



## **PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

### **PRODUTO EDUCACIONAL**

Sequência de ensino: Laboratório Didático Investigativo: o ensino de  
Física com uso do Arduíno

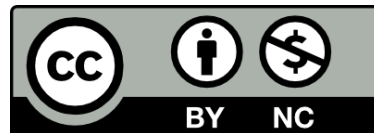
Artur Luciano Filho

Astrogildo de Carvalho Junqueira

São Paulo (SP)

**2016**

Este trabalho está licenciado sob uma Licença Creative Commons Atribuição-  
NãoComercial 4.0 Internacional. Para ver uma cópia desta licença, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.



Produto Educacional apresentado como requisito à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus São Paulo. Defesa realizada em 21/03/2016.

## AUTORES

**Artur Luciano Filho:** Mestre em Ensino de Ciências e Matemática no IFSP, início 2014, conclusão 2016. Especialista em Docência Superior pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo (2011). Graduado em Licenciatura em Física pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (2007), MasterClass - Física de Partículas 2011, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018, Participação como professor orientador na OBF anos de 2017 e 2018, Participação do VI Congresso ICLOC de Práticas na Sala de Aula 2014. Técnico Eletrotécnico pela Escola Técnica Federal de São Paulo(1987) , Professor de Física no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (2010-2011), Professor Orientador no Senai-SP, Professor Orientador de Gestão de Pequenas Empresas Telecurso TEC -SEESP, Professor Concursado Peb II - Secretaria da Educação do Estado de São Paulo na disciplina de Física, Professor Orientador de Iniciação Científica Júnior na PUC-SP para alunos da rede pública do Estado de São Paulo, Professor de Física na Fundação Pastor Rubens Lopes CBVM, Professor Curso de Pós Graduação (especialização) em Gestão de Instituições Escolares na Universidade Estácio Radial, Professor de Física no Colégio Fecap.desde 2012.

**Astrogildo de Carvalho Junqueira:** possui Bacharelado em Física (1996) e Licenciatura em Física (1998), ambos pela Universidade de São Paulo; Mestrado em Tecnologia Nuclear (1999) e Doutorado em Tecnologia Nuclear (2004), os dois títulos pela Universidade de São Paulo / IPEN. Desde 2006 é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (ex-CEFET/SP) onde ministra aulas para os cursos de graduação de Licenciaturas, de Engenharias e Tecnológicas e para o Ensino Médio Técnico, além de orientação no mestrado profissional de ensino em ciências e matemática, e também pesquisas em ensino de física. Tem experiência na área de Física Nuclear/Estado sólido, com ênfase em Interações Hiperfinas, tendo trabalhado com Correlação Angular gama-gama Perturbada (PAC) em materiais Perovskitas. Atualmente desenvolve pesquisas em ensino de física e inserção de novas tecnologias no ensino de física, particularmente a plataforma arduino e seus sensores.

**APÊNDICE A** - Como Produto Final desta pesquisa, esta sequência didática se propõe a trabalhar tópicos de Física com o uso do Arduino. Contém 05 exemplos de como programar o Arduino e executar as montagens dos circuitos elétricos. Também, os conceitos físicos que podem ser abordados em cada exemplo. Concluímos esta sequência didática com a apresentação de uma situação problema envolvendo um aparato experimental por nós chamado de Freio Magnético. Esta proposta está preparada para ser aplicada para alunos do Ensino Médio, porém, pode ser extensiva para outros níveis como Ensino Técnico e Superior.

## **APRESENTAÇÃO**

Caro(a) professor(a)

Esta sequência didática é fruto da pesquisa desenvolvida no Programa de Pós-Graduação no curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), ora apresentado como Produto Final.

Este material é destinado aos professores de Física do Ensino Médio e tem como objetivo inserir a programação de computadores com uso do Arduino e a microeletrônica no Ensino de Física. Também se aplica a outros níveis de ensino como o Técnico e Superior.

## SUMÁRIO

1 JUSTIFICATIVA .....	119
2 OBJETIVOS.....	121
2.1 OBJETIVO GERAL .....	121
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	121
3 REFERENCIAIS TEÓRICOS.....	122
4 ROTEIRO DAS SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS .....	122
5 EXEMPLOS - USO DO ARDUINO E SEUS SENSORES .....	127
5.1 ATIVIDADES 1 A 5.....	127
5.1.1 EXEMPLO 1 - UTILIZANDO UMA PORTA DIGITAL.....	127
5.1.2 EXEMPLO 2 - PROGRAMANDO UM SEMÁFORO COM LEDs.....	131
5.1.3 EXEMPLO 3 - USO DE UMA PORTA ANALÓGICA .....	135
5.1.4 EXEMPLO 4 - EXPLORANDO A SAÍDA DIGITAL PWM .....	140
5.1.5 EXEMPLO 5 - EXPLORANDO O SENSOR LM 35 PARA AFERIÇÃO DE TEMPERATURA.....	142
6 APARATO EXPERIMENTAL.....	146

## 1 JUSTIFICATIVA

O ensino de Física há muito tem se tornado um grande desafio para a maioria dos educadores e conseqüentemente para os educandos uma tarefa árdua para a apropriação dos seus conceitos e linguagem própria.

Em geral, ao preparar suas aulas o professor se referencia em livros didáticos. Isto em geral não é um problema, ao contrário é mais uma opção que o professor possui para elaborar sua proposta de trabalho durante o ano letivo. Entretanto, as críticas aos livros didáticos já são feitas por longa data, exemplo é a crítica feita por Bachelard (1996), em 1938 ao salientar que os conteúdos dos livros didáticos estão ligados a uma teoria geral e hermética:

“Seu caráter orgânico é tão evidente que será difícil pular algum capítulo. Passadas as primeiras páginas, já não resta lugar para o senso comum; nem se ouvem as perguntas do leitor. Amigo leitor será substituído pela severa advertência: preste atenção, aluno! O livro formula as suas próprias perguntas. O livro comanda”. (BACHELARD, 1996, p. 31).

Ou ainda, olhar para o trabalho de Carneiro (2005) e perceber em suas abordagens, críticas frente ao dogmatismo do livro didático que ao citar Zabala (1998), nos dá um indicativo de que esta característica não colabora com o processo investigativo:

“Zabala (1998) fez um levantamento das principais críticas a esse recurso de ensino. Dentre as apresentadas, destacamos: tratamento unidirecional dos conteúdos, dogmatismo e apresentação dos conhecimentos como prontos e sem possibilidade de questionamento. Merece destaque também o fato de os livros didáticos não potencializarem a investigação nem o contraste entre a educação escolar e a realidade extraescolar, dificultando a formação de atitude crítica do aluno. Uma das críticas mais contundentes ao livro didático é que ele impõe ao professor, não somente os conteúdos a serem trabalhados, como também um conjunto de procedimentos que se cristaliza na sala de aula, condicionando seu trabalho”. (CARNEIRO, 2005, p. 4).

Analisando o parecer de Nascimento e de Alvetti (2006) sobre como são abordados os tópicos de Física Moderna nos livros didáticos, encontramos sua preocupação quanto à possibilidade de se fornecer uma formação alienada da história humana aos discentes quanto à construção do conhecimento científico. Sem embargo, compactuamos com esta preocupação por entender a necessidade do discente poder ter acesso a uma formação crítica e que também lhe permita desenvolver sua criatividade. Assim, expomos o seu pensamento:

“No caso específico da Física, a apresentação pontual de tópicos de física moderna e contemporânea tem relação com o enfoque tradicional dado aos conteúdos da Física Clássica apresentados nos livros didáticos, o qual pode ser resumido em três passos: desenvolvimento do ferramental matemático, apresentação das teorias e confirmação das teorias através de relatos de experiências ou exemplos. Observa-se com isso uma notória diminuição da discussão sobre o problema físico, dos envoltos epistemológicos, da História e Filosofia da Ciência, em prol de conteúdos que buscam, sobretudo, a formulação de exercícios adequados (que utilizam prontamente as fórmulas) para o nível de conhecimento matemático do aluno. Nesse sentido, notamos que a disposição tradicional dos conteúdos nos livros didáticos de Física utilizados no ensino médio brasileiro tende a formar, ao que parece, um paradigma didático para o Ensino de Física, claramente não compatível com os objetivos enquadrados nos preceitos de uma formação como cultura contemporânea”. (NASCIMENTO, 2006, p. 33).

As sequências didáticas apresentadas nos livros didáticos acabam por promover uma apresentação formal e tradicional dos conteúdos, descaracterizando o processo histórico de sua elaboração.

Assim, acreditamos que para um aprendizado significativo se faz necessário romper com o repasse de conteúdos acrícos e permitir ao discente participar do processo de ensino e aprendizagem, como destacado por Covolan e Silva (2005):

“A busca de uma prática pedagógica voltada para um aprendizado mais significativo justifica-se perante a crescente insatisfação com o paradigma tradicional de ensino, que preconiza, basicamente, o repasse de conteúdos de forma acríca valorizando a memorização apática por parte dos estudantes”. (COVOLAN & SILVA, 2005, p.97).

Não podemos descartar o período em que vivemos a era digital. Portanto, inserir a programação de computadores e o acesso aos componentes inerentes à microeletrônica é uma oportunidade de iniciarmos a desvendar a caixa preta dos equipamentos tecnológicos. Estes argumentos são apoiados pelas orientações documentadas pela LDB (2000) e pelos PCNs (2002), que orientam a premissa de se organizar os conteúdos atrelados ao cotidiano dos discentes.

