quad (1)$$

Assim, a proporcionalidade 1 pode ser convertida numa equação denominada de 1ª Lei de Ohm:

$$V = Ri. \quad (2)$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a ddp é medida em volts (V), a corrente  $i$  em ampere (A) e a resistência  $R$  em ohm ( $\Omega$ ).

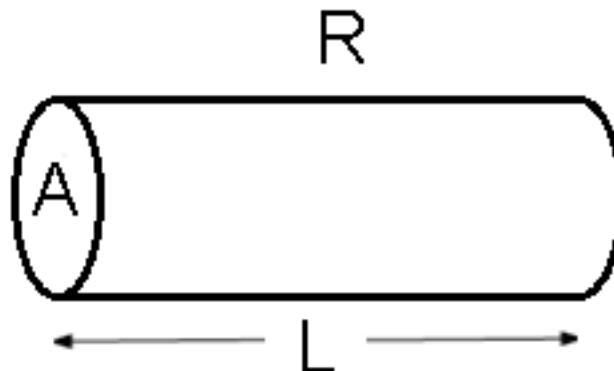
A resistência de um condutor cilíndrico, segundo Alvarenga e Máximo (2008), depende do material de que é constituído e de sua geometria: comprimento  $L$  e da área de sua secção transversal  $A$ .

$$R = \rho \frac{L}{A}, \quad (3)$$

$\rho$  é a resistividade elétrica medida em  $\Omega \cdot m$  no SI.

A Figura 4 mostra um esquema de um resistor cilíndrico.

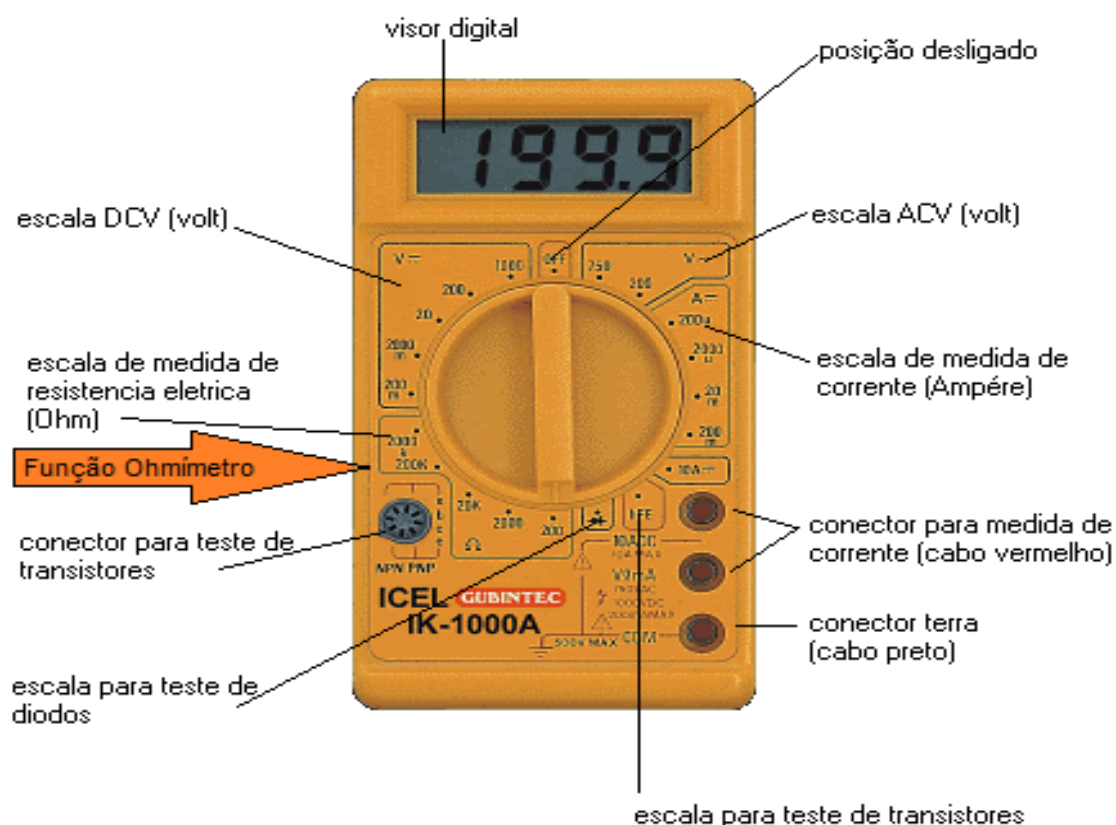
Figura 4: Resistor cilíndrico



. Fonte: os autores.

Uma maneira é medir a resistência elétrica de um resistor através de equipamento chamado multímetro (Figura 5), que inclui a função ohmímetro (verificar a resistências), e a outra é determinada pelo código de cores (Figura 6).

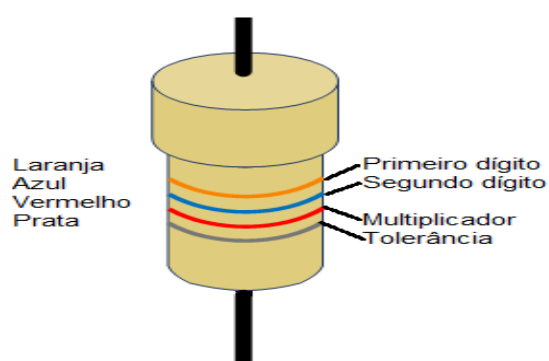
Figura 5: Multímetro e a função ohmímetro.



Fonte: Solimar, 2020, adaptada pelos autores. Disponível:

<https://profsolimar.blogspot.com/2012/02/desvendando-os-multímetros.html>. Acesso em: 09 março 2020.

Figura 6: Código de cores para determinação do valor da resistência.



Fonte: os autores.

O valor da resistência de um resistor pode vir escrito na própria peça ou estar impressa por um código de cores (Quadro 1). As duas primeiras cores indicam os dois primeiros dígitos no valor da resistência, a terceira cor a

potência de 10 que o valor será multiplicado (multiplicador) e a quarta cor é a tolerância. Analisando a Figura 5, a resistência será  $36 \cdot 10^2 \Omega = 3.600 \Omega$  com uma tolerância de 10%.

Quadro 1: Código de cores resistores quatro faixas

| Cor      | 1º dígito | 2º dígito | Multiplicador | Tolerância |
|----------|-----------|-----------|---------------|------------|
| Preto    | 0         | 0         | 1             |            |
| Marrom   | 1         | 1         | $10^1$        | $\pm 1\%$  |
| Vermelho | 2         | 2         | $10^2$        | $\pm 2\%$  |
| Laranja  | 3         | 3         | $10^3$        |            |
| Amarelo  | 4         | 4         | $10^4$        |            |
| Verde    | 5         | 5         | $10^5$        |            |
| Azul     | 6         | 6         | $10^6$        |            |
| Violeta  | 7         | 7         | $10^7$        |            |
| Cinza    | 8         | 8         | $10^8$        |            |
| Branco   | 9         | 9         | $10^9$        |            |
| Ouro     |           |           | $10^{-1}$     | $\pm 5\%$  |
| Prata    |           |           | $10^{-2}$     | $\pm 10\%$ |

Fonte: Adaptado de Mundo da Elétrica (2020). Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/codigo-de-cores-de-resistores/>. Acesso em: 09 março 2020.

