



# Exoplanetário Arduino

## Tutorial de construção e programação

DOI: <https://doi.org/10.24840/95da-gr58-2023>



Edição: 1ª Edição

Classificação THEMA – Nível 1: P – Matemática e Ciência

Classificação THEMA – Nível 2: PG – Astronomia, espaço, tempo

### 1. Introdução

Este tutorial explica com detalhe a construção, funcionamento e programação do sistema **Exoplanetário Arduino**, com o qual se pretende demonstrar o princípio de deteção de exoplanetas. Este demonstrador foi concebido e construído no âmbito do projeto **GeoPlaNet Erasmus+ Strategic Partnership** e apresentado pela primeira vez no *Multiplier Event* deste projeto que ocorreu na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, em 20 de junho de 2023.

Os autores deste demonstrador reconhecem que este tutorial poderá ser insuficiente para permitir a pessoas sem conhecimentos de Arduino construir e operar com sucesso uma réplica do Exoplanetário Arduino. Por esta razão, a equipa da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto no projeto GeoPlaNet SP, disponibiliza-se para colaborar e prestar assistência a todos os interessados na construção e programação de uma réplica do demonstrador Exoplanetário Arduino. Para o efeito, podem ser usados os seguintes contactos dos autores:

Manuel A. Salgueiro da Silva, [massilva@fc.up.pt](mailto:massilva@fc.up.pt)

Teresa M. Seixas, [tmseixas@fc.up.pt](mailto:tmseixas@fc.up.pt)

**OBSERVAÇÃO:** os autores de qualquer publicação ou atividade de divulgação que utilize conteúdos do presente documento deverão dar conhecimento aos autores do Exoplanetário Arduino e fazer referência ao mesmo, nos seguintes termos:

*Exoplanetário Arduino, Tutorial de construção e programação*, M. A. Salgueiro da Silva, T. M. Seixas, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 20 de junho de 2023. DOI: <https://doi.org/10.24840/95da-gr58-2023>



## 2. Materiais e equipamentos necessários

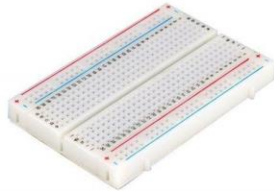
- 1x computador (Windows 10, 11, de preferência)
- 1x Microcontrolador Arduino Uno Rev3



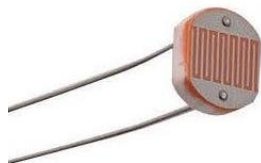
- 1x cabo USB com conectores B → A, para ligação do Arduino ao computador



- 1x *breadboard* (placa para ligações elétricas ao Arduino)



- 1x Foto-resistência (LDR, “*light-dependent resistor*”) de valor máximo 10 k $\Omega$  (no escuro) e mínimo 500  $\Omega$  (elevada iluminação).



- 1x Resistência fixa de valor aproximado  $\sqrt{10 \times 0.5} \approx 2.2$  k $\Omega$  (se o LDR usado não corresponder às especificações anteriores, o valor da resistência fixa deverá ser calculado pelo mesmo método tendo em conta os valores máximo e mínimo da foto-resistência).





- Fios elétricos de ligação (4x).



- 1x Mesa rotativa elétrica de 360° de cor preta com velocidade de rotação suficientemente baixa, por exemplo 2 rotações por minuto.



- 3x esferas opacas de diâmetros entre 1 cm e 3 cm para servirem como modelos de exoplanetas.



- 3x Paus de comida oriental para suporte dos exoplanetas sobre a mesa rotativa.



- 1x barra de plasticina preta para fixação dos exoplanetas na mesa rotativa.



- 1x Lâmpada E14 de 25 W, de comprimento 81 mm e diâmetro 45 mm (sugestão: comprar uma caixa de 2 lâmpadas para dispor de uma sobressalente).



- 1x Candeeiro de mesa compatível com a lâmpada E14 especificada e com altura de cerca de 25 cm até ao topo da lâmpada (sugestão: IKEA INGARED).



- 1x Suporte de laboratório para fixação do candeeiro.



- 1x Mesa elevatória para fixação do conjunto Arduino e *breadboard*, assim como para o ajuste da altura da foto-resistência em relação à lâmpada (em alternativa, pode ser usada uma caixa com a altura desejada).