Esperamos que estas sequências didáticas possam ser replicadas por outros professores e ou pesquisadores que desejam fazer uso desta interface, Arduino, para o ensino de Física no período regular das aulas. Inicialmente, estas sequências se parecem com as mesmas apresentadas em aulas tradicionais. Entretanto, esta sequência didática estimula o protagonismo e não a passividade dos alunos. Deseja-se romper com o mau hábito de decorar



conteúdos ou mesmo desenvolver roteiros de laboratório herméticos. Acreditamos que poderão tirar grande proveito do uso do LADIN em sua formação em busca da autonomia.

Neste sentido, acrescentar a possibilidade de colaborar com a formação de cidadãos críticos que possam atuar nas diversas áreas do conhecimento com autonomia.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho concentrou-se em desenvolver uma sequência didática como Produto Final a ser disponibilizado no término da pesquisa. Direciona-se a alunos do Ensino Médio inserindo a programação de computadores com o uso do Arduino e a microeletrônica no ensino de Física.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- (A) Inserir o Arduino a partir de aula expositiva e pesquisas na internet [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) ;
- (B) Apresentar a programação do Arduino e os fóruns para discussões na *internet*.
- (C) Permitir a montagem de circuitos elétricos reais ligados ao Arduino com possibilidade de se executar medidas elétricas a partir de exemplos disponíveis na plataforma de desenvolvimento IDE do Arduino;
- (D) Discutir os sensores eletrônicos e como são ligados ao Arduino. Destacar que o Arduino será uma ferramenta para a aquisição de dados.
- (E) Propor uma situação problema a partir de um aparato experimental por nós desenvolvido que possa ser manipulado pelos alunos com ou sem o uso do Arduino.

Nota: o aparato experimental está discriminado no final desta sequência didática, também disponibilizamos em <http://sophisis.blogspot.com.br/> a programação para:

1. Calibrar os LDRs em função da disponibilidade de luz natural no ambiente de aplicação do experimento. <http://bit.ly/1S6g8vW>
2. Para a coleta de dados, neste caso nos referimos aos intervalos de tempo em função do posicionamento dos sensores LED + LDR. <http://bit.ly/1VyhYrO>

### **3 REFERENCIAIS TEÓRICOS**

Nossa proposta didática foi embasada a partir dos seguintes referencias teóricos:

1. Aprendizagem significativa de Ausubel (2000).
2. Uso do Laboratório Didático, Currículo do Estado de São Paulo para o ensino de Física (2010), Azevedo (2004), Hodson (1992), Gil e Castro (1996), Borges (2002). Ampliamos esta discussão por apresentar o termo (LADIN), Laboratório Didático Investigativo.
3. Para a inserção do Arduino nos valem os tutoriais disponíveis na internet, sobretudo a página oficial do Arduino [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc).

### **4 ROTEIRO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

Esta sequência didática tem como plano inserir a microeletrônica e programação do Arduino como uma ferramenta que contribua para com o processo de ensino/aprendizagem dos conteúdos de Física pertinentes ao terceiro ano do Ensino Médio relacionados com Eletrodinâmica e Eletromagnetismo. Entretanto, outros tópicos relativos à Mecânica serão evocados no processo e achamos isto salutar, sobretudo, por entendermos que a Física não seja uma disciplina compartimentada, subdividida e tampouco fragmentada em blocos. Esta é uma ação prevista com a duração de um bimestre com um total de 20 aulas para escolas que preveem um curso de Física com duas aulas por semana.

Não obstante, disponibilizamos 05 roteiros de programação e montagens dos circuitos elétricos com o Arduino, podendo ser aplicadas as três séries do Ensino Médio conforme disponibilidade da instituição escolar e da capacitação do professor.

Entendemos que as turmas poderão ser subdividas em grupos, democraticamente escolhidos pelos alunos, porém, com um máximo de 04 alunos por grupo, isto poderá facilitar a distribuição dos insumos necessários para o desenvolvimento das atividades. Também entendemos que o trabalho em grupo é uma grande oportunidade formativa para os alunos, uma realidade presente no mercado de trabalho.

O professor também deve estimular o compartilhamento de conhecimento entre os grupos. Na sétima ação previmos não haver formação de grupos e sim propor que todos trabalhem simultaneamente, empenhados na resolução dos problemas.

1. Apresentação da *interface* Arduino. **Tempo previsto – 02 aulas.**

Neste momento deve-se apresentar a placa Arduino, o *site* oficial [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) e suas características. Os alunos deverão na sala de informática pesquisar vídeos, projetos, modelos, reportagens e temas afins.

Esta atividade tem por objetivo aproximar o aluno desta tecnologia e ao mesmo tempo em que ele perceba reais condições de manipulá-la, e ainda desenvolver seu interesse por esta tecnologia, o Arduino.

2. Apresentação física do Arduino. **Tempo previsto – 02 aulas.**

Deve-se nesta aula detalhar todas as entradas elétricas do Arduino como as entradas analógicas e as digitais. É provável que os alunos não possuam conhecimento técnico sobre estas definições, entretanto, isto não será um empecilho para o seu uso, antes servirá para que no momento das montagens saibam exatamente para onde olhar e como efetuar as conexões. Todos os acessórios devem ser apresentados como fios para conexões, *protoboard*, sensores, LEDs e aparelho de medidas elétricas como o Multímetro. Os alunos poderão efetuar pesquisas na *internet* na busca de informações detalhadas dos sensores apresentados, como suas características elétricas mínimas para funcionamento. Neste momento da aula o professor poderá discutir o que os símbolos elétricos representam como A, V,  $\Omega$ , W respectivamente corrente, tensão, resistência e potência elétrica entre outros.

Para estimular o desejo dos alunos em manipular o Arduino, o professor poderá fazer com que um LED seja aceso pelo Arduino na função pisca-pisca (**exemplo 01**) e permitir ao aluno alterar o tempo de programação.

### 3. Programação. **Tempo previsto – 02 aulas.**

Nesta etapa o professor deve apresentar aos alunos o processo básico da programação do Arduino, sobretudo sua biblioteca básica que pode ser encontrada em [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc). É proveitoso também, destacar a utilidade ao usar os fóruns do Arduino onde uma enorme comunidade de usuários compartilha informações. Esta ação poderá oferecer ao aluno a autonomia para a pesquisa e contribuir para solução de problemas.

Retomando a aula anterior o professor deve detalhar a programação do Arduino para fazer um LED piscar e propor aos alunos que façam programações diversas inserindo um LED de cada vez e alternando o tempo entre aceso e apagado. Pode-se solicitar a criação de um programa para o funcionamento de um semáforo de uma via (**exemplo 02**) e com duas vias. É muito importante que nesta fase o professor monitore cada programação, pois haverá erros e os alunos devem ser estimulados a encontrá-los.

### 4. Circuitos elétricos e medidas elétricas. **Tempo previsto – 02 aulas.**

Cabe ao professor detalhar o esquema elétrico com seus símbolos e locais, portas, para as ligações. Neste momento o professor poderá iniciar uma discussão sobre a necessidade da inserção de resistores para a ligação dos LEDs. Temas como Lei de Ohm, circuito série e paralelo, queda de tensão, corrente elétrica, associação de resistores e uso de instrumentos de medidas elétricas terão um maior significado para o aluno. *Deve-se explorar a manipulação do multímetro para a medida correta de resistência, tensão e corrente elétrica.*

### 5. Avaliação do processo. **Tempo previsto 02 aulas.**

O professor poderá aplicar uma avaliação a partir de uma situação problema envolvendo o uso de LEDs que serão ligados e desligados conforme a sequência proposta divulgada pelo professor. Deve-se solicitar aos alunos que façam esquemas elétricos para as possíveis ligações bem como a programação do Arduino. A parte final da avaliação será a montagem e o teste de funcionamento do circuito em um *proto-board*.

Nota: é possível que alguns componentes elétricos sejam danificados nesta etapa da aplicação da sequência didática, para minimizar este evento cabe ao professor verificar cada montagem antes do seu teste.

6. Sensores e acessórios elétricos. **Tempo previsto 04 aulas.**

Nesta etapa o professor poderá apresentar diversos sensores como LEDs, LDRs, LM35, de ultrassom, de gás e umidade, bem como resistores e potenciômetros. Também alguns acessórios como *Shields* de internet, motores, câmeras e outros que o professor tiver conhecimento. É muito importante que o professor destaque as características elétricas de cada sensor ou acessório para que as montagens sejam executadas corretamente. Nesta atividade deve-se apresentar uma proposta de utilização de cada sensor disponível.

Nota: neste trabalho apresentamos uma sequência de programação e montagem envolvendo o LDR, o LM35 e um potenciômetro (exemplos 3, 4 e 5).

7. Situação problema e avaliações. **Tempo previsto 12 aulas.**

Cada professor poderá planejar uma situação problema, entretanto, seguindo o tema de nossa sequência didática, construímos um aparato experimental, Freio Magnético. Descrevemos ao final desta seção suas características e sugerimos a sua utilização, pois, embora a construção não seja a mesma sua utilização é muito simples.

Acreditamos que ao disponibilizar um aparato experimental para o aluno, não se crie uma contradição: o aparato servirá para a verificação do fenômeno físico ele

em si não é a situação problema, pois, o problema está relacionado com o tempo de queda de cada esfera ser diferente, esperamos que as pesquisas do aluno siga este sentido.