#### 4. Física Quântica

A Física Quântica teve seu início no final do século XIX e início do Século XX, quando alguns resultados experimentais não estavam de acordo com o que previam as leis da Física Clássica. É possível que alguns historiadores da ciência que se referiram ao século XX, como Junior e Neto (1997) explica que o século XX é o século da quanta, pelo grau de influência dessa teoria científica em nosso mundo e o impacto da Física Quântica na sociedade contemporânea, como as aplicações tecnológicas que são utilizadas no cotidiano das pessoas, como exemplos transistores e laser. Essa teoria física que foi elaborada entre os anos de 1900 a 1927, sendo ocupado na história da ciência como um período de destaque.

Para Barbosa (2008) a física teve uma grande revolução no final do século XIX e no início do século XX, que começa a deixar algumas crenças da mecânica clássica e que ele não conseguia explicar até o momento que poderia ser o fim da mecânica clássica, pois, existia vários fenômenos que permaneciam sem explicação, com exemplos como efeito fotoelétrico, a radiação do corpo negro e a estrutura atômica estável e permanecendo até 1900, e logo nos anos seguintes com a descoberta dos raios X, da radioatividade, com as teorias de Max Planck e Albert Einstein dando início à Física Moderna.

Nesse período teve vários cientistas que desenvolveram essa teoria, e Junior e Neto (1997) comenta alguns nomes de destaque no século XX, entre eles temos Planck, Einstein, Bohr, De Broglie, Heisenberg, Schrödinger, Dirac, Born, Pauli e Feynman, têm o seu nome relacionado à Física Quântica.

#### **4.1. Conceitos básicos sobre Mecânica Quântica**

Segundo Bauer et al. (2013), a teoria que teve um grande desenvolvimento foi a Física Quântica (também conhecida como Mecânica Quântica) que levou a compreensão de vários fenômenos e possibilitou a elaboração de inúmeras aplicações que são usadas pela sociedade: laser, ressonância magnética, entre outros. Assim, iremos falar de alguns fenômenos e conceitos que são relevantes para essa área.

##### **4.1.2. Radiação do corpo negro**

A agitação das cargas elétricas que compõem a matéria seria responsável pela produção de ondas eletromagnéticas chamadas de radiação do corpo negro, onde esse é o nome dado a um objeto ideal que absorve a radiação que é incidente sem haver reflexão. Sendo chamados de Corpos Negros e independentemente de sua composição química, todos eles sempre irão emitir o mesmo espectro da radiação se estiverem na mesma temperatura Eisberg e Resnick (1985). A matéria emite radiação eletromagnética cuja energia  $E$  é proporcional à sua frequência de vibração  $f$ . De acordo com Hinrichs e Urone (2017), a radiação do negro:



foi descoberta pelo Físico Alemão Max Planck (1858-1947) que usou a ideia de que átomos e moléculas em um corpo agem como osciladores para absorver e emitir radiação. As energias dos átomos e moléculas oscilantes tiveram que ser quantizadas para descrever corretamente a forma de o espectro do corpo negro.

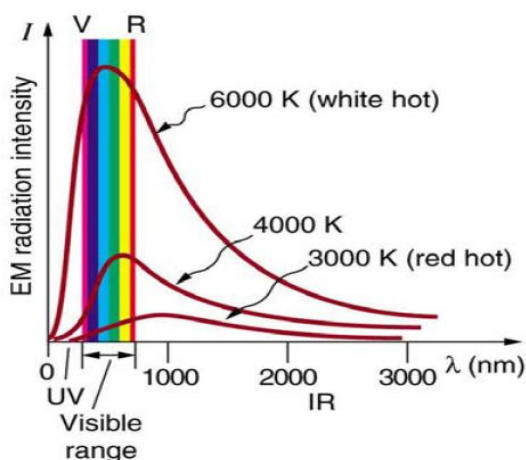
Sendo possível deduzir a energia do oscilador pela Equação:

$$E = (n + \frac{1}{2}).h.f \quad 1$$

onde n é qualquer número inteiro positivo, de forma discreta e quantizada a energia, h é a constante de Planck ( $h = 6,626 \times 10^{-34}$  Js) e f a frequência.

A Figura 7 apresenta o espectro da radiação de corpo negro em temperaturas diferentes (3000 K, 4000 K e 6000 K). A intensidade da radiação eletromagnética emitida aumenta fortemente com elevação da temperatura, cujo pico se concentra na região visível e ultravioleta do espectro. Esse fato ficou conhecido como “catástrofe do ultravioleta” e não podia ser explicado pela Física Clássica.

Figura 7: Gráfico da radiação de um corpo negro



Fonte: Hinrichs e Urone (2017).

#### 4.1.3. Espectro atômico

O espectro atômico de emissão é obtido pela passagem de uma descarga elétrica através de um material, onde apenas certos comprimentos de onda são emitidos (quantização), o espectro de linha, assim a quando um átomo emite um fóton da energia, ele perde esta energia. Como a energia que o átomo pode perder só certos valores discretos, e que as energias dos fótons emitidos representam as diferenças entre estes valores. A Figura 8 mostra o espectro de emissão do oxigênio.

Figura 8: Espectro de emissão do oxigênio.

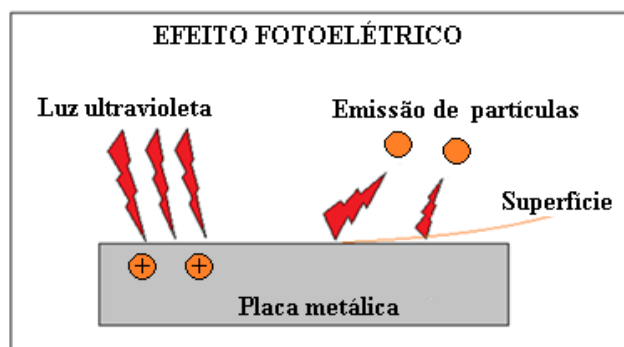


Fonte: Hinrichs e Urone (2017).

#### 4.1.4. Efeito fotoelétrico

O efeito fotoelétrico foi revelado acidentalmente por Hertz em 1887, quando estudava a natureza eletromagnética da luz. No ano seguinte, Hallwachs mostrou que objetos metálicos irradiados com luz ultravioleta adquiriam carga positiva (Figura 9). Lenard e Wolf sugeriram que a luz ultravioleta forçaria a saída de partículas da superfície metálica. Essas partículas ainda eram desconhecidas, pois o elétron só foi descoberto em 1897. Santos (2002).

