



## **PRODUTO EDUCACIONAL**

EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE EXPERIMENTOS

GILDO SANDRO DA SILVA

Orientador:  
Prof. Dr. Jeferson de Oliveira

Cuiabá - MT  
Outubro de 2020

## 1 APRESENTAÇÃO

Os experimentos são de suma importância como auxiliares na compreensão de conceitos voltados à aprendizagem significativa do aluno. Dessa maneira, a proposta deste trabalho, é o de programar experimentos simples e de baixo custo direcionados ao efeito fotoelétrico.

Segundo Ausubel, um material potencialmente significativo é todo material que seja “passível de se relacionar com as ideias relevantes ancoradas [subsunçores] na estrutura cognitiva do aprendiz.” (Ausubel, 2003, p. 57). Um experimento que contém estas características é possível contribuir, com a predisposição do aluno no processo de absorção do aprendizado, assim facilita a aprendizagem significativa.

Especialmente, por proporcionar ao educador instrumentos para uma *práxis* que possa potencializar o trabalho na disciplina de física, nas escolas de ensino médio. Neste trabalho, uma das motivações para o aluno estudar o efeito fotoelétrico é a preocupação em preservar o meio ambiente, na busca de gerar energia limpa para o desenvolvimento da humanidade. Outra motivação seria o interesse e envolvimento dos alunos com os experimentos. Dessa maneira, levando a importância da atividade experimental que possam refletir conceitos científicos, sobre o efeito fotoelétrico.

A abordagem da ciência por meio de experimentos didáticos tem uma grande importância na aprendizagem dos estudantes, pois é, na prática, motivado por sua curiosidade, que os alunos buscam novas descobertas, questionam sobre diversos assuntos e, o mais importante, favorece uma aprendizagem mais significativa. (MORAIS; JUNIOR, 2014, p. 62).

Este trabalho foi desenvolvido partindo de conceitos iniciais sobre a eletricidade, tendo em vista que estes são relevantes para a construção cognitiva e compreensão que é o efeito fotoelétrico, tema central desse trabalho.

Segundo o ponto de vista cognitivista, o uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva do estudante, a fim de facilitar a aprendizagem significativa. Os organizadores prévios podem servir de âncora para a nova aprendizagem, que levarão ao desenvolvimento de subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente (MOREIRA, 1999).

O Produto Educacional destaca as características dos experimentos e as partes que os compõem. Na metodologia são demonstrados os materiais utilizados, como foram montados os experimentos, e como foram aplicados em sala de aula utilizando como recurso, uma sequência de ensino-aprendizagem. No capítulo seguinte apresenta-se por meio de tabelas e gráficos, os resultados referentes aos dados colhidos em sala de aula.

## 2 PRODUTO EDUCACIONAL

A física envolvida neste Produto Educacional é, sobretudo, o efeito fotoelétrico que está ligado à luz, no entanto, podemos perceber também a eletricidade, sendo trabalhada conjuntamente, por meios dos experimentos.

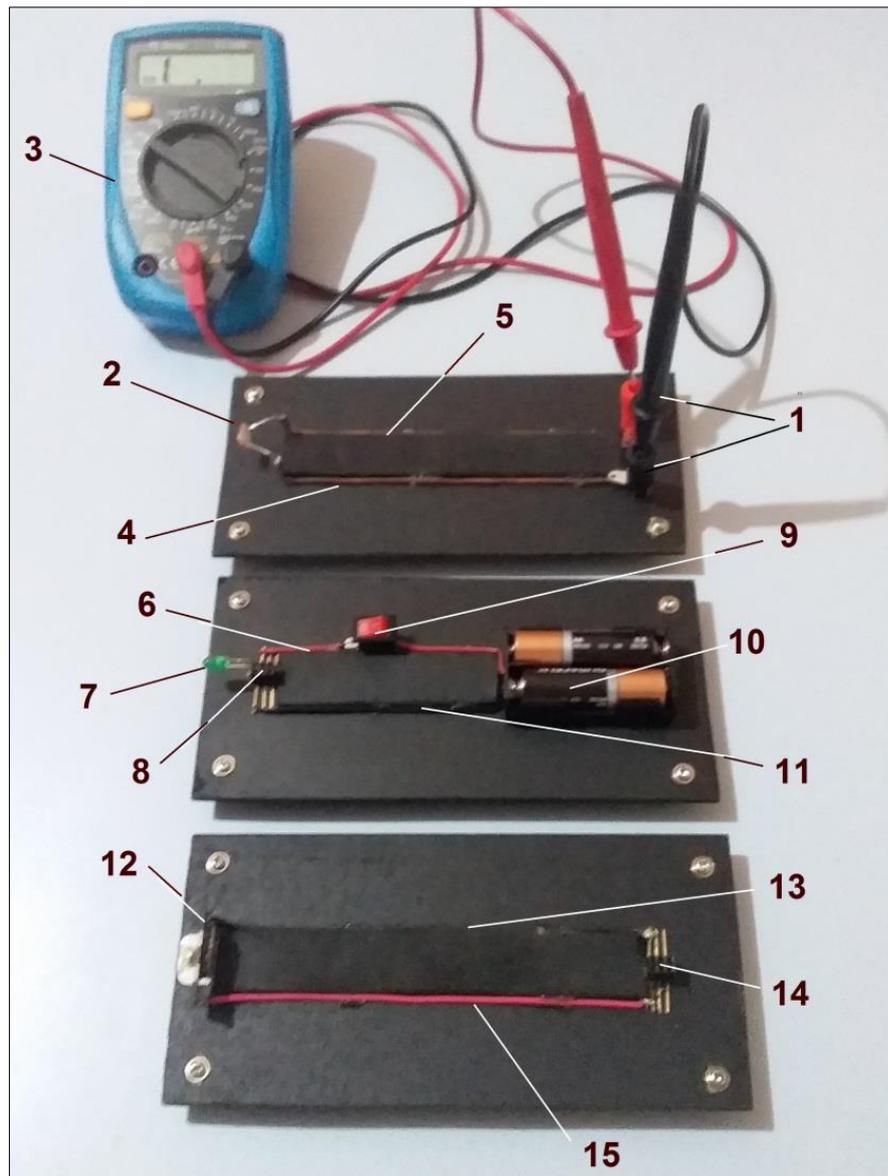
Neste capítulo, descreve-se a respeito dos módulos experimentais, que são as partes fundamentais do Produto Educacional, sendo os mesmos experimentos apresentados tanto no modelo do aluno quanto do professor, são três os módulos citados. Neste capítulo, também mostrará as especificações de cada um dos experimentos, os materiais utilizados, montagem e os procedimentos que envolvem o fenômeno físico que é o efeito fotoelétrico.