Suas características construtivas permite o uso de sensores como LED e LDR inseridos ao Arduino para a coleta de dados e mesmo que o grupo sugira a coleta de dados de outra forma isto é possível. Sugerimos que cada aluno faça anotações para cada ação. Estas anotações devem apresentar todo o processo adotado pelo grupo que servirá de base para confecção de relatório, revisão de conceitos, controle do tempo por parte do grupo e também como um protocolo em que o professor poderá efetuar parte de sua avaliação.

Ao apresentarmos o aparato experimental aos alunos poderemos lançar a seguinte questão para que eles iniciem a sua “pequena pesquisa”:

- Pergunta central: Por que a esfera de aço percorre o tubo de alumínio com maior rapidez do que o ímã em forma de esfera fabricada com o material neodímio, denominado como terra rara?

Outras perguntas que o professor poderá fazer uso para direcionar o trabalho. É importante destacar que caberá *aos alunos e não ao professor elaborar perguntas, levantar hipóteses, desenvolver procedimentos para responder às questões e mesmo verificar a validade de suas hipóteses.*

- Qual o tempo gasto para que as esferas percorram o mesmo trecho?
- Qual a velocidade alcançada por ambas às esferas?
- Construam gráficos para as velocidades encontradas.
- Construam gráficos para representar as variações de velocidade.

Acreditamos que nesta fase possam ocorrer maiores dificuldades aos alunos e cabe ao professor estar bem preparado para poder assessora-los. Esperamos também, haver um maior compartilhamento de conhecimento entre os alunos, e esta ação deve ser estimulada pelo professor, pois, estaremos olhando para o processo e não meramente para um resultado final, não é uma competição.

Nota<sub>1</sub>: *embora vivamos em uma sociedade competitiva, entendemos que ações coletivas são mais eficientes na solução de problemas, bem mais do que isso, ativamos o senso de responsabilidade em cada cidadão ao perceber que suas ações têm real significado para o processo.*

Nota<sub>2</sub>: *Avaliação do processo.*

Já descrevemos que nossa intenção é estimular o aluno com o uso do LADIN a desenvolver características pertinentes à ciência, mesmo que se demonstrem incipientes. Portanto, mais importante que os resultados obtidos na solução do problema por cada grupo, *os processos adotados coletivamente devem ser valorizados*. Nesta etapa, espera-se que o professor valorize todas as ações desenvolvidas pela classe e que também pontue as falhas de modo específico com o intuito que os próprios alunos decidam como corrigi-las. Salientamos que o processo avaliativo é contínuo e no ato de avaliar as ações de seus alunos o professor se autoavalia. Segundo Hadji:

“O professor, que será informado dos efeitos reais de seu trabalho pedagógico, poderá regular sua ação a partir disso. O aluno, que não somente saberá onde anda, mas poderá tomar consciência das dificuldades que encontra e tornar-se-á capaz, na melhor das hipóteses, de reconhecer e corrigir ele próprio seus erros.” (HADJI, 2001, P. 20).

## 5 EXEMPLOS - USO DO ARDUINO E SEUS SENSORES

5.1 ATIVIDADES 1 a 5 - Apresentamos 05 exemplos para uso do Arduino e seus sensores. O objetivo destas atividades é preparar o aluno para a utilização do Arduino na solução da situação problema. **Em especial é importante ressaltar o uso correto do par de sensores LED + LDR 3º exemplo desta sequência didática se a intenção for replicar a situação problema. Este exemplo deve ser amplamente discutido até que os alunos tenham total confiança em sua utilização.** Todos os exemplos possuem esquema elétrico, montagem elétrica, programação, lista de materiais e os tópicos de Física para serem trabalhados durante a aplicação do plano de aula.


### 5.1.1 EXEMPLO 1 - UTILIZANDO UMA PORTA DIGITAL

Usaremos um exemplo que consta dos arquivos do IDE. Este exemplo é o *Blink* (termo em inglês pisca-pisca) que faz um LED piscar em intervalos de tempo (*delay*) iguais. Mesmo

tempo para o LED aceso e para o LED apagado. O programador poderá alterar os tempos para LED aceso e apagado. A Figura 14 descreve a programação para o *Blink*, pisca-pisca. Ativar uma porta digital indica que a mesma estará em nível lógico (1) alto 5 V e ao desativá-la a porta estará em nível lógico (0) baixo 0 V.

## MATERIAIS

- Resistor de 100Ω
- Fios para conexão entre os pinos do Arduino, conhecido como “jumpers”.
- Protoboard
- Arduino
- LED



```

Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

pisca_pisca$
int LED = 13; // o valor inteiro do LED é igual a 13, porta 13.

void setup() {
  pinMode(LED,OUTPUT);//define LED como uma porta de saída
}

void loop() {
  digitalWrite(LED,HIGH);// ativará a porta digital 13
  delay (1000);// manterá o LED aceso por 1000 ms
  digitalWrite(LED,LOW);// desativará a porta digital 13
  delay(1000);// manterá o LED apagado por 1000 ms
  //após este tempo volta a ativar a porta 13
}
|

Carregado.

```

Figura 13 - IDE do Arduino programa do pisca-pisca.  
Fonte: o autor

Para maiores informações o leitor poderá consultar a página oficial do Arduino ou <http://bit.ly/1WaSxLZ>. Na primeira parte da programação descrevemos as variáveis. Na segunda parte da programação definimos as portas que serão utilizadas. Na terceira parte da programação definimos a rotina que será rodada pelo programa. Observe que a forma de escrita é própria do “Sketch”, ou a página que o Arduino disponibiliza para a escrita da



programação, e quando as letras ficam com tonalidade vermelha é porque a digitação está correta para as funções em *void setup* e *void loop*. Dentro dos parênteses as variáveis descritas devem corresponder às informações que fizemos na primeira parte da programação e a condição descrita ficará com a tonalidade azul se a escrevermos corretamente, conforme a biblioteca do Arduino. Sempre que acabarmos uma linha de comando deveremos encerrar com ponto e vírgula (;). Qualquer declaração que seja feita a partir de duas barras (//) será considerada apenas como comentário, não influirá na programação. Os comandos devem começar depois de uma chave aberta com o uso do símbolo { e encerrar com a programação com uma chave } fechada. Os exemplos a seguir levarão em conta as atribuições para programação acima dispostas. A figura 15 apresenta o esquema unifilar do circuito elétrico.

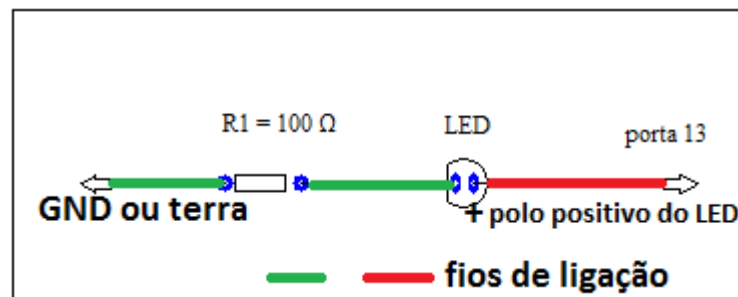


Figura 15 - Esquema elétrico unifilar resistor + LED  
Fonte: o autor

Algumas informações importantes para a montagem do circuito:

- 1- O LED é polarizado e o terminal maior representa o polo positivo, devendo ser ligada ao pino 13 que é uma saída digital e fornecerá 5 V de tensão. Os LEDs, *Light Emitting Diode*, sigla em inglês para Diodo Emissor de Luz, operam com tensões entre 1,6 V a 3,3 V. Sendo então necessário promover uma queda de tensão na saída digital para evitar que o LED entre em curto-circuito, abrindo o circuito elétrico. O esquema acima indica a necessidade de se associar um resistor em série com o LED. As Figuras 16 e 17, respectivamente, apresentam a estrutura de um LED e um LED real. Esta é uma excelente oportunidade para a intervenção do professor para iniciar a discussão sobre a queda de tensão que ocorre em um resistor quando o mesmo é percorrido por corrente elétrica. Poderá também discutir o conceito de potência elétrica a partir dos dados reais do circuito elétrico.

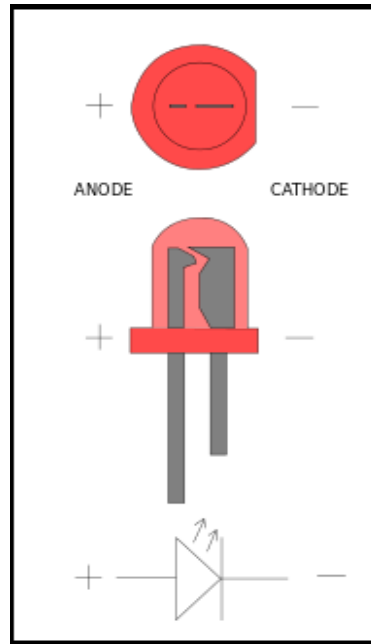


Figura 16 - LED vermelho, detalhe construtivo  
 Fonte: <http://bit.ly/23GIJjT> . Acesso 16-08-2015 as 20h04min.



Figura 17 - LED vermelho real  
 Fonte: <http://bit.ly/1MDR4Mt> . - acesso em 16-08-2015 as 20h21 min

- 2- A potência máxima permitida de um LED vermelho é da ordem de 20 mW. Se considerarmos uma tensão de alimentação de 3 V a corrente máxima que circulará pelo LED será de +/- 70 mA. Para uma queda de tensão de 2 V um resistor de 30  $\Omega$  seria o suficiente, usaremos um de 100  $\Omega$  como garantia.
- 3- O terminal do resistor deverá ser ligado no pino GND do Arduino para fechamento do circuito, conforme foto abaixo.
- 4- Usamos como padrão o fio na cor vermelha para ser ligado na saída digital com tensão de 5 V, se esta for à programação e o fio na cor verde para ser conectado ao pino GND ou terra do Arduino.