Figura 9: Efeito fotoelétrico idealizado por Hallwachs em 1888.



. Fonte autores.

Em 1889, Thomson postulou que as partículas emitidas seriam os elétrons e provou experimentalmente a partir da relação carga/massa ( $e/m$ ), associando com elétrons de raios catódicos.

Junior e Neto (1997) relatou que Einstein retomava a expressão usada por Planck ( $E = hf$ ), afirmando que a luz era composta por “grãos” de energia eletromagnética cujo valor é igual a  $hf$ , os fótons.

Segundo Einstein cada elétron absorve um fóton e pode adquirir energia suficiente para escapar da superfície. A energia mínima necessária para que isso ocorra se chama trabalho ( $\tau$ ), cujo valor depende do tipo de metal.

$$E = hf - \tau \quad (4)$$

Segundo Hinrichs e Urone (2017), a equação 4 nada mais é que a expressão do princípio de conservação da energia. É possível determinar o valor mínimo da frequência ( $f_{\min}$ ) da radiação eletromagnética a partir do qual os elétrons podem escapar da superfície, atribuindo zero a energia ( $E = 0$ ) na equação 4.

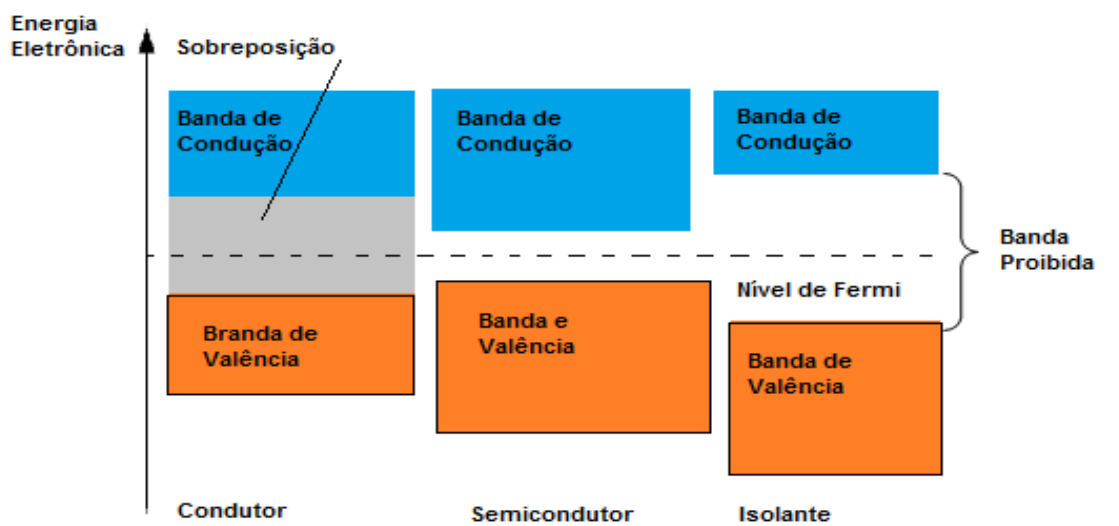
$$f_{\min} = \frac{\tau}{h} \quad (5)$$

O efeito fotoelétrico possui aplicações interessantes como as calculadoras movidas à luz solar e dispositivos que controlam a abertura da porta de elevadores ou de lojas.

## 5. Semicondutores

De modo geral, quanto à natureza elétrica, os sólidos podem ser bons ou maus condutores de eletricidade (isolantes ou dielétricos). Entretanto, segundo Biasi e Melo (1975), também existem os semicondutores, cuja característica de condução é intermediária entre os condutores e isolantes elétricos. A Figura 10 apresenta a organização das bandas de energia para os sólidos. Nos materiais isolantes temos uma banda proibida (*gap*) bem larga, a temperaturas “normais” nenhum elétron consegue passar da banda de valência para a banda de condução. Já nos materiais semicondutores, o *gap* não é tão grande e uma fração de elétrons pode passar para a banda de condução por ativação térmica. Nos materiais condutores não há *gap*, ocorrendo uma sobreposição.

Figura 10: Bandas de energia dos sólidos.



Fonte: adaptado de PUC (2020). Disponível: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16334/16334\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/16334/16334_3.PDF). Acesso em: 11 mar. 2020.

A Energia de Fermi é a energia do nível mais alto ocupado por um elétron em temperatura de 0 K. O nível de Fermi estará no centro da banda proibida, quando o número de estados disponíveis nas bandas de condução e de valência forem iguais. Num semicondutor tipo-n (negativo), o número de elétrons na faixa de condução é maior do que no caso intrínseco (material sem impureza), apesar da densidade de estados serem iguais. Consequentemente, o nível de Fermi e a função de distribuição serão deslocados para o alto, perto da banda de condução. Já em um semicondutor tipo-p, eles serão deslocados para baixo. Quando há a sobreposição do nível de Fermi com a banda de valência ou de condução, o material é chamado de semicondutor degenerado (PUC, 2020).

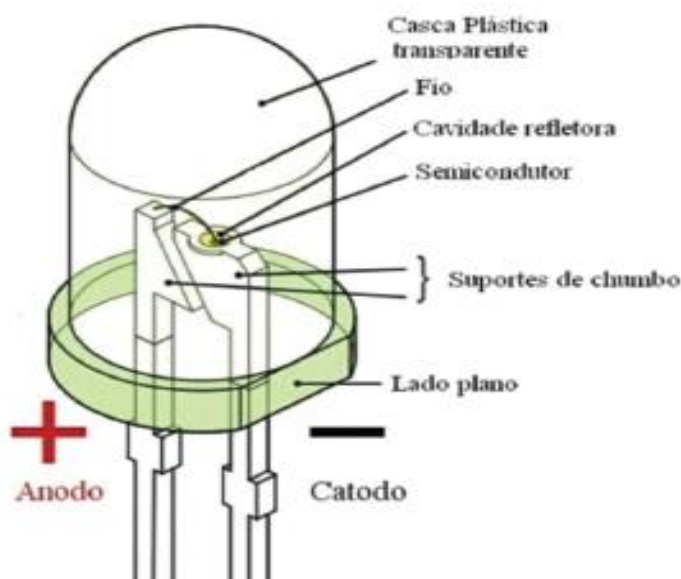
Os semicondutores são materiais que a condutividade não é mais alta do que os condutores, mas têm algumas características que diferenciam dos condutores e isolantes. Eles são bastante sensíveis à presença de impurezas, a zero kelvin ou 0 K (temperatura mínima do universo e vale  $-273^{\circ}\text{C}$ ) tem sua banda de valência (BV) preenchida e a sua banda de condução (BC) vazia. O intervalo de energia proibida, “energia de *gap*”, a temperatura de 300 K ou  $27^{\circ}\text{C}$ , é da ordem de 1,11 eV para o silício (Si) e 0,66 eV para o germânio (Ge) Bauer (2013). O elétron-volt é unidade de energia definida como o trabalho

realizado ao se mover um elétron através de uma diferença de potencial de 1 volt, e equivale a  $1,60 \times 10^{-19}$  joules.