### 2.1 DESCRIÇÕES DOS MÓDULOS EXPERIMENTAIS

Os experimentos para o estudo do Efeito fotoelétrico, no Ensino de Física Moderna voltado para o Ensino Médio, é constituído de forma modular dividido em três partes:

- Circuito do Sensor **LDR**;
- Circuito Emissor de luz de **LED**;
- Circuito Emissor de luz de **LED** a partir de uma **placa fotovoltaica**.

O propósito é o de realizar experimentos simples, que possa contemplar o efeito fotoelétrico. Os experimentos possuem duas versões conforme, Figura 1, sendo a primeira caracterizada por um recurso ao professor de ensino médio em sala de aula para demonstração do fenômeno, e a outra um material de interação individual ou em grupo de alunos em aulas práticas de física moderna.



**Figura 1** - foto geral dos módulos experimentais – modelo do professor.

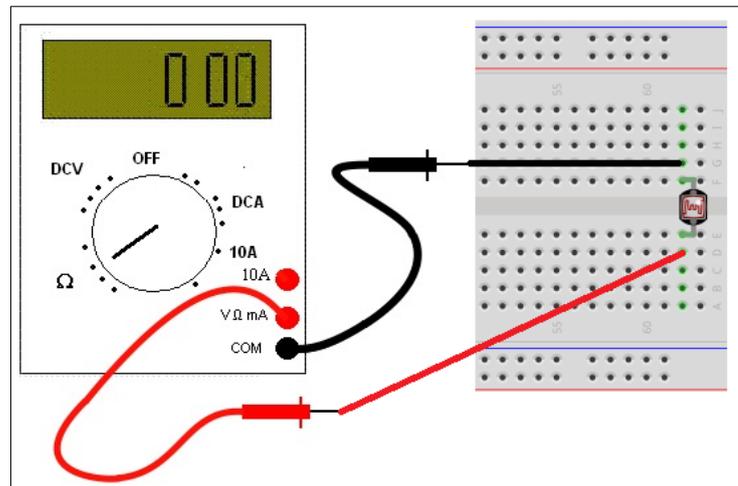
**LEGENDA (Figura 1):**

- 1 - Conectores-banana;
- 2 - LDR;
- 3 – Multimetro Digital;
- 4 - Fio de cobre desencapado;
- 5 - Fio de cobre desencapado;
- 6 - Fio de cobre encapado cor vermelho;
- 7 - LED Verde;
- 8 - Suporte para conexão de LED's;
- 9 - Interruptor liga-desliga;
- 10 - Suporte com pilhas AA;
- 11 - Fio de cobre encapado cor preta;
- 12 - Placa Solar fotovoltaica;
- 13 - Fio de cobre encapado cor preta;
- 14 – Conector de LED's;
- 15 - Fio de cobre encapado cor vermelho;

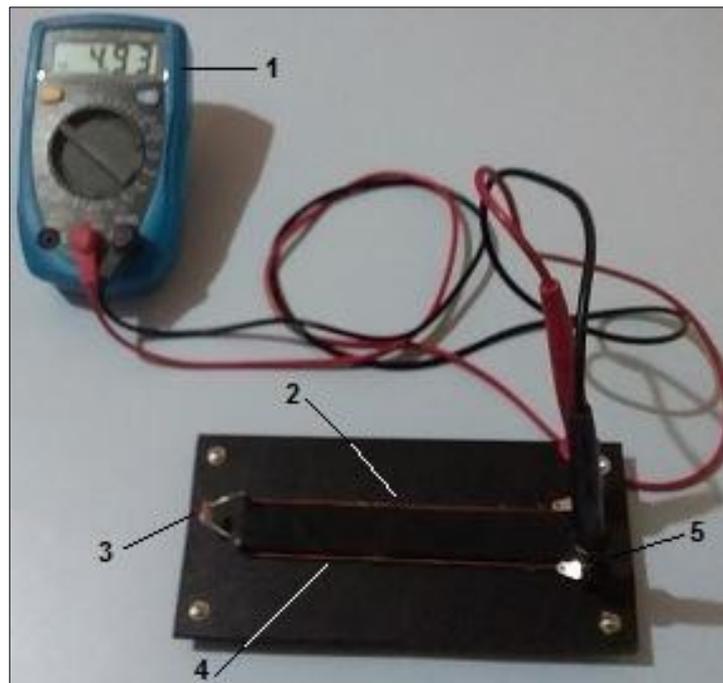
## 2.2 CIRCUITO DO SENSOR LDR

### 2.2.1 Especificações

Nesta subseção, demonstra-se o funcionamento do Circuito do Sensor LDR conforme, a Figura 2 (modelo do aluno) e a Figura 3 (modelo do professor), juntamente com uma descrição dos principais conceitos de circuito. O objetivo principal é o de relatar como este experimento demonstrou de forma simples, o efeito fotoelétrico, podendo também ser utilizado para fins de assuntos voltados à eletricidade.