A figura 18 demonstra uma possibilidade para a montagem física do circuito elétrico. Mantivemos o padrão de cores dos fios de ligação conforme a figura 11.

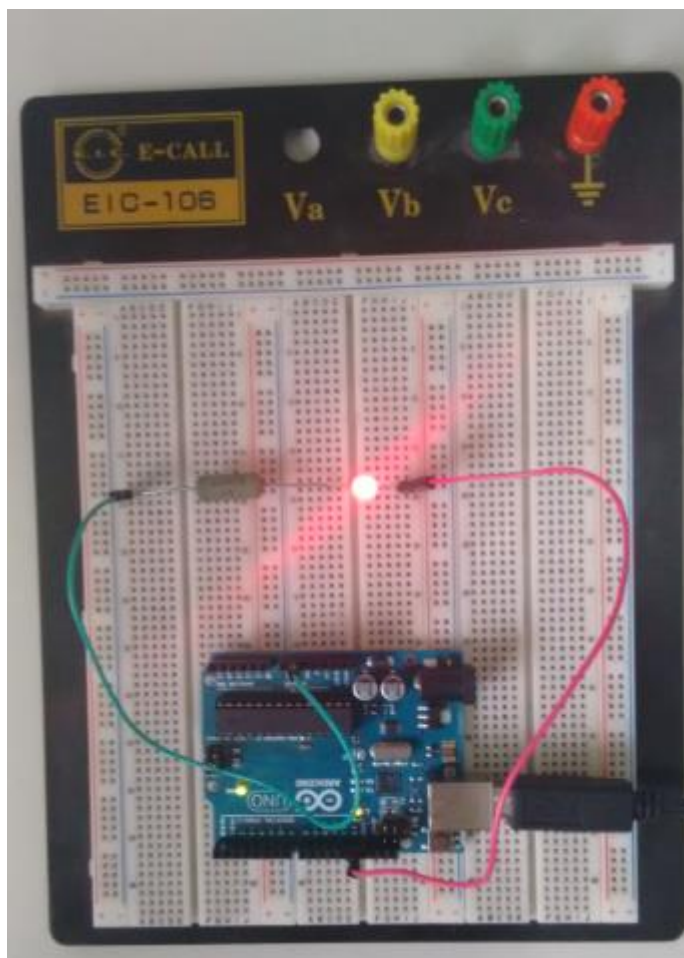



Figura 18 - Montagem elétrica do Blink ou pisca-pisca  
Fonte: o autor

Pronto, agora é só carregar o programa Figura 10 no Arduino através do ícone Upload  e verificar o funcionamento. O fenômeno observado será o piscar intermitente do LED.

### 5.1.2 EXEMPLO 2 – PROGRAMANDO UM SEMÁFORO COM LEDs.

As figuras 19 e 20 apresentam o esquema de montagem física do circuito elétrico e a figura 21 apresenta a programação.

## MATERIAIS

1. LED vermelho
2. LED verde
3. LED amarelo
4. Três resistores de  $100\ \Omega$
5. Protoboard
6. Fios
7. Arduino

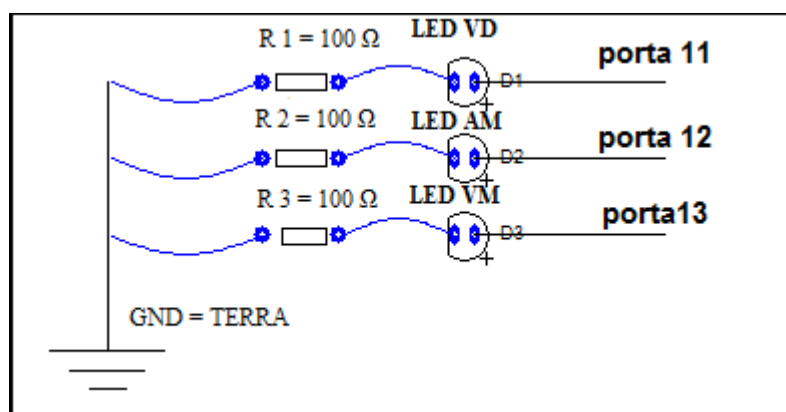


Figura 19 - Esquema elétrico unifilar do semáforo.  
Fonte: o autor, o programa está na p. 50.

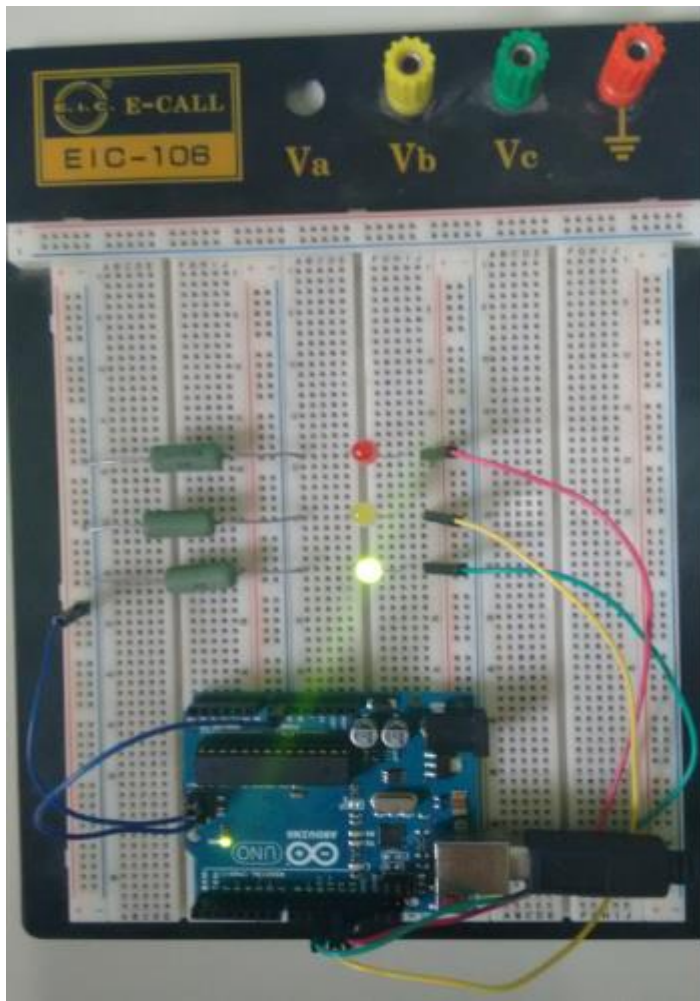


FIGURA 20 - Montagem elétrica do semáforo  
Fonte: o autor

```

sem_foro | Arduino 1.6.4
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

sem_foro $
float kk = 8000;
float jj = 3000;
float ww = 5000;
int VM = 13;
int AM = 12;
int VD = 11;

void setup() {
  pinMode (VD, OUTPUT); // verde
  pinMode (AM, OUTPUT); // amarelo
  pinMode (VM, OUTPUT); // vermelho
}

void loop() {
  digitalWrite (VD, HIGH);
  delay (kk);
  digitalWrite (VD, LOW);
  digitalWrite (AM, HIGH);
  delay (jj);
  digitalWrite (AM, LOW);
  digitalWrite (VM, HIGH);
  delay (ww);
  digitalWrite (VM, LOW);
}

```

Figura 21 - Programação do semáforo.  
Fonte - o autor

Algumas considerações sobre a programação do semáforo;

1. No campo para a descrição das variáveis escolhemos inserir o termo *float* (indica variáveis não inteiras) para indicar a variável tempo e a chamamos de kk, jj e ww, que possuem valores diferentes em ms, milissegundos ou  $10^{-3}$ s.
2. As saídas digitais 11, 12 e 13 também receberam outras nomeações correspondentes às cores dos LEDs utilizados no semáforo. Ao montar o circuito deve se atentar para estas indicações.

### 5.1.3 EXEMPLO 3 - USO DE UMA PORTA ANALÓGICA

Neste exemplo poderemos verificar mais dois comandos do Arduino. O primeiro é o uso de uma porta analógica para verificar a variação de tensão nesta porta. O segundo é poder imprimir e decodificar estes valores a partir do *SERIAL MONITOR* do IDE que auxilia no recebimento e envio de dados para a placa sem a necessidade de recorrer a uma ferramenta externa. Lembrando que a tensão de trabalho do Arduino é de 5 V e que a leitura de uma porta analógica para este nível de tensão corresponde a 10 bits. Assim, para se realizar a conversão da leitura obtida no *SERIAL MONITOR* para tensão elétrica expressa em volts, V, basta usar uma regra de três. Exemplo: 5 V = 10 bits, leitura da porta analógica = 800, então, a tensão de saída desta porta vale:

$$V = 800 \times 5 \text{ V} / 1024 = 3,91 \text{ V}$$

Este valor, 3,91 V, é a tensão de entrada na porta analógica selecionada. Uma ferramenta importante é programar o Arduino para que outras funções sejam habilitadas a partir de determinada leitura efetuada pela porta analógica. Por exemplo, se a leitura for entre 800 e 900 uma porta pode se abrir ou fechar. Para testarmos estas funções usaremos um LDR que é um resistor fotossensível, isto é, tem os seus valores de resistência elétrica alterada conforme a incidência de luz sobre ele. Todos os componentes eletrônicos possuem um catálogo com as suas aplicações e suas características chamado de *Datasheet*<sup>18</sup>.