## 6. LED

Os diodos emissores de luz, para Biasi (1975) são dispositivos que transformam energia elétrica em luz que diretamente polarizado, o LED tem a sigla é a abreviação do termo inglês Light Emitting Diode, ou Diodo Emissor de Luz, na língua portuguesa, a estrutura de um LED é descrita como a de um diodo comum, veja na Figura 11 um LED, tem uma junção p-n, sujeita a um tensão direta e conduzir corrente elétrica em um único sentido e emite luz no espectro visível.

Figura 11: Representação de um LED.



Fonte: (Moura, Silva, et al., 2011).

Os LEDs são largamente utilizados nos dias atuais em circuitos eletrônicos e luminosos: controle remoto, sensores de alarmes residenciais ou industriais. Além disso, tem baixo consumo de energia, dimensões pequenas e alta durabilidade.

A Figura 12 apresenta a foto de alguns diodos comerciais.

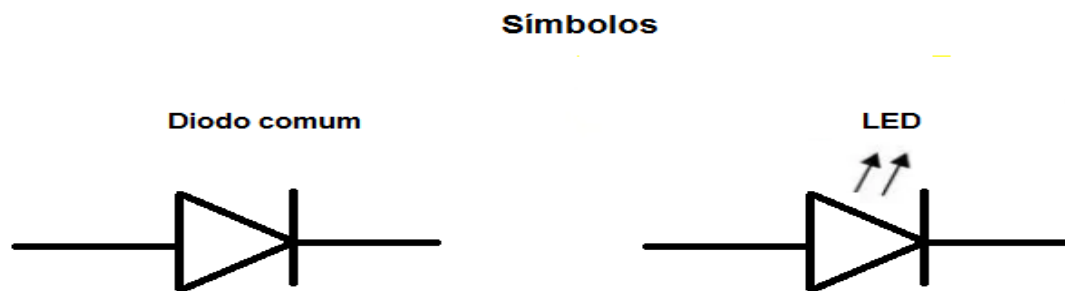
Figura 12: Representação de um LED.



Fonte: os autores

Em um circuito o LED ou um diodo comum pode ser representado pelos seguintes símbolos da Figura 13.

Figura 13: Representação do símbolo de Led e diodos comum.



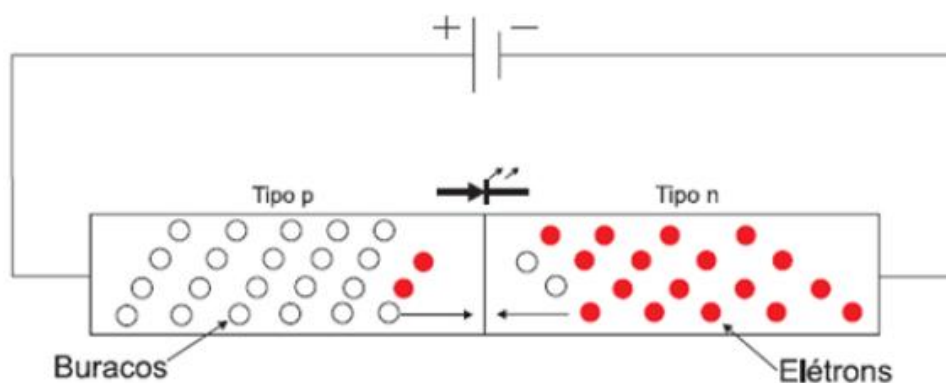
Fonte: adaptado pelos autores de Hub, 2020. Disponível: <https://www.electronicshub.org/led-light-emitting-diode/>. Acesso em: 14 mar. 2020.

Os LEDs são largamente utilizados nos dias atuais utilizados em circuitos eletrônicos e luminosos, como exemplo desses dispositivos que usa LED como controle remoto, em sensores de alarmes, residenciais, ou indústrias, ele tem várias características que fazem com que eles sejam cada dia mais utilizados, como o baixo consumo de energia, dimensões pequenas e alta durabilidade.

Quando é aplicada uma tensão no LED, segundo Válio et al (2016) que o LED tem o seu lado negativo na região n e o lado positivo na região p, com aplicação da tensão aumentará a energia de todos os elétrons da região n e diminuindo da região p, tendo uma redução da barreira potencial entre as duas regiões, fazendo com que os elétrons da região n tenha energia suficiente para

atravessar a junção na direção da banda de condução da região p. da mesma forma, os buracos na região p terão a energia aumentada e podendo atravessar a junção para a região n e é possível compreender melhor na figura abaixo a recomendação elétron-buraco após a aplicação da tensão veja na Figura 14. Assim, a distância em energia entre essas duas bandas, damos o nome de GAP.

Figura 14: Recombinação elétron-buraco após uma fonte externa de tensão ser aplicada sobre os terminais do diodo.



Fonte: (Moura, Silva, et al., 2011).

O LED é, na verdade, um diodo que tem um direcionamento específico para conduzir corrente e só acenderá quando a energia fornecida aos elétrons de sua banda de valência for pelo menos igual à diferença entre sua banda de condução e de valência. E quando fornecemos essa energia, sofre uma transição até a banda de condução e, ao retornar ao seu estado inicial, emite radiação que deve ter uma energia pelo menos igual à recebida.

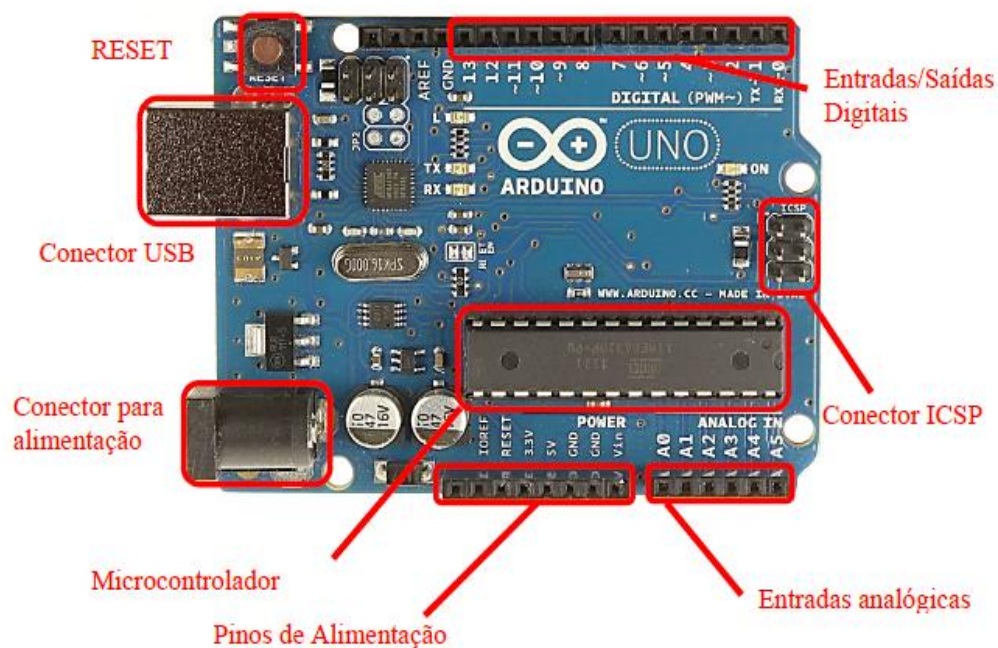
Sugestões de vídeos:

- 1- LED o que é como utilizar? Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=quLK2nVWvPM>
- 2- LED- Como Funciona, tipos e ligações! Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=CEqm\\_SvMZ6I](https://www.youtube.com/watch?v=CEqm_SvMZ6I)
- 3- O que é o diodo? Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rR8WdjZ5tHQ>
- 4- Diodo e Junção PN. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=NeoNq7vc\\_4k](https://www.youtube.com/watch?v=NeoNq7vc_4k)

## 7. O Arduino

O Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele, veja na Figura 15 a placa Arduino Uno e a identificação dos pinos.

Figura 15: Identificação dos pinos e dos principais componentes do Arduino UNO.



Fonte: Castro (2016).

Quadro 2: Componentes e descrição.

| Componente              | DESCRIÇÃO  |
|-------------------------|--|
| <b>Microcontrolador</b> | Um computador inteiro dentro de um pequeno chip. Este é o dispositivo programável que roda o código que enviamos à placa.                                      |
| <b>Conector USB</b>     | Conecta o Arduino ao computador. É por onde o computador e o Arduino se comunicam com o auxílio de um cabo USB, além de ser uma opção de alimentação da placa. |



|                                 |  |
|---------------------------------|--|
|                                 |  |
| <b>Reset</b>                    | Botão que reinicia a placa Arduino   |
| <b>Pinos de Alimentação</b>     | Fornecem diversos valores de tensão que podem ser utilizados para energizar os componentes do seu projeto. Devem ser usados com cuidado, para que não sejam forçados a fornecer valores de corrente superiores ao suportado pela placa.  |
| <b>Pinos de Entrada e Saída</b> | Pinos que podem ser programados para agirem como entradas ou saídas fazendo com que o Arduino interaja com o meio externo. O Arduino UNO possui 14 portas digitais (I/O), 6 pinos de entrada analógica e 6 saídas analógicas (PWM).  |
| <b>Conector de Alimentação</b>  | Responsável por receber a energia de alimentação externa, que pode ter uma tensão de no mínimo 7 Volts e no máximo 20 Volts e uma corrente mínima de 300mA. Recomendamos 9 V, com um pino redondo de 2,1 mm e centro positivo. Caso a placa também esteja sendo alimentada pelo cabo USB, ele dará preferência à fonte externa automaticamente |

Fonte: Adaptado de SILÍCIO (2020).

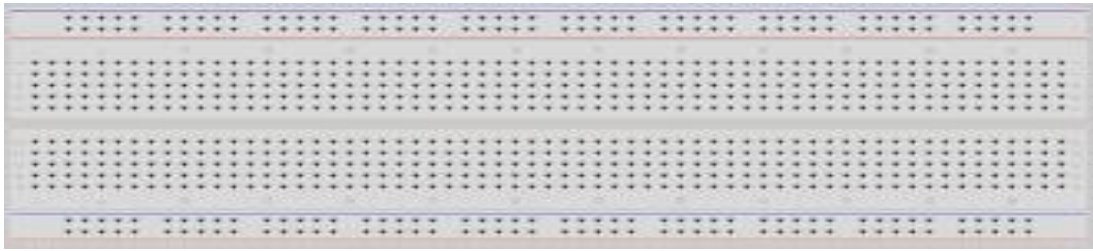
Sugestão de vídeo:

- 1- O que é arduino, afinal de contas? Disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=sv9dDtYnE1g&t=184s>

## 8. Protoboard

Também conhecido como placa de ensaio ou matriz de contato irá auxiliar em muito em seus projetos, pois proporciona de maneira rápida e sem a necessidade de solda alguma a conexão entre os componentes existentes em um projeto. Veja a imagem de uma protoboard na Figura 16.

Figura 16: uma protoboard



Fonte: autores.

É possível observar que o Protoboard tem linhas e colunas de orifícios onde devem ser introduzidos os componentes, mas, deve ser observado como estas linhas e colunas se encontram conectadas, ligadas entre si.

Sugestão de Vídeo:

1- Aprenda a usar a protoboard. Disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=R2VY10ZUBqA>

## 9. Jumpers

São cabos flexíveis e que tem em suas extremidades uma ponta rígida para fácil introdução nos furos presentes no Protoboard facilitando assim a ligação entre componentes e sua alimentação. Veja na Figura 16.

Figura 16: cabos flexíveis



Fonte: autores

Sugestão de Vídeo:

1- Usar a protoboard e Jumper. Disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=C0cX7wBSsLI>

## Apêndice B – Questionário avaliativo

1) Entre as inovações que surgiram no início do século XX, descreva o que sabe sobre a Física Moderna.

---

---

---

---

2) Já ouviu falar no Microcontrolador Arduino? Comente o que sabe a respeito dele.

---

---

---

---

3) Incide-se luz num material fotoelétrico e não se observa a emissão de elétrons. Para que ocorra a emissão de elétrons do mesmo material basta que aumente(m):

a) ( ) a intensidade de luz

b) ( ) a frequência da luz

c) ( ) o comprimento de onda da luz

d) ( ) a intensidade e a frequência da luz

e) ( ) a intensidade e o comprimento de onda da luz

4) O que representa a Constante de Planck?

---

---

---

---

5) Quando há incidência de radiação eletromagnética sobre uma superfície metálica, elétrons podem ser arrancados dessa superfície e eventualmente produzir uma corrente elétrica. Esse fenômeno pode ser aplicado na construção de dispositivos eletrônicos, tais como os que servem para abrir e fechar portas automáticas. Ao interagir com a superfície metálica, a radiação eletromagnética incidente se comporta como:

A) onda, o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.

B) partícula, o fenômeno descrito é chamado de efeito fotoelétrico.

C) partícula, o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

D) onda, o fenômeno descrito é chamado de efeito termiônico.