**Figura 2 -** Circuito do Sensor LDR – modelo do aluno.



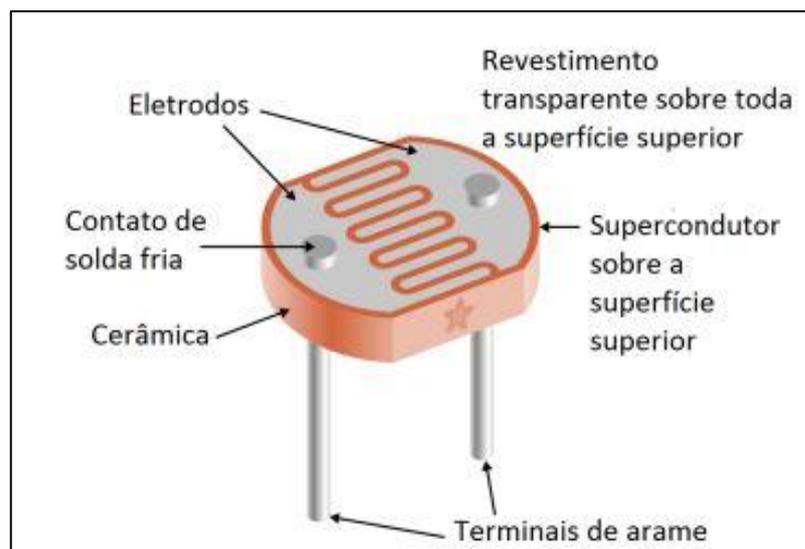
**Figura 3** - Circuito do Sensor LDR – modelo do professor.

**LEGENDA (Figura 3):**

- 1 – Multímetro Digital;
- 2 - Fio de cobre desencapado;
- 3 – LDR;
- 4 - Fio de cobre desencapado;
- 5 - Conectores banana.

Os materiais utilizados para o experimento são:

- 1 resistor LDR (Figura 4).



**Figura 4** – Estrutura Física do LDR, Fonte: Revista Brasileira de Física, Disponível: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v40n4/1806-9126-RBEF-40-4-e5403.pdf>>, Acesso: 29 Abril de 2020.

É um resistor dependente de luz ou foto-resistência, a sigla é inglesa que significa **LDR** (*Light Dependent Resistor*), conforme a Figura 4. Um componente eletrônico passivo do tipo resistor variável, sobretudo pode-se dizer que é um resistor, no qual sua resistência varia conforme a intensidade da luz incidente sobre ele.

São fabricados com materiais de alta resistência, como por exemplo, o Sulfeto de Cádmio (CdS) ou o Sulfeto de Chumbo (PbS). Esses materiais possuem poucos elétrons livres, quando colocados em ambiente escuro e liberam elétrons, quando há incidência de luz sobre eles aumentando sua condutividade. Denominamos esse efeito de Fotocondutividade. No geral, os LDRs possuem resistências entre 1 M $\Omega$  e 10M $\Omega$  quando em ambiente escuro, e resistências que podem chegar a menos de 100 $\Omega$  quando iluminados.

Existe um tempo de recuperação para o LDR, isto é, a resistência dele não varia, instantaneamente, quando suas condições luminosas variam existindo uma latência (tempo) que decorre até que a sua resistência atinja um valor estável. Esse tempo de recuperação é expresso em K $\Omega$ /s, sendo um valor típico cerca de 200K $\Omega$ /s na passagem de um ambiente claro para um escuro, e muito mais rápido quando é ao contrário (MACEDO; PEDROSO; COSTA, 2018, p. e5403-2).

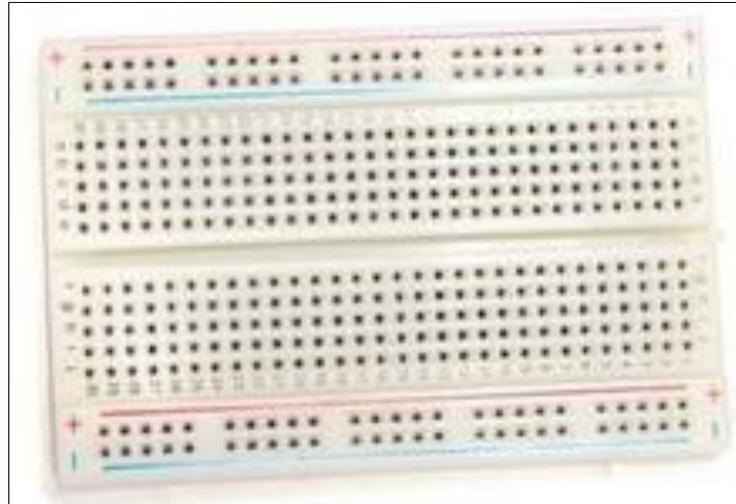
Abaixo, listam-se algumas aplicações do componente eletrônico LDR.

- Acionamento de relés;
- Sistemas de iluminação noturna
- Controle remoto de dispositivos;
- Luz intermitente;
- Controle de flashes.

- 1 protobord.

Protoboard é uma placa de ensaio ou matriz de contato com furos de conexões condutoras, para montagem de circuitos elétricos experimentais. A principal vantagem da placa é a montagem de circuitos eletrônicos e a facilidade de inserção de componentes, não sendo necessária a soldagem.

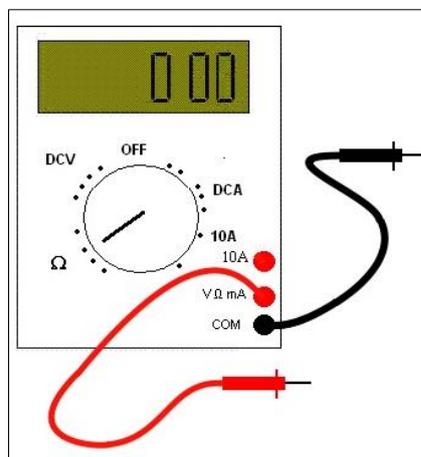
Os furos variam de 800 furos até 6000 furos, suas conexões são verticais e horizontais, conforme a Figura 5.



**Figura 5 – Protoboard.**

## 1 Multímetro

O multímetro Figura 6, é um aparelho com a função de executar medições de grandezas elétricas, também são conhecidos como multímetro ou multitest (multimeter ou DMM - digital multimeter em inglês). São dois os tipos de modelos existentes, analógico (de ponteiro) e modelos com painel digital. Contém diversos instrumentos de medidas elétricas em um único aparelho, como resistência, voltímetro, amperímetro, ohmímetro e capacitímetro, entre outros. É um aparelho fundamental como parte deste trabalho.