#### Divisão de Tensão em função da intensidade de luz

##### Divisor de Tensão

Ligar um LDR em série com um resistor padrão com uma única tensão de alimentação DC tem uma grande vantagem, a tensão na saída sofre variação em função do nível de luz a que está exposto. O valor da queda de tensão através de resistência em série,  $R_1$  é determinada pelo valor da resistência do LDR,  $R_{ldr}$ . A capacidade de gerar tensões diferentes produz um circuito que se denomina "divisor de tensão".

<sup>18</sup> O *Datasheet* do LDR utilizado neste texto pode ser encontrado em:  
<http://bit.ly/11PIKnY>

A variação da resistência elétrica em um LDR se dá seguinte maneira:

- **Escurecimento:** resistência máxima, geralmente em mega ohms,  $M\Omega$ .
- **Luz muito brilhante:** resistência mínima, geralmente dezenas de ohms,  $\Omega$ .

A corrente através de um circuito em série é igual para todos os componentes do circuito, como o LDR altera o valor de sua resistência em função da intensidade da luz, a tensão presente em  $V_s$  é determinada pela fórmula de divisão de tensão entre resistências. O valor da resistência do LDR,  $R_{ldr}$  pode variar de  $100\ \Omega$  à luz do sol até  $10M\Omega$  na escuridão absoluta, é esta variação de resistência que produz a variação de tensão na saída  $V_s$ . Podemos determinar a tensão de saída  $V_s$  pela equação:

$$V_s = v_e \left( \frac{R_1}{(R_{ldr} + R_1)} \right)$$

- $V_e$ : Tensão de Entrada
- $V_s$ : Tensão de Saída
- $R_{ldr}$ : Resistência ôhmica do LDR que varia em função da luz recebida
- $R_1$ : resistência fixa (em alguns casos, para um melhor ajuste, podemos usar um potenciômetro). Recomenda-se a instalação de um resistor de  $10\ K\Omega$ .

Esta variação de tensão pode posteriormente ser usada para controle de dispositivos ou medição da intensidade luminosa. A Figura 22 apresenta o esquema elétrico do LDR como um divisor de tensão elétrica e a Figura 23 a estrutura construtiva de um LDR.

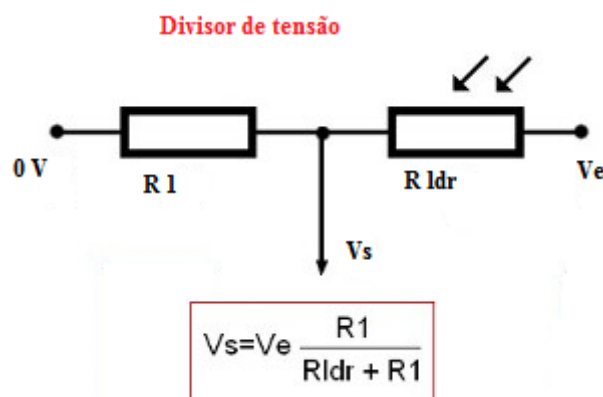


Figura 22 - Esquema elétrico de um divisor de tensão

Fonte: <http://bit.ly/1SfGckI>, acesso em 12-09-2015 as 17h30min.



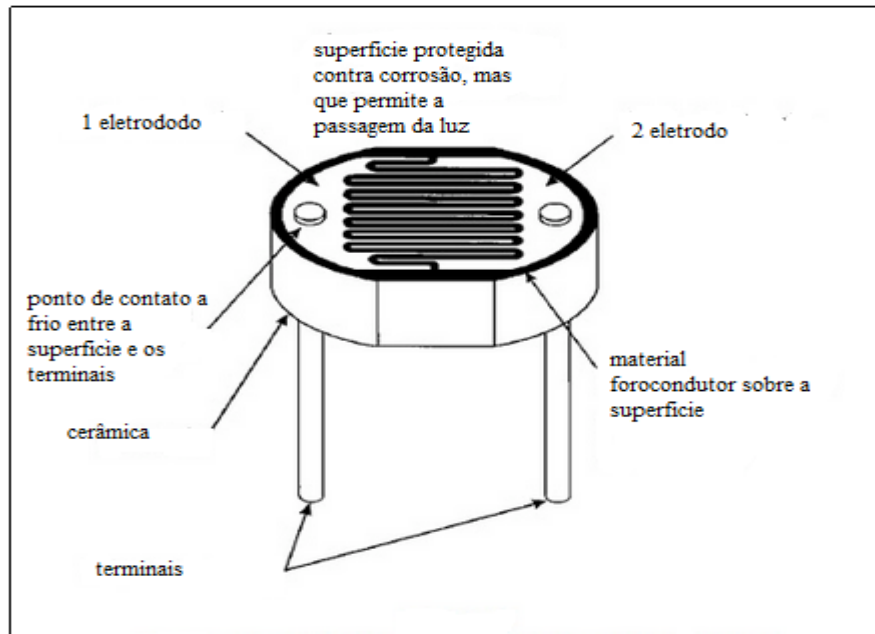


Figura 23 – Estrutura construtiva de um LDR.  
Fonte - o autor

### Material:

- 1 - LDR
- 2 - 1 Resistor de  $100\Omega$
- 3 - 1 Resistor de  $10\text{ K}\Omega$
- 4 - Fios
- 5 - *Protoboard*
- 6 - Arduino
- 7 - LED vermelho

A Figura 24 apresenta o esquema elétrico unifilar LDR + LED. A Figura 25 demonstra a programação no IDE e a Figura 26 a montagem física do circuito.

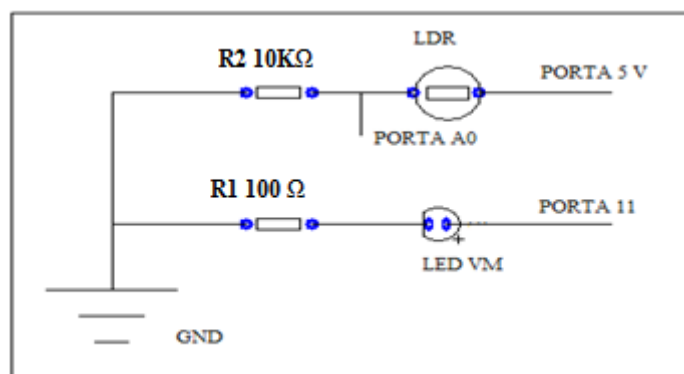



Figura 24 - esquema elétrico unifilar LDR + LED.  
Fonte – o autor

```

LDR__LED | Arduino 1.6.4
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda
LDR__LED
int LED = 11; //declara a porta 11 como
//saída ou alimentação para o LED
int val;
int LDR = A0; //seleciona o pino de entrada do LDR, porta analógica
void setup() {
  pinMode (LED, OUTPUT); //define a porta 11 uma porta de saída p/LED
  Serial.begin(9600); //ativa a impressão dos valores medidos em A0
}
void loop() {
  val = analogRead(LDR);
  Serial.println(val); // envia o valor para o pc
  delay(1000);
  if (val < 650) {
    digitalWrite (LED, HIGH);
  }
  else if (val >= 650) {
    digitalWrite (LED, LOW);
  }
}
Salvo.
caracteres ASCII e números (mas não podem começar com um número).
Eles devem também ter menos de 64 caracteres de tamanho.

```

Figura 25 - Programação LDR + LED  
 Fonte: o autor

Nota: Para acompanhar os resultados do comando *serial.print* ( ), deve-se clicar no ícone  Serial Monitor do IDE no Arduino. Este abrirá uma tela conforme figura abaixo com as impressões dos dados. Se desejar é possível interromper a rolagem dos dados clicando no ícone  Auto-rolagem para uma melhor avaliação dos dados.

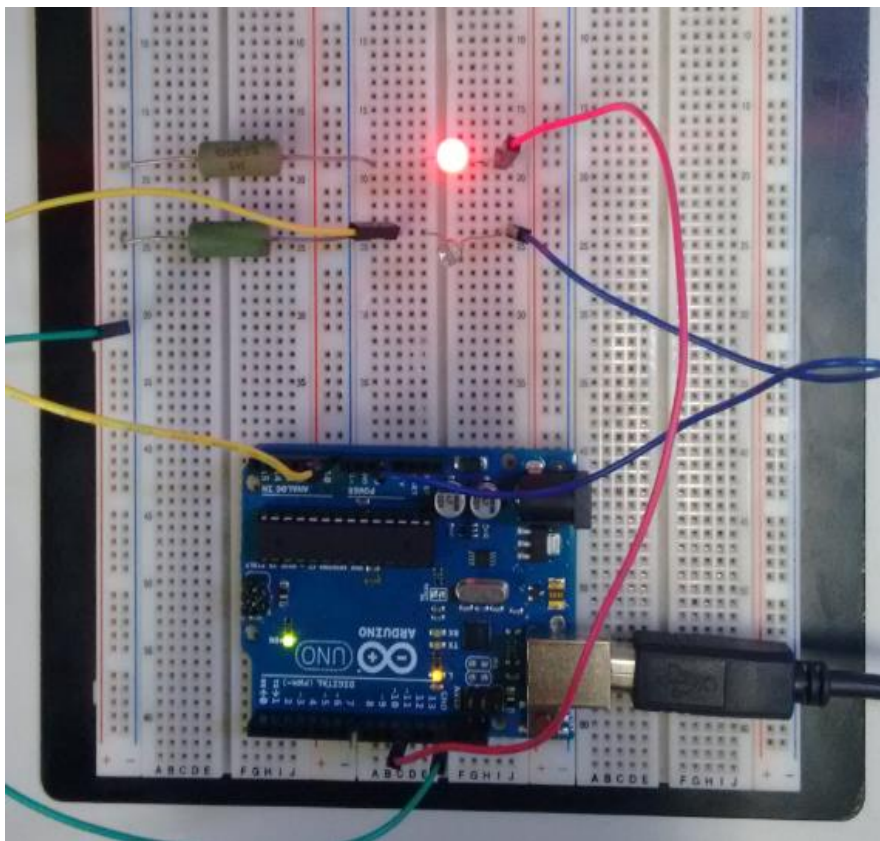


FIGURA 26 - MONTAGEM FÍSICA DO CIRCUITO ELÉTRICO LDR + LED  
Fonte: o autor

A Figura 27 apresenta uma imagem real coletado do Serial Monitor constando valores abaixo e acima dos prescritos na programação.