6) Os diodos emissores de luz (*Light Emitting Diode* – LED) são dispositivos que transformam energia elétrica em luz. Cite algumas vantagens e algumas aplicações de se usar LEDs.

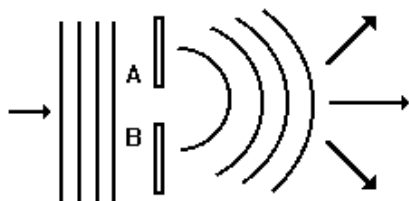
---

---

---

---

7) Um movimento ondulatório se propaga para a direita e encontra o obstáculo AB, onde ocorre o fenômeno representado na figura. Assim, o fenômeno que temos na figura é o de:



a) (    ) difração  
interferência

b) (    ) refração

c) (    ) polarização

d) (    )

8) Ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo na velocidade da luz. Cite algumas ondas eletromagnéticas que conheça.

---

---

---

---

9) Os resistores são elementos de circuito que consomem energia elétrica, convertendo-a integralmente em energia térmica. A conversão de energia elétrica em energia térmica é chamada de:

- a) ( ) Efeito Joule    b) ( ) Efeito Térmico    c) ( ) Condutores    d) ( ) Resistores

10) Os materiais semicondutores são muito utilizados na produção de detectores e em sistema eletrônicos, se situam na faixa entre os isolantes e condutores. O LED é um semicondutor, largamente utilizado em circuitos eletrônicos e luminosos, como em controle remotos, sensores de alarmes residenciais ou industriais. Ele tem várias características que fazem com que seja bastante utilizado, como o baixo consumo de energia, dimensões pequenas e alta durabilidade, Assim, de acordo com os semicondutores, assinale a alternativa em V para verdade e F para falsa.

- a) ( ) Os diodos são componentes semicondutores.
- b) ( ) Os semicondutores podem ser do tipo n, tipo p ou junções como a p-n.
- c) ( ) Os semicondutores do tipo p são chamados de materiais doadores de elétrons.
- d) ( ) Semicondutores de junção p-n permitem a condução de corrente elétrica em ambos sentidos.

## Respostas do questionário

1) A Física Moderna designa o conjunto de teorias físicas que surgiram no início do século XX, com contribuições importantes de Albert Einstein e Max Planck. Planck explicou a radiação do corpo negro, dando uma abordagem quântica a esse fenômeno que evitava a catástrofe do ultravioleta, que não era possível de ser explicada pela Física Clássica. Outro acontecimento, com várias aplicações nos dias atuais, foi o efeito fotoelétrico, descoberto em 1887 por Hertz, mas explicado por Einstein em 1905 no qual estendeu a quantização para a energia eletromagnética livre, isto é, a luz é formada por quanta, posteriormente batizada de fótons.

2) o Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele.

3) (b)

4) A Constante de Planck ( $h$ ) é a constante usada para indicar a energia ( $E$ ) e a frequência ( $f$ ) das radiações eletromagnéticas, sendo que para determinar a energia de um fóton usar a seguinte equação:  $E = h \cdot f$ .

5) (b)

6) Baixo consumo de energia e alta durabilidade, sendo aplicado em vários equipamentos eletrônicos como televisores, computadores, rádios etc.

7) (a)

8) Exemplos de onda eletromagnética: Ultravioleta, luz visível, micro-ondas, infravermelho, raios x, ondas de rádio, raio gama etc.

9) (a)

10) a) (V)      b) (V)      c) (V)      e      d) (F)

## Apêndice C – Apresentação sobre a teoria e aplicações dos conteúdos

### Slide 1

#### DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE PLANCK COM DIODOS EMISSORES DE LUZ E MICROCONTROLADOR ARDUINO PARA O TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO

José Weliton Bassi da Silva

Mestrando

Prof. Dr. Marcelo Castanheira da Silva

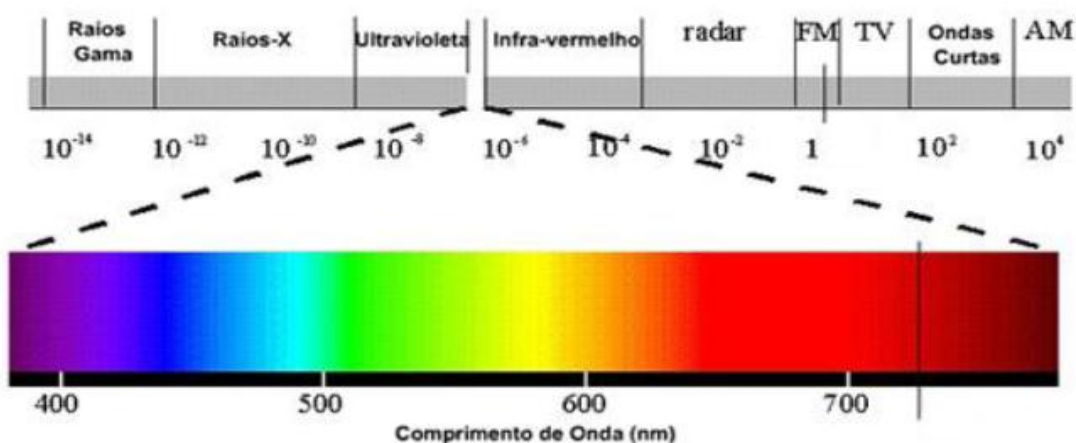
Orientador

### Slide 2

#### 1 Ondas eletromagnéticas

- São exemplos de ondas eletromagnéticas as ondas de rádio, como as ondas de rádio AM (Amplitude Modulada) e FM (Frequências Modulada), ondas de telefonia celular, ondas luminosas (luz), micro-ondas, raios X e gama, entre outras.