**Figura 6 – Multímetro.**

O multímetro analógico consiste, basicamente de um galvanômetro<sup>1</sup>, ligado por meio de uma chave seletora, uma bateria e com alguns resistores internos, seu principal funcionamento é como, ohmímetro, amperímetro e voltímetro. Já os multímetros digitais, possuem um painel digital de cristal líquido.

❖ **Procedimento e montagem (modelo do aluno).**

1. Primeiramente é feito a montagem do circuito do sensor, para isso utiliza-se um multímetro, uma protoboard e um dispositivo LDR;
2. Configura-se o multímetro para a escala de resistência ( $\Omega$  até  $20k\Omega$ );
3. Insira-se o LDR na protoboard conforme a Figura 2;
4. Conecte-se uma ponta de prova do multímetro em cada terminal do LDR;

❖ Após procedimentos dos itens anteriores observa-se que o efeito fotoelétrico ocorre, pois ao cobrir com as mãos o dispositivo LDR no circuito eclipsando a entrada da luz, visualiza-se que o valor da escala de resistência no multímetro varia.

❖ **Materiais utilizados (modelo do professor):**

No modelo do professor, foi feito um módulo para demonstração inicial do experimento em sala de aula.

**Materiais utilizados**

1. **Base principal do módulo** – circuito do sensor LDR (Figura 7):



**Figura 7** – Base principal do módulo.

---

<sup>1</sup> Galvanômetro d'Ansorval - os primeiros instrumentos para medir correntes elétricas apareceram ainda em 1820, ano em que “Oersted, físico dinamarquês, mostrou que elas podem provocar efeitos magnéticos (IFSC, 2020)”.

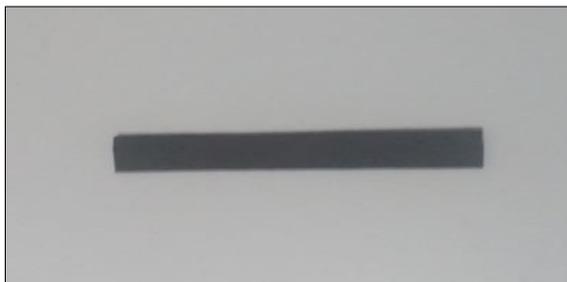
❖ **Material:**

MDF pintado com spray cor preto fosco;

❖ **Medidas:**

Comprimento = 17,5cm, Largura = 8,5cm;

2. **Base superior**



**Figura 8** – Base superior.

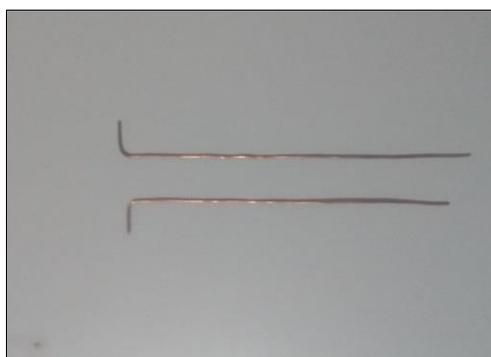
❖ **Material:**

MDF pintado com spray cor preto fosco;

❖ **Medidas:**

Comprimento = 7,5cm, Largura = 2 cm.

3. Dois fios de cobre (desencapado) (**Figura 9**):



**Figura 9** – Fios de cobre desencapados.

❖ **Medidas:**

Comprimento = 10 cm (cada)

4. Dispositivo LDR: Conforme a figura 4.

5. Dois conectores-banana (fêmea) (Figura 10):



**Figura 10** – Conectores-banana.

6. Multímetro: Conforme a figura 6.

❖ **Procedimento e montagem (modelo do professor):**

1. Cortam-se as madeiras MDF conforme, medidas indicadas nos itens 1 e 2 dos materiais utilizados conforme, Figura 7;
2. Pinta-se com spray de cor preto fosco ou como preferir (opcional);
3. Cola-se com cola quente a base superior, no centro da base inferior;
4. Se faz dois furos nas madeiras, de 0,1cm de diâmetro para instalação dos conectores-banana (fêmea), com espaçamento de 2 cm entre elas na extremidade da base superior;
5. Colam-se com cola quente, os dois fios de cobre dos lados da base superior;
6. Utiliza-se um ferro de solda de 40 W, 127 V, para soldar o dispositivo LDR em cada ponta dos fios de cobre uma perna do mesmo;

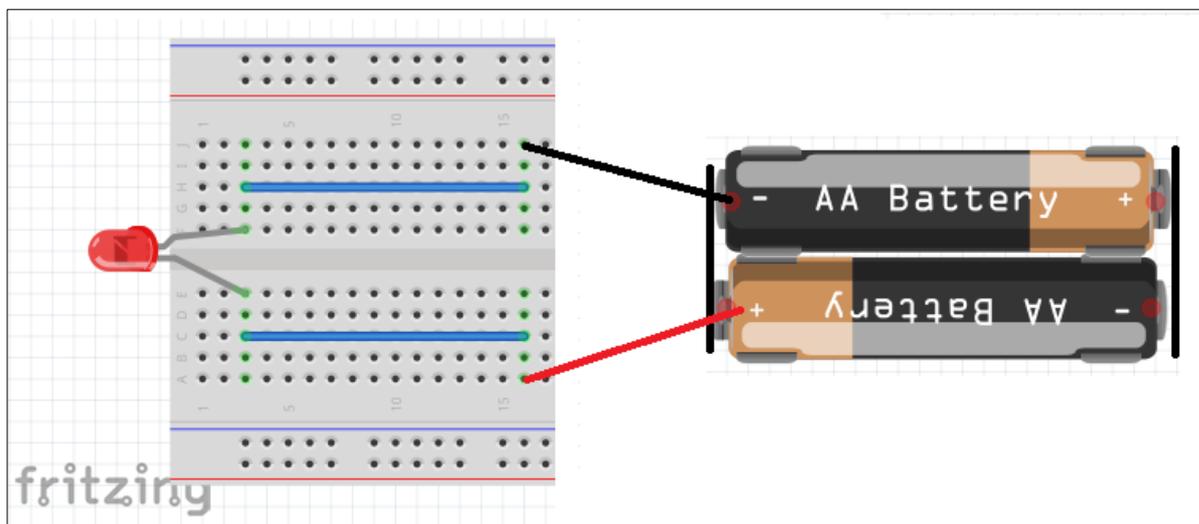
Mediante este módulo do experimento, é notória a variação do valor da resistência, devido à incidência da luz visível ou de variadas cores no dispositivo LDR, percebe-se em cada uma delas, suas frequências e energia diferenciadas quando incididas.