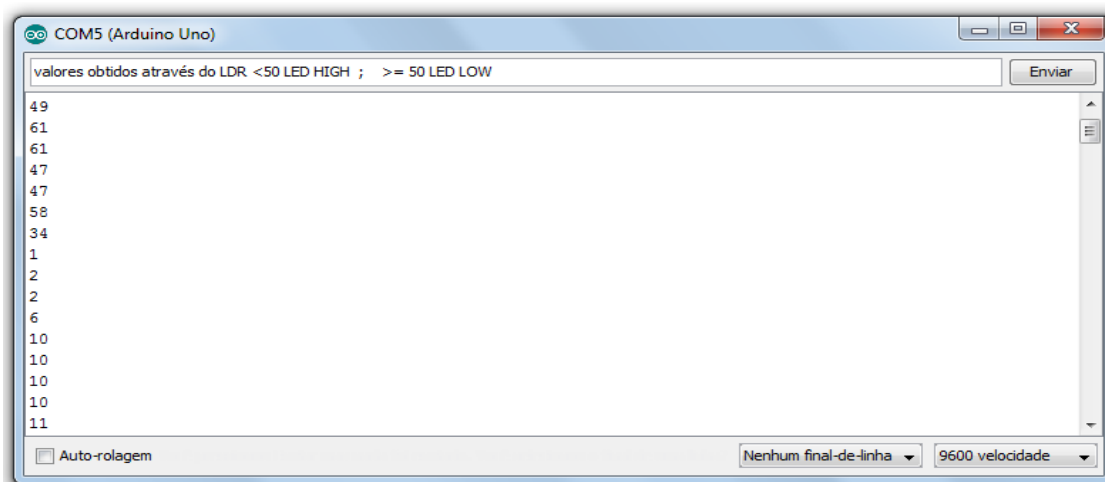


Figura 27 - Leitura da calibragem do sensor LED + LDR no *Serial Monitor*  
Fonte: o autor

O circuito experimental foi montado com um resistor em série com o LDR de  $100\ \Omega$ . Isto justifica os baixos valores apresentados no serial monitor. Recomendamos o uso de resistores em série com o LDR com valor de  $10\ \text{K}\Omega$ .

#### 5.1.4 EXEMPLO 4 – EXPLORANDO A SAÍDA DIGITAL PWM

Agora iremos verificar a variação do brilho de um LED com o uso de um potenciômetro, resistor variável. Para podermos fazer isso iremos usar o comando *map* do Arduino para efetuar a conversão dos valores lidos pela porta analógica entre 0 e 255 e a função PWM, para tensão expressa em volt, V. A Figura 4 apresentou exemplos de ondas quadradas, aplicável à função PWM. A Figura 28 apresenta o esquema elétrico unifilar para a ligação de um potenciômetro. A Figura 29 delinea a programação para uso de um potenciômetro com o Arduino.

#### MATERIAIS

- 1 - Resistor de  $100\ \Omega$
- 2 - Fios
- 3 - Potenciômetro de  $10\ \text{K}\Omega$
- 4 - *Protoboard*
- 5 - Arduino

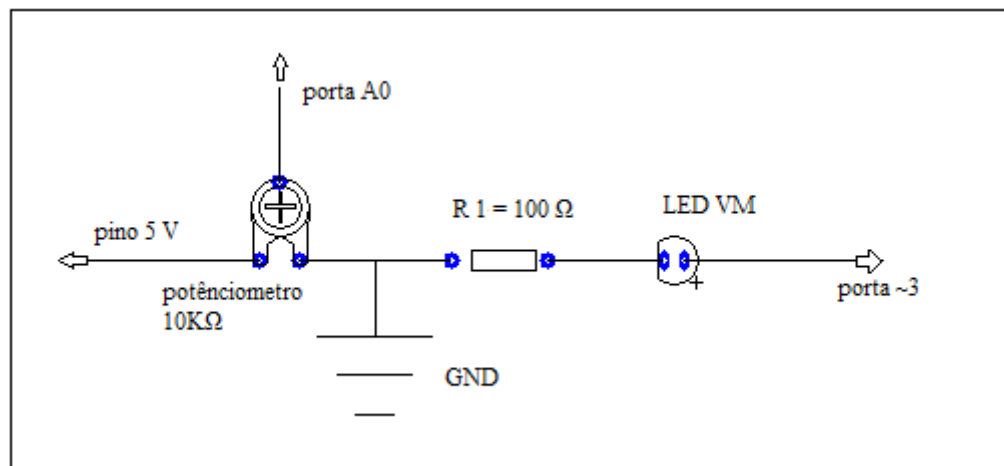
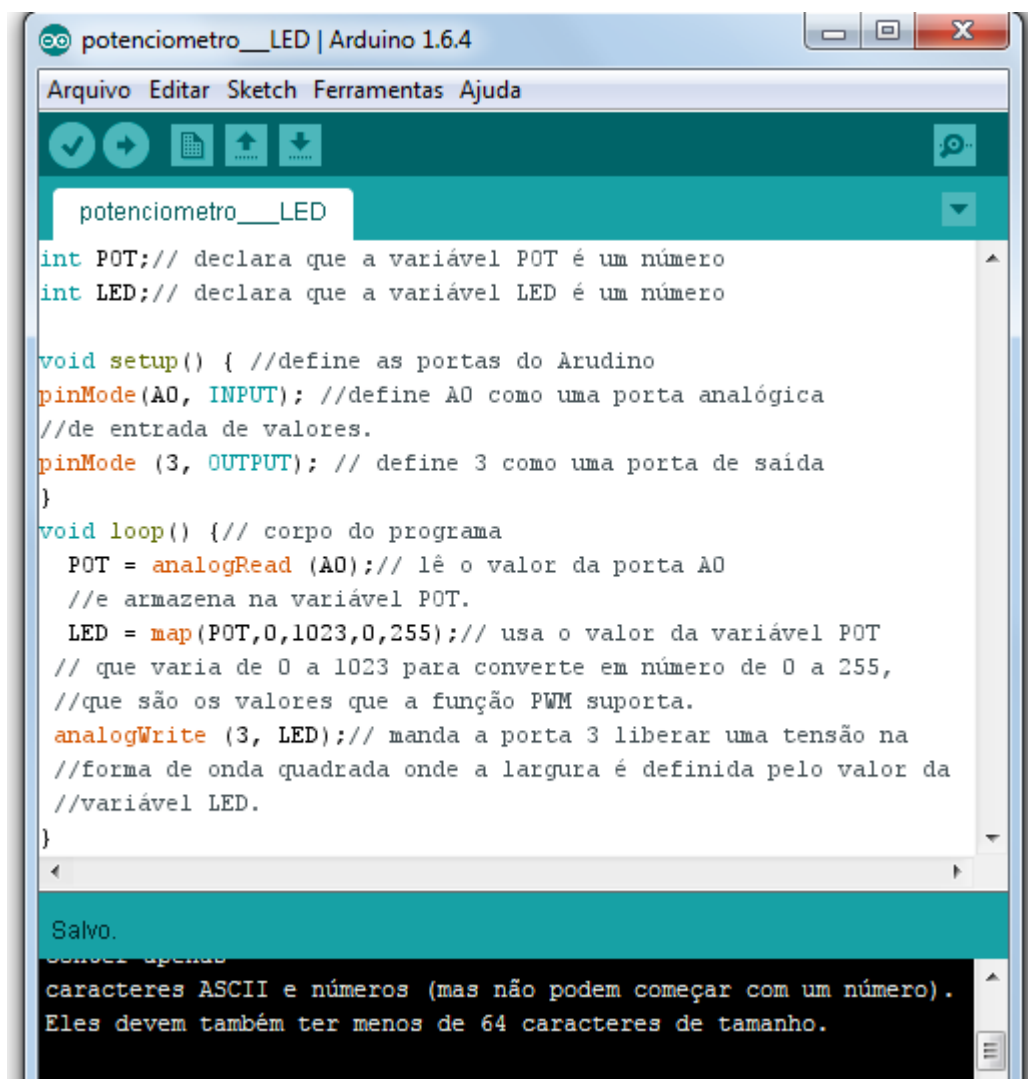


Figura 28 – Esquema elétrico unifilar do potenciômetro.  
Fonte: o autor

O comando `analogWrite()` escreve um valor entre 0 - 255, 8bits, em um pino digital que possui a saída PWM. Após a chamada desse comando, o pino passa a operar com uma onda quadrada, figura 5, de frequência fixa e com *duty cycle* conforme valor passado pela função. A frequência dessa onda, na maioria dos pinos (3, 9, 10 e 11) é em torno de 490 Hz, porém, os pinos 5 e 6 do Arduino operam em 980 Hz <sup>19</sup>.