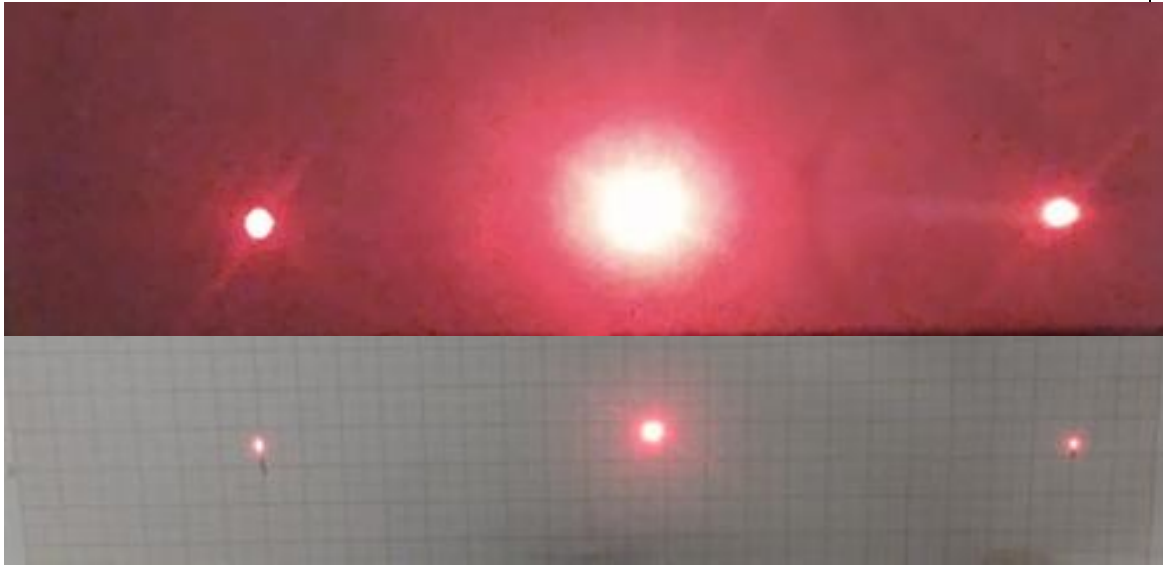
- **Espectro eletromagnético**



### Slide 3

#### 2 Difração

A difração é o desvio da propagação retilínea da luz, trata-se de efeito característico de fenômenos ondulatórios, que ocorre sempre que parte de uma frente de onda (sonora, de matéria, ou eletromagnética) é obstruída. Segundo Costa e Fragnito (2010), os fenômenos de difração são observados para todos os tipos de ondas e sendo raramente observada a difração da luz no cotidiano.



### Slide 4

#### 3 Física Quântica

- ✓ A Física Quântica teve seu início entre o final do século XIX e começo do Século XX, quando alguns resultados experimentais da radiação do corpo negro não estavam de acordo com o que previam a Física Clássica.
- ✓ O século XX é o século da quanta e impactou a sociedade contemporânea, como as aplicações tecnológicas que são utilizadas no cotidiano das pessoas, por exemplo, transistores e laser.
- ✓ Esse período teve vários cientistas que contribuíram para o desenvolvimento da Física Quântica: Planck, Einstein, Bohr, De Broglie, Heisenberg, Schrödinger, Dirac, Born, Pauli e Feynman.

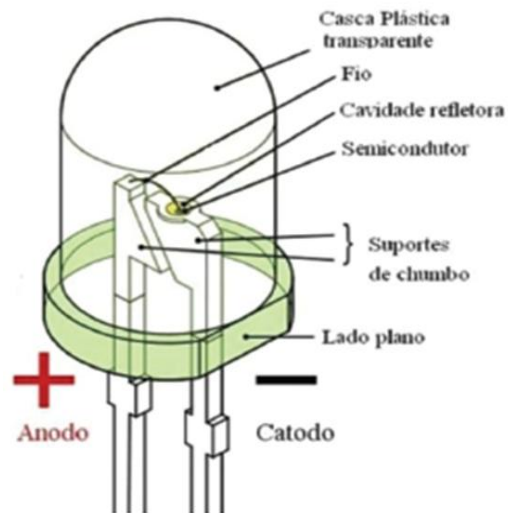


## Slide 5

### 4 LED

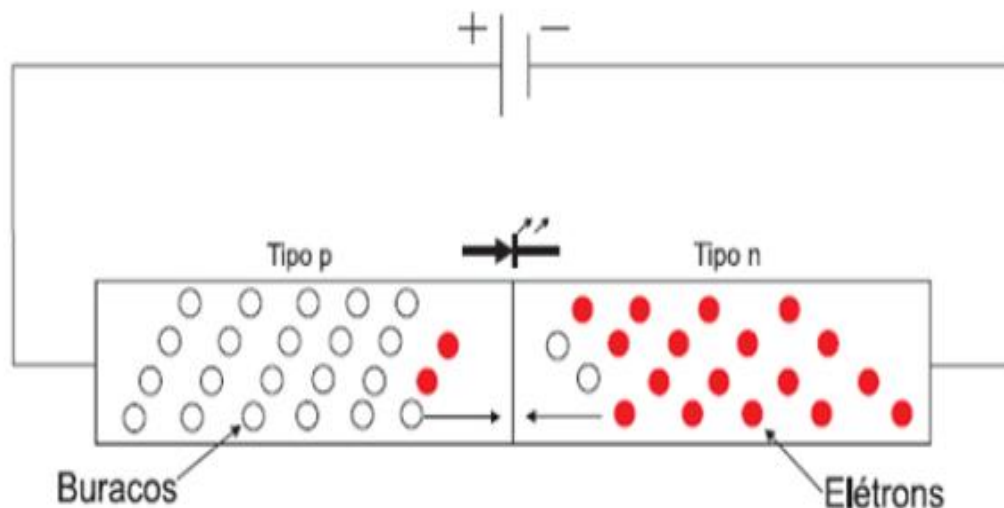
- Os diodos emissores de luz, para Biasi (1975), são dispositivos que transformam energia elétrica em luz quando diretamente polarizado.

LED é a sigla de *Light Emitting Diode*, ou Diodo Emissor de Luz, e sua estrutura é semelhante a de um diodo comum.



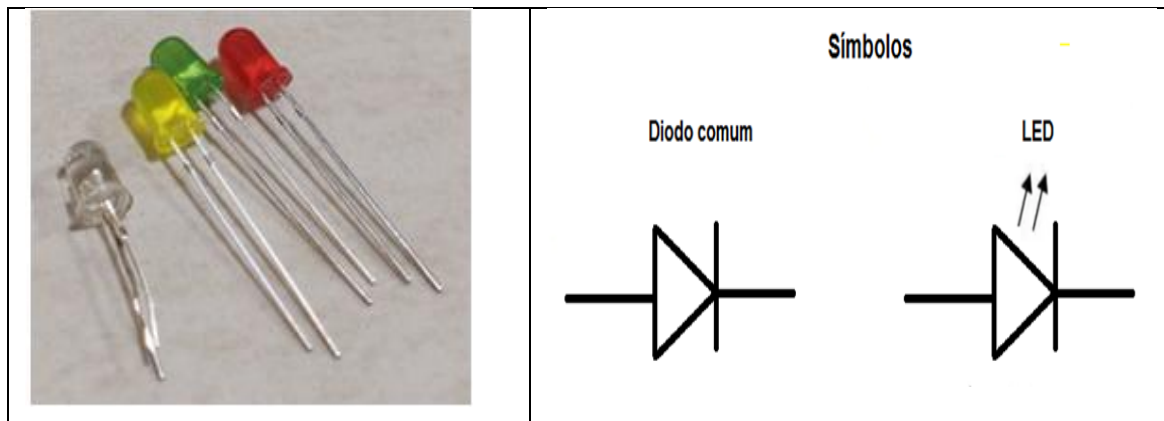
## Slide 6

- Um LED, tem uma junção p-n, sujeita a uma tensão direta, conduz corrente elétrica em um único sentido e emite luz, podendo ser no espectro visível e também poderá emitir no infravermelho.