## 2.3 CIRCUITO EMISSOR DE LUZ DE LED

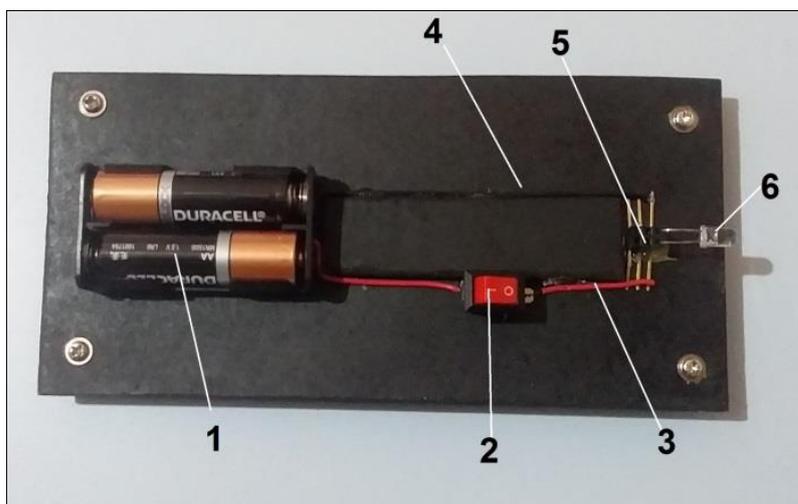
### 2.3.1 Especificações

Nesta subseção, demonstra-se o funcionamento do circuito emissor de luz de LED que serve de experimento complementar para o módulo circuito do sensor LDR.

O objetivo principal, é descrever como este experimento contribuirá para demonstrar de forma simples o efeito fotoelétrico. Este módulo é apresentado abaixo conforme a figura 11 (modelo do aluno) e figura 12 (modelo do professor).



**Figura 11** - Circuito emissor de luz de LED – modelo do aluno.

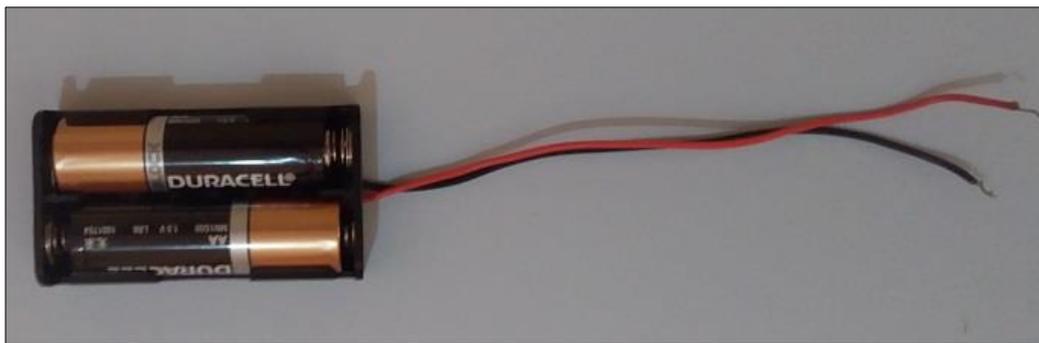


**Figura 12** – Circuito emissor de luz de LED – modelo do professor.

**LEGENDA (Figura 12):**

- 1 – Suporte com pilhas AA;
- 2 – Interruptor liga-desliga;
- 3 – Fio de cobre encapado cor vermelho;
- 4 – Fio de cobre encapado cor preta;
- 5 – Conector para LED's;
- 6 – LED.

Os materiais utilizados, são um suporte para duas pilhas de 1,5 volts (Figura 13).



**Figura 13** – Suporte para duas pilhas para o circuito do sistema emissor de luz de LED.

Conhecida como “pilha caneta” no Brasil, as pilhas AA é um padrão de pilha seca. Composta de uma única célula eletroquímica, sua capacidade é determinada pela tensão e é comumente utilizada em dispositivos elétricos.

- Uma protoboard;
- (já especificado no subitem 3.2.1).
- Três LED's de cores: azul, verde e vermelho (Figura 14).



**Figura 14** – LED's nas cores verde, vermelho e azul.

LED (*Light-Emitting Diode*) - **diodo emissor de luz** que quando submetida a uma diferença de potencial, suficiente, emite luz em uma determinada frequência.

❖ **Procedimento e montagem (modelo do aluno).**

1. Primeiramente deve observar se o LED está ligado da forma correta. Os LED's possuem terminais de diferentes tamanhos;
2. O menor terminal deve ser ligado ao polo negativo das pilhas;
3. Insira-se um dos LED's na protoboard conforme figura;
4. Conecta-se o fio vermelho, ao lado de maior terminal e o preto no menor;
5. Devem-se fazer três montagens desse tipo, uma para cada cor de LED;

## 2.4 CIRCUITO EMISSOR DE LUZ DE LED A PARTIR DE UMA PLACA SOLAR FOTOVOLTAICA

### 2.4.1 Especificações

Nesta subseção, está demonstrado o funcionamento do circuito emissor de luz de LED, a partir, de uma placa solar fotovoltaica que serve de experimento complementar. Este módulo é apresentado abaixo conforme, a Figura 15 (modelo do aluno) e a figura 16 (modelo do professor).