**Sugestão:** existem já vários kits de iniciação ao Arduino que incluem não só um microcontrolador Arduino como também sensores e outros componentes que podem ser usados no âmbito deste projeto (*breadboard*, resistências, fios de ligação, sensor LDR, etc). Para mais informações, sugere-se a consulta das páginas web [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc) e <https://www.botnroll.com/pt/89-arduinos>.

### 3. Software necessário

Para comunicar com o microcontrolador Arduino a partir do computador, é necessário começar por instalar no computador o software de desenvolvimento Arduino IDE (versão 2.1 ou mais recente), o qual está disponível para descarga na página web: <https://www.arduino.cc/en/software>. Neste ambiente de desenvolvimento, deverá criar um programa (*sketch*) que permita medir uma tensão elétrica através de ligação a uma das entradas analógicas (ex: A0) do controlador Arduino Uno.




```

Exoplanet_arduino_v1 Arduino IDE 2.1.1
File Edit Sketch Tools Help
Exoplanet_arduino_v1.ino
// Exoplanetário Arduino
2
3 // Linhas de código que começam por "//" são interpretadas como linhas de comentários, as
4 // quais tornam o código mais facilmente compreensível. Por esta razão, as linhas de
5 // comentários não desempenham qualquer papel na execução do código.
6
7 // Grave este programa com um nome sugestivo; por exemplo: Exoplan_Ard
8
9 // Ligue a entrada A0 aos terminais do LDR
10 int ldrPin = A0; // seleciona o pino A0 como entrada de leitura da tensão elétrica
11 // nos terminais da resistência LDR
12
13 // Valor da resistência fixa; deve ser substituído pelo valor real medido
14 float r0 = 2.2; // kohms
15
16 // tempos inicial e atual do ciclo de medida
17 long tinicial = 0;
18 long tactual = 0;
19
20 // contador do ciclo de medida
21 int start = 0;
22
23 // função de configuração
24 void setup() {
25 // define o pino ldrPin como entrada
26 pinMode(ldrPin, INPUT);
27 // inicia a comunicação série com o computador e espera que a ligação se estabeleça
28 Serial.begin(9600);
29 while (!Serial);
30 }
Output
  
```

**Figura 1.** Janela do ambiente de desenvolvimento Arduino IDE (versão 2.1.1, inglês).

No menu *File* do Arduino IDE, encontra a opção *Examples*, a qual lhe dá acesso a muitos programas com diferentes finalidades. Em particular, o exemplo 03.Analog\AnalogInput servirá como excelente ponto de partida para a criação do seguinte código:

```

// Exoplanetário Arduino

// Linhas de código que começam por "//" são interpretadas como linhas de comentários, as
// quais tornam o código mais facilmente compreensível. Por esta razão, as linhas de
// comentários não desempenham qualquer papel na execução do código.

// Grave este programa com um nome sugestivo; por exemplo: Exoplan_Ard

// Ligue a entrada A0 aos terminais do LDR
int ldrPin = A0; // seleciona o pino A0 como entrada de leitura da tensão elétrica
// nos terminais da resistência LDR

// Valor da resistência fixa; deve ser substituído pelo valor real medido
float r0 = 2.2 // kohms

// tempos inicial e atual do ciclo de medida
long tinicial = 0;
long tactual = 0;

// contador do ciclo de medida
int start = 0;

// função de configuração
void setup() {
// define o pino ldrPin como entrada
pinMode(ldrPin, INPUT);
// inicia a comunicação série com o computador e espera que a ligação se estabeleça
Serial.begin(9600);
while (!Serial);
}

// função do ciclo de medida
  
```



```

void loop() {
  // Mede o tempo
  if (start == 0)
  {
    tinicial = millis();
    tactual = tinicial;
    start = 1;
  }
  else
  {
    tactual = millis() - tinicial;
  }

  // ler o valor (inteiro de 0-1023) na entrada analógica do LDR
  int aiValor = analogRead(ldrPin);

  // converter o valor lido para a escala real de 0-5 V:
  float ldrValor = float(aiValor)/float(1023)*5.0;

  // converter para iluminância (unidades arbitrárias)
  float illum = (5.0 - ldrValor)/ldrValor/r0;

  // enviar os resultados (tactual, ldrValor, illum) para o Monitor Série do Arduino:
  Serial.print(tactual/1000.0, 4);
  Serial.print(",");
  Serial.print(ldrValor, 3);
  Serial.print(",");
  Serial.println(illum, 3);

  // faz pausa de 10 ms entre medidas consecutivas:
  delay(10);
}