- Os LEDs são largamente utilizados nos dias atuais em circuitos eletrônicos e luminosos: controle remoto, sensores de alarmes residenciais ou industriais. Além disso, tem baixo consumo de energia, dimensões pequenas e alta durabilidade.

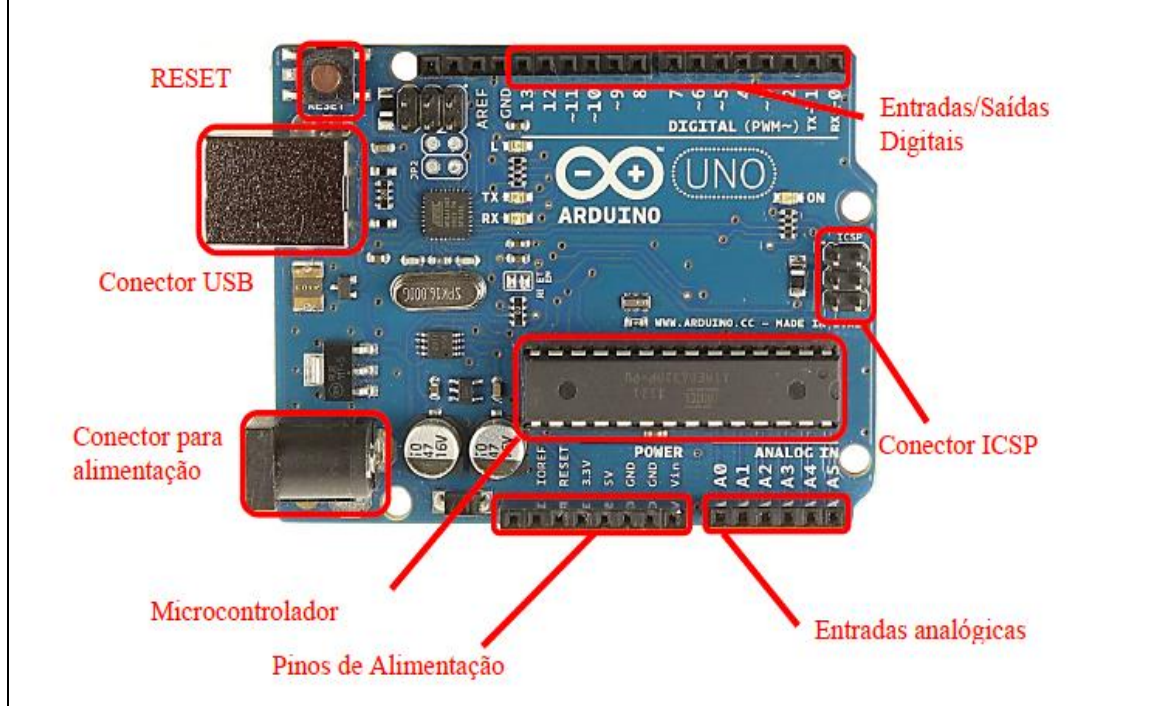
## Slide 7



## Slide 8

### 5 Arduino

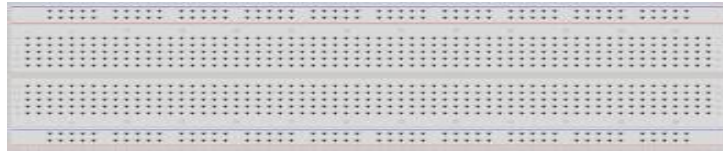
- Pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas de componentes externos.
- A figura abaixo mostra uma placa Arduino Uno.



## Slide 9

### 6 Protoboard

Também conhecida como placa de ensaio ou matriz de contato. Proporciona a conexão de componentes eletrônicos sem necessidade de solda elétrica.

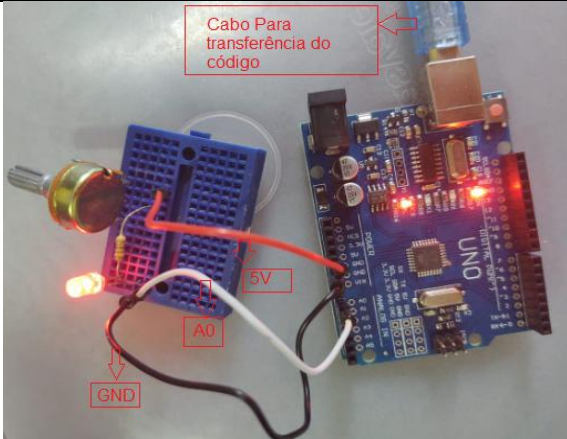


### 7 Jumper

São cabos flexíveis com ponta rígida em suas extremidades para fácil introdução nos furos presentes da Protoboard.



## Slide 10

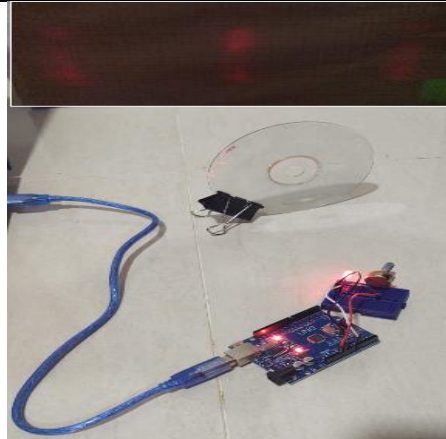


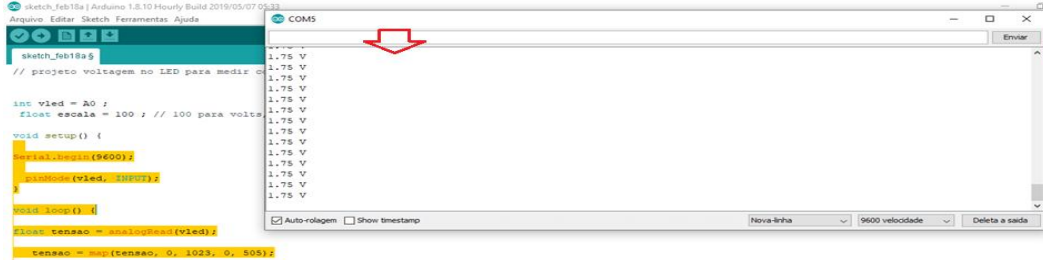
Cabo Para transferência do código

5V

A0

GND





```
sketch_feb18a9
// projeto voltagem no LED para medir o
// escala = 100 ; // 100 para volts

int vled = A0 ;
float escala = 100 ; // 100 para volts

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(vled, INPUT);
}

void loop() {
  float tensao = analogRead(vled);
  tensao = map(tensao, 0, 1023, 0, 505);
}
```