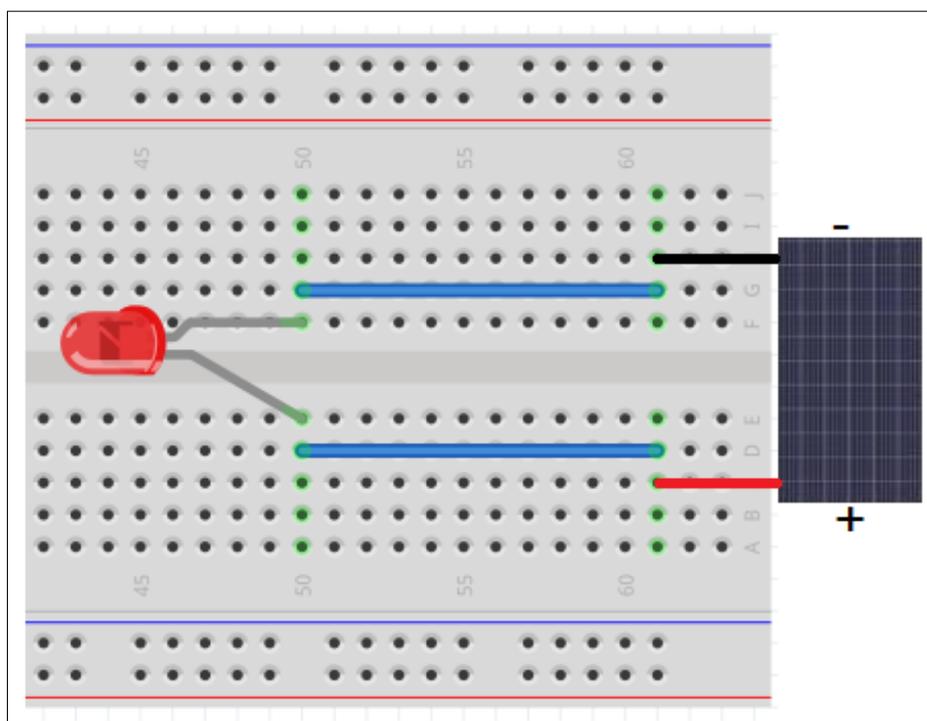
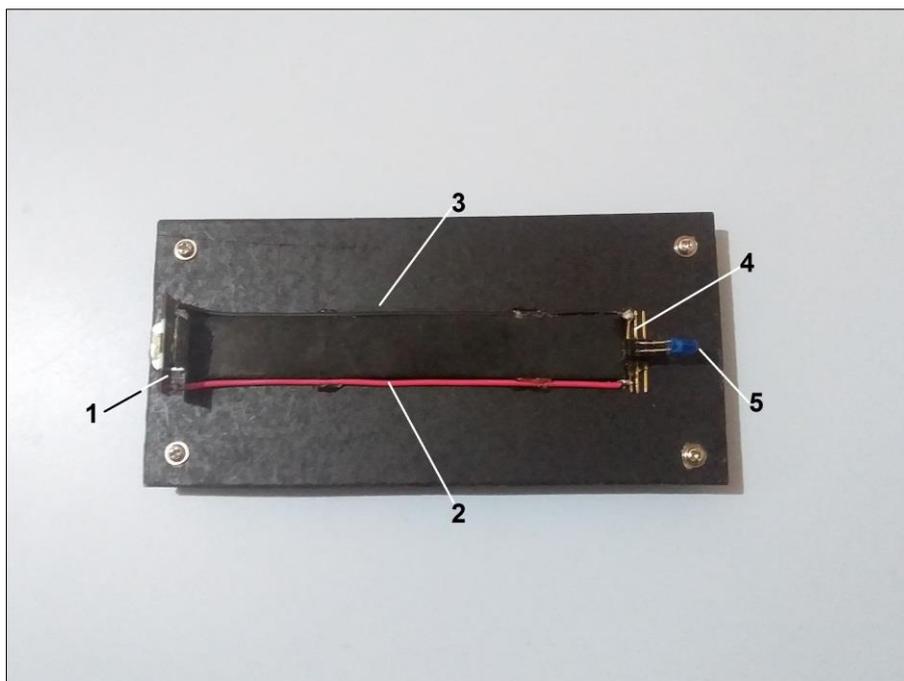


Figura 15 - Circuito emissor de luz de LED a partir de uma placa solar fotovoltaico modelo do aluno.



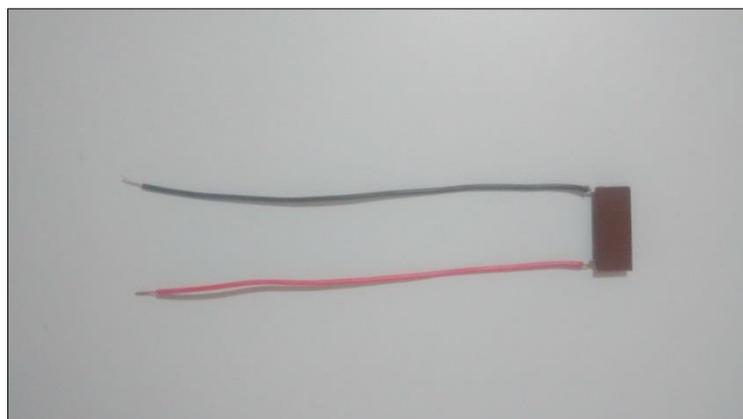
**Figura 16** - Circuito emissor de luz de LED a partir de uma placa solar fotovoltaico – modelo do professor.

**LEGENDA (Figura 16):**

- 1 – Placa Solar fotovoltaica;
- 2 – Fio de cobre encapado cor vermelho;
- 3 – Fio de cobre encapado cor preta;
- 4 – Conector para LED's;
- 5 – LED azul.

Os materiais utilizados são:

- Uma placa solar fotovoltaica (Figura 17).