```

Para mais informações, pode consultar o tutorial Arduino disponível online no link: <https://docs.arduino.cc/tutorials/uno-rev3/AnalogInput>. O código anterior permitirá, através da abertura da janela do **Serial Monitor** do Arduino, visualizar em tempo real a evolução do valor numérico das variáveis *tactual*, *ldrValor* e *illum*. Trata-se de um registo em formato de tabela, o qual poderá dificultar a perceção correta sobre o tipo de variação registada. Em alternativa, poderá abrir a janela do **Serial Plotter** (<https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/ide-v2-serial-plotter>), o qual lhe permite visualizar graficamente a evolução destas variáveis e seleccionar as que quer ou não visualizar.

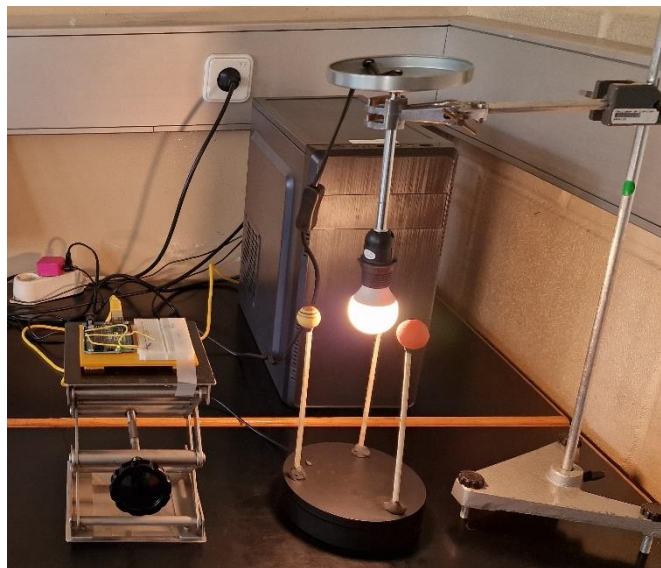
Em alternativa à visualização das janelas do *Serial Monitor* e *Serial Plotter*, poderá importar os dados em tempo real no Microsoft Excel, através do suplemento **Transmissor de Dados**. Para obter informação sobre a ativação e utilização deste suplemento no Excel, pode consultar a página web: <https://support.microsoft.com/pt-pt/office/o-que-%C3%A9-o-transmissor-de-dados-1d52ffce-261c-4d7b-8017-89e8ee2b806f>



**Observação:** as pessoas com conhecimentos de programação em Python poderão recorrer a outra forma, mais eficiente, de comunicação com o controlador Arduino Uno. Os interessados nesta alternativa poderão contactar os autores para obterem indicações de como proceder.