O valor desta função vai de 0 a 255, 8bits, na qual 255 corresponde a 100% da tensão de saída, figura 5.



```

potenciometro__LED

int POT;// declara que a variável POT é um número
int LED;// declara que a variável LED é um número

void setup() { //define as portas do Arudino
  pinMode(A0, INPUT); //define A0 como uma porta analógica
  //de entrada de valores.
  pinMode (3, OUTPUT); // define 3 como uma porta de saída
}

void loop() { // corpo do programa
  POT = analogRead (A0); // lê o valor da porta A0
  //e armazena na variável POT.
  LED = map(POT,0,1023,0,255); // usa o valor da variável POT
  // que varia de 0 a 1023 para converte em número de 0 a 255,
  //que são os valores que a função PWM suporta.
  analogWrite (3, LED); // manda a porta 3 liberar uma tensão na
  //forma de onda quadrada onde a largura é definida pelo valor da
  //variável LED.
}

```

Salvo.

caracteres ASCII e números (mas não podem começar com um número).  
Eles devem também ter menos de 64 caracteres de tamanho.

Figura 29 - Programação LED + potenciômetro.  
Fonte - (RODRIGUES, 2014, v.25 n. 4, p.15)

<sup>19</sup> Dados obtidos em: <http://bit.ly/liNgJz1>, acesso em 24-07-2015 às 15h51min.

A Figura 30 apresenta a montagem física do circuito elétrico de um LED com um potenciômetro.

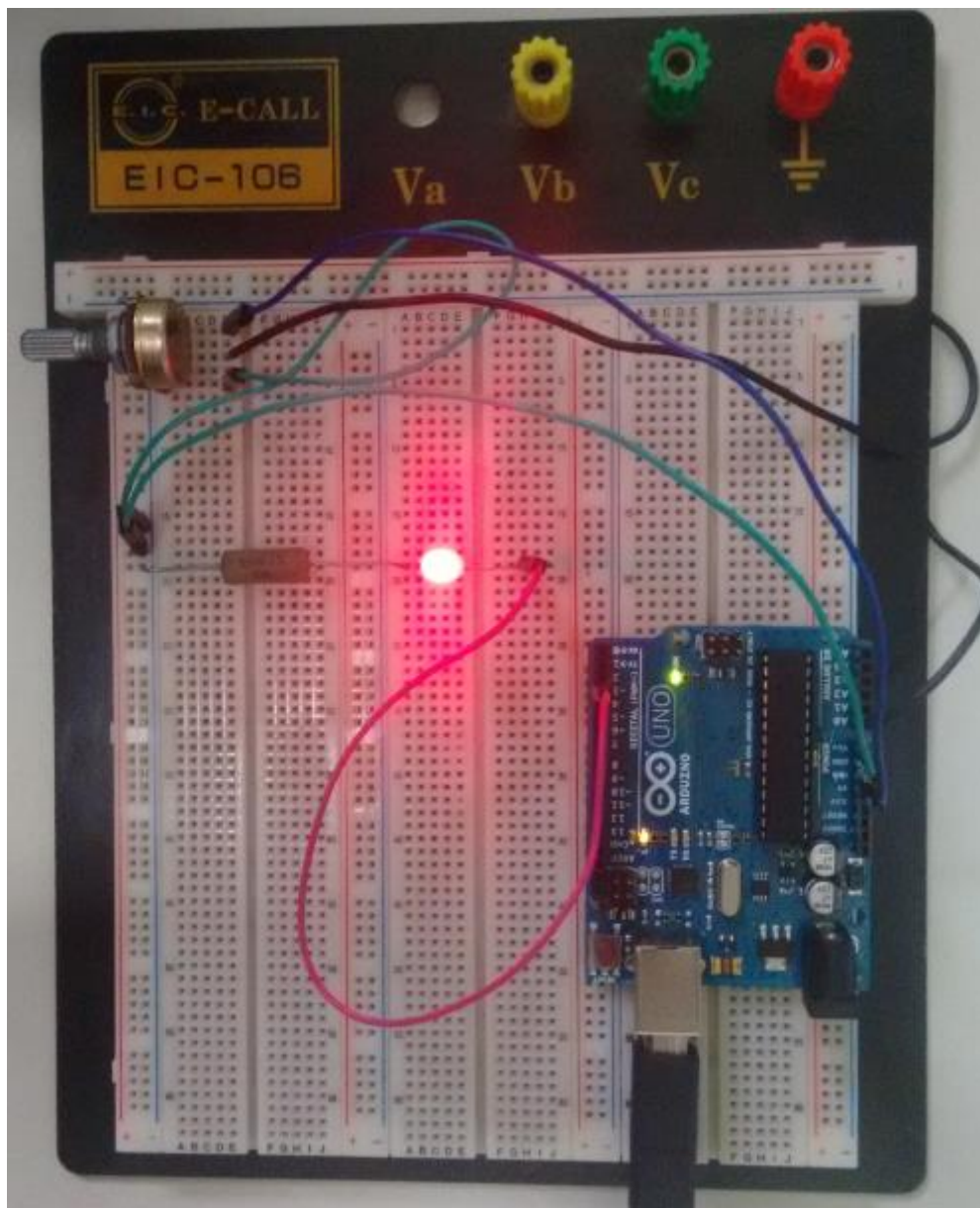


Figura 30- Montagem elétrica de um LED com um potenciômetro.  
Fonte: o autor

### 5.1.5 EXEMPLO 5 – EXPLORANDO O SENSOR LM 35 PARA AFERIÇÃO DE TEMPERATURA

Neste exemplo faremos uso de um sensor de temperatura o LM35<sup>20</sup>, seu formato nos remete a um transistor, porém, trata-se de um circuito integrado LM35. Segundo o fabricante para cada 0,01 V ou 10 mV, esta variação corresponde a 1<sup>o</sup>C, um grau Celsius, (10 mV/<sup>o</sup>C). Este sensor

trabalha com variações de temperatura entre  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$ ; entretanto, para se aferir valores negativos de temperatura é necessária a inserção de uma fonte de tensão negativa. Neste exemplo não iremos explorar esta escala.

**Material:**

1. LM35 -
2. *Protoboard*
3. Arduino
4. Fios

Na Figura 31 encontramos o esquema elétrico unifilar que indica como conectar o LM 35 ao Arduino e a Figura 32 apresenta o LM 35. A Figura 33 delinea a programação para uso do LM 35 como um sensor de temperatura e a Figura 34 apresenta a montagem física do circuito elétrico do LM 35 em um *protoboard*. É possível comparar o tamanho do LM35 com as capas protetoras dos fios de conexão.

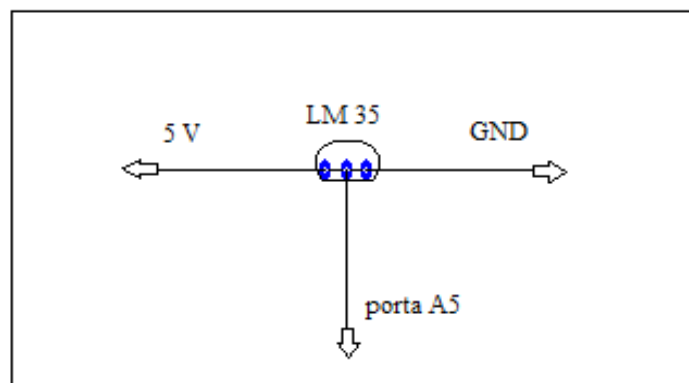


FIGURA 31 – LM 35 – esquema elétrico unifilar. Vista de cima.  
Fonte: o autor

<sup>20</sup>Datasheet do LM35 utilizado neste texto pode ser obtido em <http://bit.ly/1lhp1kg>.

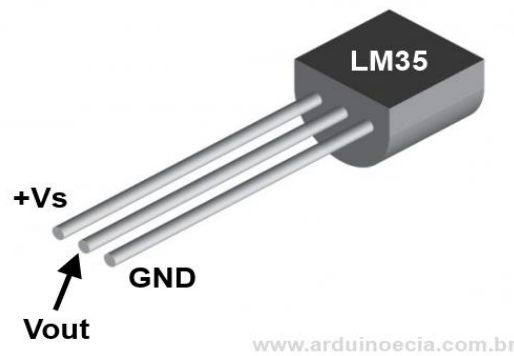


Figura 32 – Circuito integrado LM 35, tamanho aumentada 5 vezes.  
 Fonte - <http://bit.ly/1SU8mS5> , acesso 12-04-2016 as 18h32min

```

float sensor; // declara a variável sensor LM 35
float cont; // declara a variável cont, valor lido e convertido.

void setup() {
  pinMode (A5, INPUT); //A5 definida como porta analógica 5, entrada.
  Serial.begin(9600); //Velocidade de impressão no PC, Serial Monitor.
}

void loop() {
  sensor = analogRead(A5); //Fará a leitura da porta A5 e
  // a armazenará na variável sensor.
  cont=(sensor*5/1023); //verificar comentário sobre esta conversão**
  Serial.print("Temperatura: "); //Verificar comentário ***
  Serial.println(cont*100); //Pelo fabricante temos (10 mV/°C)
  //o complemento ln após (Serial.print)permite que a apresentação
  //na tela do serial monitor será em linha.
  delay(1000); //fará uma impressão no serial monitor a cada segundo.
}

```

Figura 33 – Programação do LM 35 como um sensor de temperatura.  
 Fonte - o autor





## 6 APARATO EXPERIMENTAL – FREIO MAGNÉTICO

Na literatura disponível, encontramos algumas sugestões para o uso do Arduino no ensino de Física. Entretanto, ao considerarmos onde nossa pesquisa seria aplicada, Colégio Batista de Vila Mariana, São Paulo, SP, levamos em consideração as teorias de Ausubel (2000) de que para que ocorra uma aprendizagem significativa devemos valorizar os conhecimentos prévios dos alunos.