**Figura 17** – Placa fotovoltaica.

Existem diversos tipos de placas solares fotovoltaicas. A utilizada neste trabalho consiste em uma placa de calculadora conhecida como Mini Célula Painel Placa Energia Solar Fotovoltaico, sua capacidade é determinada pela tensão e bem comum a sua utilização em dispositivos elétricos.

- Uma protoboard; (já especificado no subitem 3.2.1).
- Um LED de cor: azul; (já especificado no subitem 3.3.1).
- Uma lanterna;

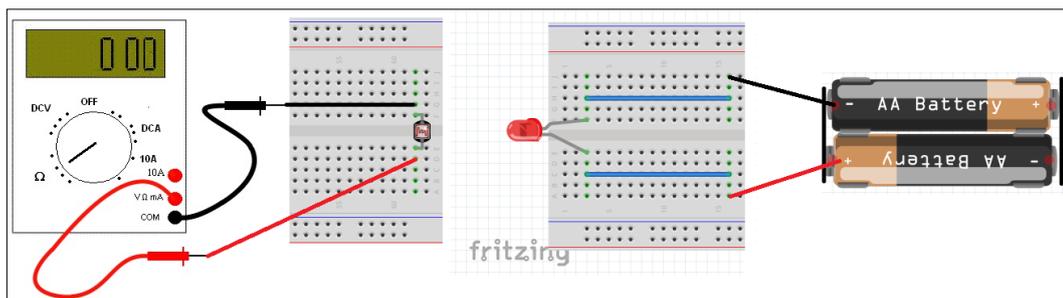
❖ **Procedimento e montagem (modelo do aluno):**

1. Primeiramente deve observar se o LED está ligado de forma correta. Os LED's possuem terminais de diferentes tamanhos;
2. O menor terminal deve ser ligado, ao polo negativo da placa fotovoltaica e o maior no polo positivo;
3. Insira-se um dos LED's na protoboard conforme a Figura 15;
4. Deve-se fazer uma montagem desse tipo, sendo a cor de LED opcional, de preferência uma cor mais escura, para melhor visualização;
5. Incida a luz da lanterna diretamente na placa solar fotovoltaico, conseqüentemente, acenderá o LED que se encontra na extremidade da placa protoboard onde é possível perceber o **efeito fotoelétrico** acontecendo.

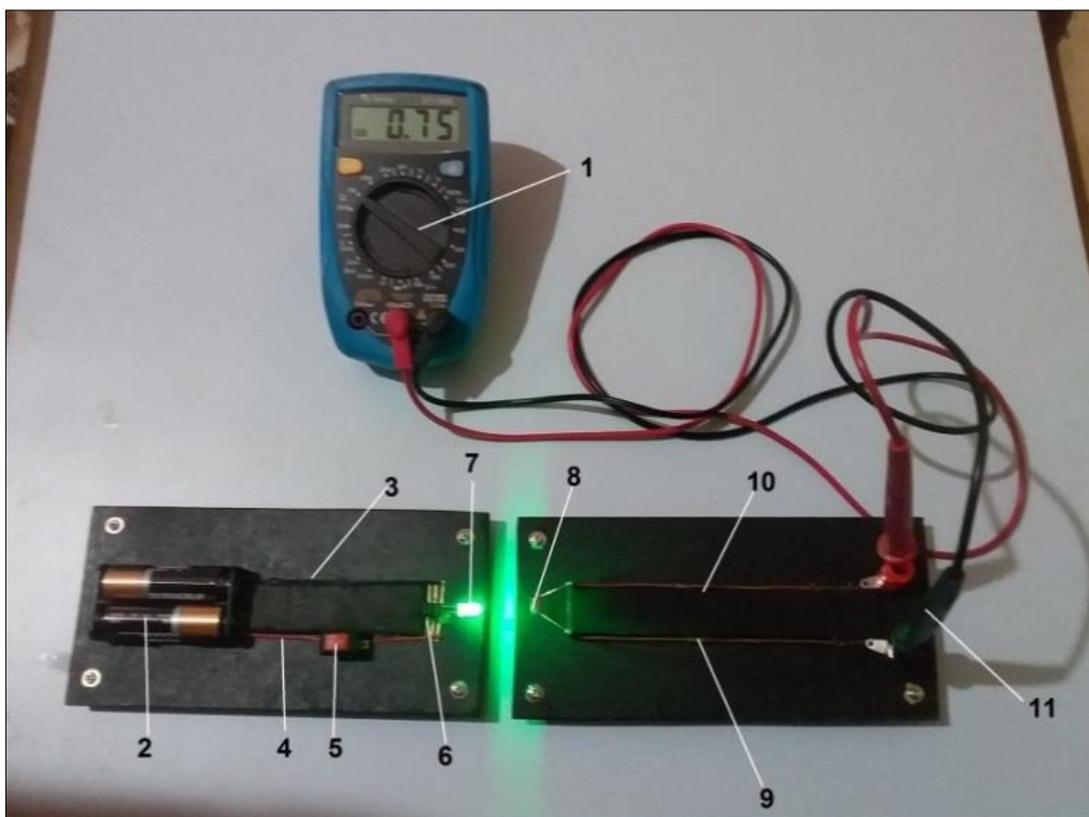
## 2.5 MONTAGENS DOS EXPERIMENTOS

### 2.5.1 Montagem do circuito do sensor LDR com o circuito emissor de luz.

Nesta subseção, é demonstrada a montagem do circuito sensor LDR em conjunto com o circuito emissor de luz, onde o objetivo principal é apresentar como este experimento contribuirá para demonstrar de forma simples o efeito fotoelétrico. O experimento é apresentado abaixo conforme a Figura 18 (modelo do aluno) e a Figura 19 (modelo do professor).



**Figura 18** - Circuito do sensor LDR com o circuito emissor de luz (modelo do aluno).



**Figura 19** – Circuito do sensor LDR com o circuito emissor de luz (modelo do professor).

**LEGENDA (Figura 19):**

- 1 – Multímetro;
- 2 – Suporte com pilhas AA
- 3 – Fio de cobre encapado cor preta;
- 4 – Fio de cobre encapado cor vermelho;
- 5 – Interruptor liga-desliga;
- 6 – Conector para LED's;
- 7 – LED aceso cor verde;
- 8 – LDR;
- 9 – Fio de cobre desencapado;
- 10 – Fio de cobre desencapado;
- 11 – Conectores banana.