#### 4. Montagem do Exoplanetário Arduino

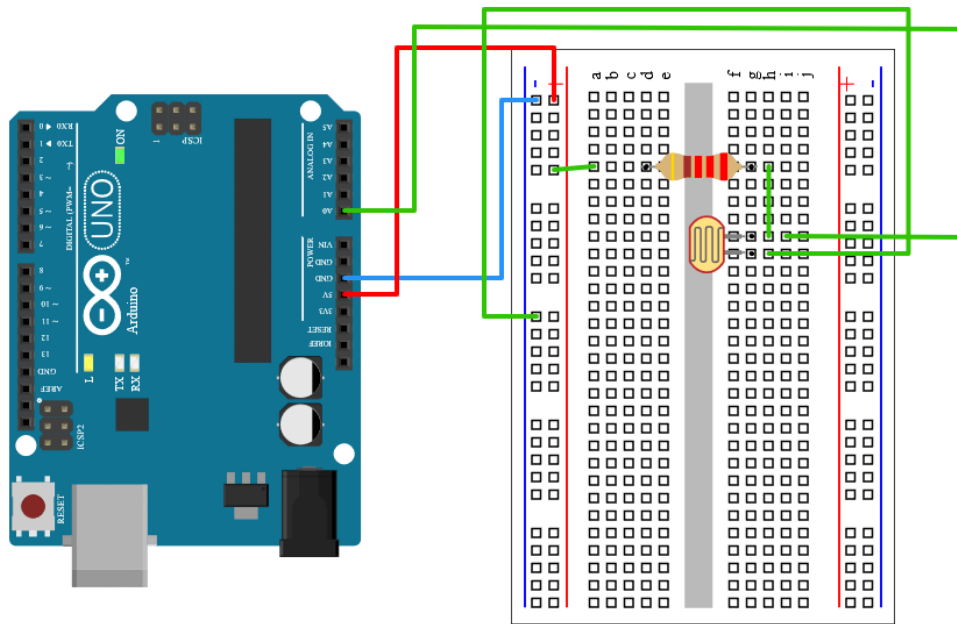
O sistema depois de montado deverá ter um aspeto semelhante ao indicado na Figura 2. Comece por fixar os modelos de exoplanetas à mesa rotativa usando como suportes os paus de comida oriental e como material fixador plasticina preta em ambas as extremidades dos paus. É aconselhável aparar os paus nas extremidades mais espessas para formar bases horizontais mais estáveis. O comprimento final dos paus deverá ser da ordem de 18 cm. A quantidade de plasticina a usar na base da mesa rotativa deverá ser suficiente para garantir a estabilidade dos modelos de exoplanetas. Para fixar estes nos paus de suporte, bastará uma menor quantidade de plasticina. Os três modelos de exoplanetas deverão ser fixos na periferia da mesa rotativa de modo a não colidirem posteriormente com a lâmpada. É aconselhável, também, que estejam fixos aproximadamente à mesma distância uns dos outros.



**Figura 2.** Imagem do Exoplanetário Arduino.

Retire a cobertura do candeeiro, de modo a permitir expor a lâmpada depois de montada. Coloque a lâmpada E14 no candeeiro. Fixe o candeeiro com lâmpada numa posição vertical invertida, usando para o efeito um suporte que prenda o candeeiro pela base. Centre o candeeiro com a mesa rotativa de modo a que a lâmpada fique alinhada com o centro da mesa rotativa.

Faça a montagem do circuito elétrico de acordo com o esquema da Figura 3.



**Figura 3.** Esquema do circuito elétrico para medição da tensão nos terminais da fotoresistência (LDR).

Ligue o controlador Arduino Uno ao computador utilizando o cabo USB; o conector do tipo A é ligado ao computador enquanto o conector do tipo B é ligado ao Arduino Uno.

## 5. Procedimento

No ambiente de desenvolvimento Arduino IDE, no menu *Tools*, selecione a opção *Board* e especifique o controlador Arduino Uno. Na opção *Port* do menu *Tools*, deverá escolher a porta série em que está ligado o controlador Arduino Uno (exemplo: COM1).

No menu *Sketch*, selecione a opção *Verify/Compile* para tentar compilar o código “Exoplan\_Ard”. Em caso de existir algum erro no código, o Arduino IDE gera uma notificação, com indicação da possível origem do erro. Se tal acontecer, deverá depurar o erro seguindo as indicações da notificação. Assim que o código esteja completamente depurado, deve seleccionar a opção *Upload* do menu *Sketch* para carregar o código “Exoplan\_Ard” no controlador Arduino Uno. Estas duas opções estão também disponíveis sob a forma de botões de comando na barra de comando do Arduino IDE.

Uma vez carregado no controlador Arduino Uno, o código é imediatamente executado. A partir daqui, há duas opções que pode tomar. Na primeira (ver Figura 4), inicia a aquisição dos dados abrindo a janela do *Serial Monitor*, o que lhe permite observar em formato texto os valores das variáveis *tatual*, *ldrValor* e *illum*.





```

Español_arduino_x1 | Arduino IDE 2.11
file search tools Help
Español_arduino_x1 no
1 // Esquema de Arduino
2
3 // Linhas de código que comecam por "//" são interpretadas como linhas de comentários, as
4 // quais tornam o código mais facilmente compreensível. Por esta razão, as linhas de
5 // comentários não desempenham qualquer papel na execução do código.
6
7 // Grave este programa com um nome sugestivo; por exemplo: espalhar_Ard
8
9 // Para mais informações sobre a formatação do código...
10
Output Serial Monitor X
Message (click to send message to Arduino Uno on COM3)
New Line 9600 baud
01:1070,1.075,0.379
02:1240,1.075,0.379
02:1470,1.075,0.379
02:1600,1.075,0.379
02:1890,1.075,0.379
02:2240,1.075,0.379
02:2340,1.075,0.379
02:2690,1.075,0.379
02:2790,1.075,0.379
02:2890,1.075,0.379
02:3010,1.075,0.379
02:3430,1.075,0.379
02:3690,1.075,0.381
02:3840,1.075,0.381
02:4090,1.075,0.379
02:4300,1.075,0.379
02:4600,1.075,0.379
02:4700,1.075,0.379
02:4960,1.075,0.379
02:5180,1.075,0.379
02:5490,1.075,0.379
02:5600,1.075,0.379
02:6030,1.075,0.381
02:6060,1.075,0.379
02:6270,1.075,0.379
    
```