Assim, concentramo-nos em desenvolver uma atividade que fosse compatível com os conhecimentos dos alunos, mais do que isso, avaliamos a importância do aparato poder receber sensores ligados ao Arduino que os alunos já conhecessem. Preocupamo-nos também em apresentar uma atividade que instigasse a curiosidade dos alunos e que permitisse a sua manipulação de modo seguro.

Objetivamos também que os conceitos de Física que pudessem ser discutidos com este experimento fossem compatíveis ao período escolar, neste caso os alunos que participaram da pesquisa pertencem a 3<sup>a</sup> série do Ensino Médio e tradicionalmente estudamos tópicos relacionados ao eletromagnetismo e eletrodinâmica.

Neste contexto, idealizamos o experimento que chamamos de FREIO MAGNÉTICO. O fenômeno Físico observado é amplamente conhecido, entretanto, o modelo adaptado ao Arduino é novo e as possibilidades que ele oferece são inúmeras. Mas antes, vamos descrever a sua construção. O experimento é apresentado na figura 35.

Os dois tubos, foto 35, são vazados internamente um serve como suporte fixado em base de nylon e o outro é o tubo onde as esferas serão soltas, ambos são fixados com barras retangulares de nylon.

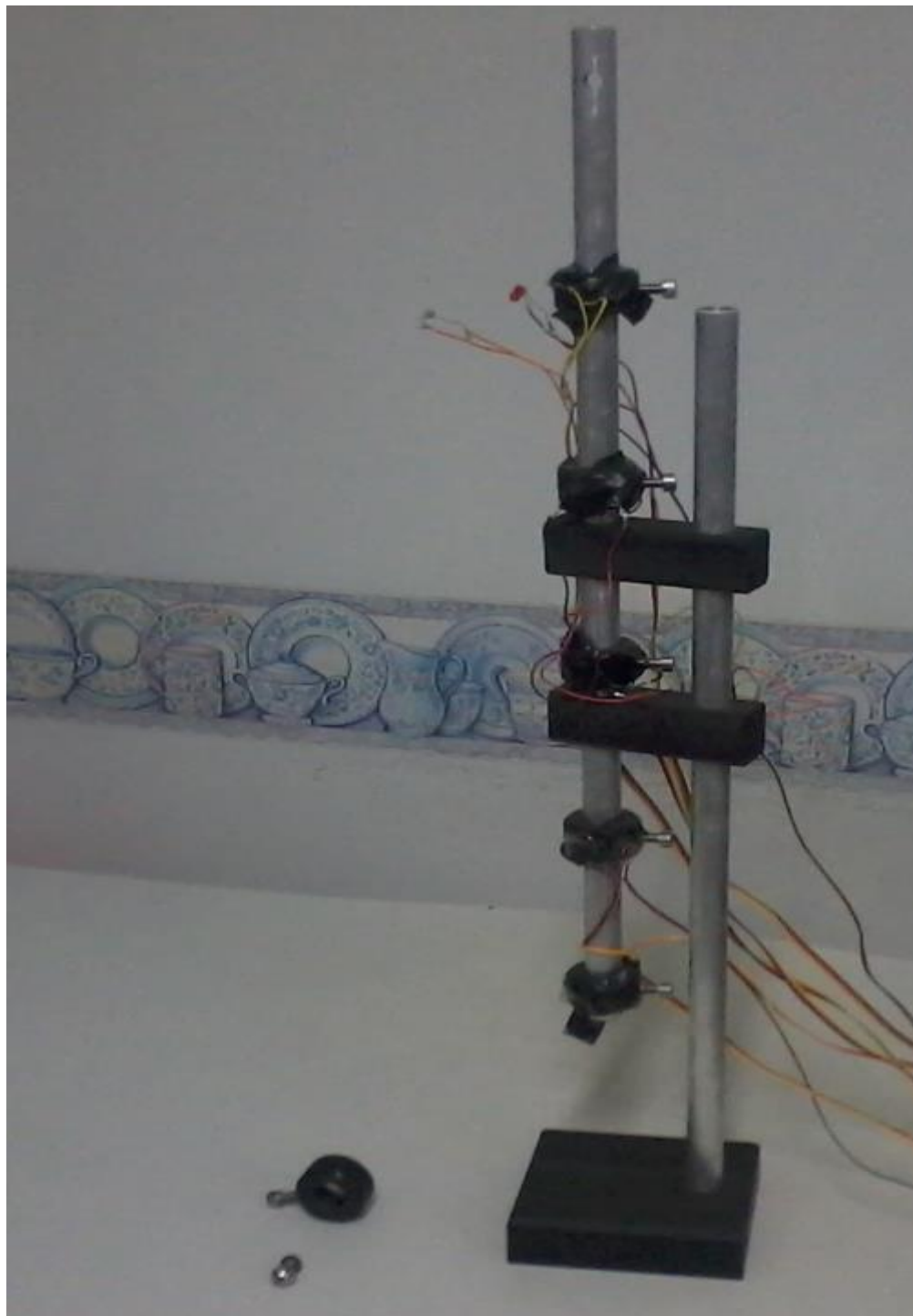


FIGURA 35 – Aparato experimental – Freio Magnético  
Fonte: o autor

Este tubo possibilita a instalação de até 06 suportes apresentados na figura 37 para a instalação de sensores sendo que para cada suporte são instalados um par de sensores um LED e um LDR diametralmente opostos. As características para uso do LED e do LDR no Arduino estão descritas no exemplo 03 desta sequência didática.

Estes suportes são fixados no tubo de alumínio com parafusos, figura 36. Este tubo também possui dois orifícios diametralmente opostos. A distância de um suporte ao outro é de 10 cm, sendo que o primeiro par de sensores está instalado a 2 cm do início do tubo para que a primeira leitura dos sensores feita pelo Arduino seja mais precisa.

Utilizamos fios com cores diferentes para facilitar sua identificação e ligação nas portas do Arduino. Com esta montagem é possível obter até 06 dados da variável tempo. Porém, se o operador desejar poderá suprimir alguns sensores.



FIGURA 36 – Suporte de nylon e esferas de aço e de neodímio.

Fonte: o autor

A figura 36 apresenta o par de sensores LED + LDR.

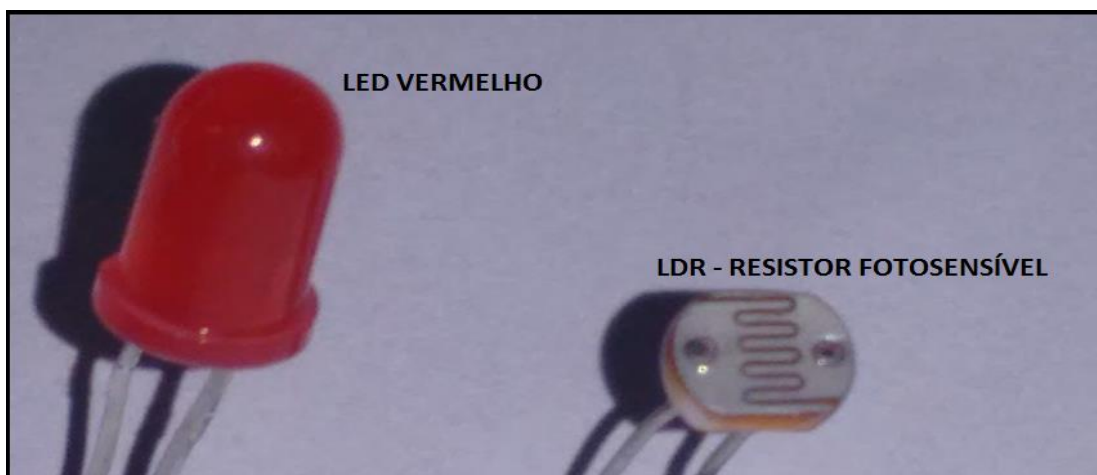


FIGURA 37 – Par de sensores LED + LDR

Fonte: o autor

São muitas as possibilidades que encontramos para o uso deste aparato experimental. Com ou sem o uso do Arduino, o professor poderá explorar os seguintes conceitos de Física:

- Velocidade.
- Tempo.
- Espaço percorrido.
- Aceleração.
- Lei de Faraday.
- Lei de Lenz.
- Corrente de Foucault.
- Lei de Ohm.
- Medidas elétricas.
- Circuitos elétricos.
- Construção de gráficos.
- Programação
- Eletromagnetismo.
- Eletrodinâmica.
- Características dos ímãs, entre outros como Física Moderna.

Caro professor(a), é nosso desejo ter colaborado com sua prática em sala de aula. Reconhecemos que os desafios são imensos, entretanto, cabe-nos enfrenta-los. Pertinentes à nossa profissão moram a ousadia e a utopia. Sabemos não serem possíveis, tampouco fáceis, reformas no sistema educacional que julguemos necessárias e urgentes. Porém, gradativamente podemos lançar sementes que irão germinar quer aqui, quer ali. No tempo devido, seus frutos surgirão com novas contribuições.

Humildemente reconhecemos haver muitas lacunas e para tanto, suas críticas e contribuições serão sempre válidas. Não construímos nada sozinhos. Acreditamos no compartilhamento e esperamos que vocês façam parte deste processo.