❖ **Procedimento e montagem conforme a figura 19 e a figura 20:**

1. Coloque os módulos do circuito emissor de luz de LED na frente do circuito do sensor LDR;

2. Incida a luz do LED diretamente no sensor LDR;
3. Faça as referidas medições configurando o multímetro para a escala de resistência ( $\Omega$  até  $20k\Omega$ );
4. Alterne as cores dos LED's, sendo os mesmos de cores azul, verde e vermelho;

### 2.5.2 Medições e a Física Envolvida

O procedimento para as referidas medições foram realizadas, com um total de 17 alunos em sala de aula, sendo divididos em quatro grupos. Três grupos eram compostos por cinco alunos, e apenas um grupo com quatro alunos.

Através do experimento conforme a Figura 16, cada grupo realizou quatro medições, chegando numa média satisfatória na escala de resistência do multímetro conforme, é mostrado a seguir. Quando incidida a luz vermelha do LED no dispositivo LDR, aparecia no visor do multímetro a seguinte marcação:  $\sim 0,95 \Omega$ ; Medição com a luz verde – é feito o mesmo procedimento anterior, agora com a luz verde:  $\sim 0,75 \Omega$ ; Medição com a luz azul – é feito o mesmo procedimento anterior, agora com a luz azul:  $\sim 0,68 \Omega$ ;

De acordo com o espectro eletromagnético, tenha-se a seguinte ordem de frequência luminosa. Conforme visto nos experimentos, o LDR tem a sua resistência, variando de acordo com o feixe de luz incidente. Feixes mais energéticos, ou seja, com frequência maior, irá introduzir mais elétrons no material que compõe o LDR, executando com que sua resistência seja menor. Por exemplo:  $E=h.f$

$$E \text{ azul} > E \text{ verde} > E \text{ vermelho}$$

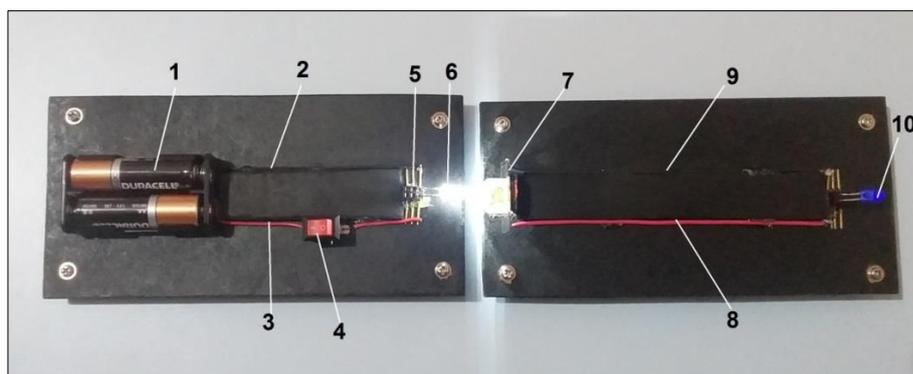
e

$$R \text{ azul} < R \text{ verde} < R \text{ vermelho}$$

Como a energia é determinada por  $E=h.f$  onde  $h$  é a constante de Plack e  $f$  é a frequência do de feixe de luz, defina-se: A energia do feixe azul é maior do que a da verde e maior do que o vermelho. Desta forma a resistência, do LDR da luz azul é menor do que para verde e menor do que o vermelho.

### 2.5.3 Montagem da placa solar fotovoltaica

O módulo do circuito da placa fotovoltaica quanto do professor, é formado com a finalidade que o aluno perceba o efeito fotoelétrico se desenvolvendo. Quando incidido a luz de LED do módulo emissor de luz na placa fotovoltaica doutro módulo, pode-se entender que ocorre uma corrente elétrica no circuito conseqüentemente acendendo um determinado LED (azul), conforme apresentado na figura 21.



**Figura 20** – Circuito emissor de luz e circuito emissor de luz de LED, a partir de uma placa solar fotovoltaica – modelo professor.

**LEGENDA (Figura 20):**

- 1 – Suporte com pilhas AA;
- 2 – Fio de cobre encapado cor preta;
- 3 – Fio de cobre encapado cor vermelho;
- 4 – Interruptor botão liga-desliga;
- 5 – Conector para LED's;
- 6 – LED acesso;
- 7 – Placa Solar fotovoltaica;
- 8 – Fio de cobre encapado cor vermelho;
- 9 – Fio de cobre encapado cor preta;
- 10 – LED acesso cor azul.

## REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. (2003). **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1. Ed., Lisboa-PT, Plátano Edições Técnicas. 219p.

MORAIS, José Uibson Pereira. JUNIOR, Romualdo S. Silva. **Experimentos didáticos no ensino de física com foco na Aprendizagem significativa**. Meaningful Learning Review, Porto Alegre, v.4, n.3, p. 62, 2014. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID69/v4\\_n3\\_a2014.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID69/v4_n3_a2014.pdf)>. Acesso em: 02 maio de 2020.

IFSC – INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS. **Instrumentos de Medidas Elétricas I: Voltímetros, Amperímetros e Ohmímetros**. Laboratório de Eletricidade e Magnetismo. Disponível:< <http://www.ifsc.usp.br/~strontium/Teaching/Material2010-2%20FFI0106%20LabFisicall/08-InstrumentosdeMedidasEletricas-I.pdf>> Acesso em: 14 Fev. 2020.

MACEDO, J. A.; PEDROSO, L. S.; COSTA, G. A. **Aprimorando e validando um fotogate de baixo custo**. Revista Brasileira de Ensino de Física, Instituto Federal de Minas Gerais, v.40, n4, p. e5403-2, abr 2018. Disponível: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v40n4/1806-9126-RBEF-40-4-e5403.pdf>>.