Figura 4. Janela do *Serial Monitor* com o registro dos valores das variáveis medidas.

Na segunda opção (ver Figura 5), regista a aquisição dos dados abrindo a janela do *Serial Plotter*.

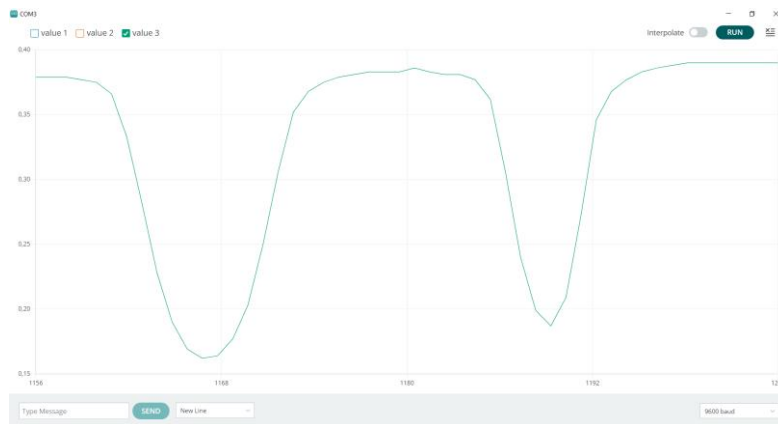


Figura 5. Janela do *Serial Plotter* com os gráficos temporais das variáveis medidas; neste caso, está selecionada apenas a variável *illum* (value 3).

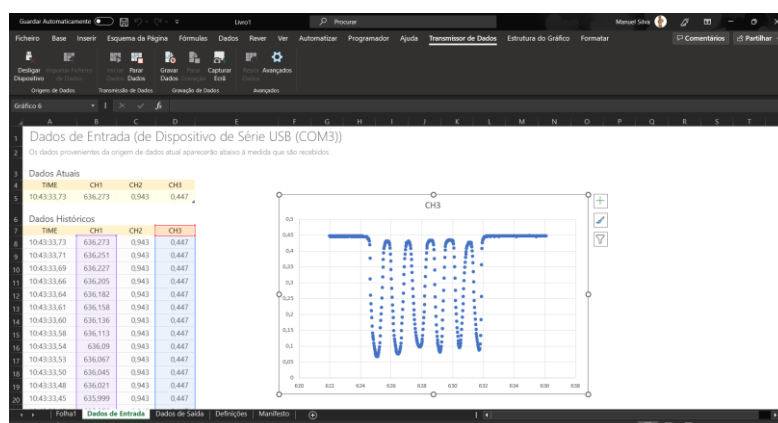


Figura 6. Visualização da variação da variável *illum* em função da variável *tatual* recorrendo ao *Transmissor de Dados* do Excel.




Pode, também, recorrer ao *Transmissor de Dados* do Excel (ver Figura 6); neste caso, pode inserir no Excel um gráfico com as colunas correspondentes às variáveis (*tatual*,



*illum*). Para o efeito, ambas as janelas do *Serial Monitor* e *Serial Plotter* deverão estar encerradas. Uma vantagem importante do *Transmissor de Dados* do Excel é a possibilidade de guardar os dados em ficheiro para posterior análise.

**Observação:** se optar por controlar o Arduino Uno através de um programa em linguagem Python, os passos descritos atrás não se aplicam; para solicitar ajuda, contacte os autores.

### Anexo: *links* sugeridos para compra de materiais e equipamentos

Item	QR code
Arduino Uno Rev3	
Arduino starter kit	
Mesa rotativa elétrica	
Modelos de planetas	