Roteiro de Prática

SE-P03
Medição Analógica

2026-01

Objetivos

Realizar uma medição analógica em um μC

- Experimento baseado no Arduíno Uno R3;
- Medir tensões internas do Arduíno;
- Evidenciar aspectos de estabilidade, precisão, exatidão e contagens;

Criar um voltímetro "DIY"

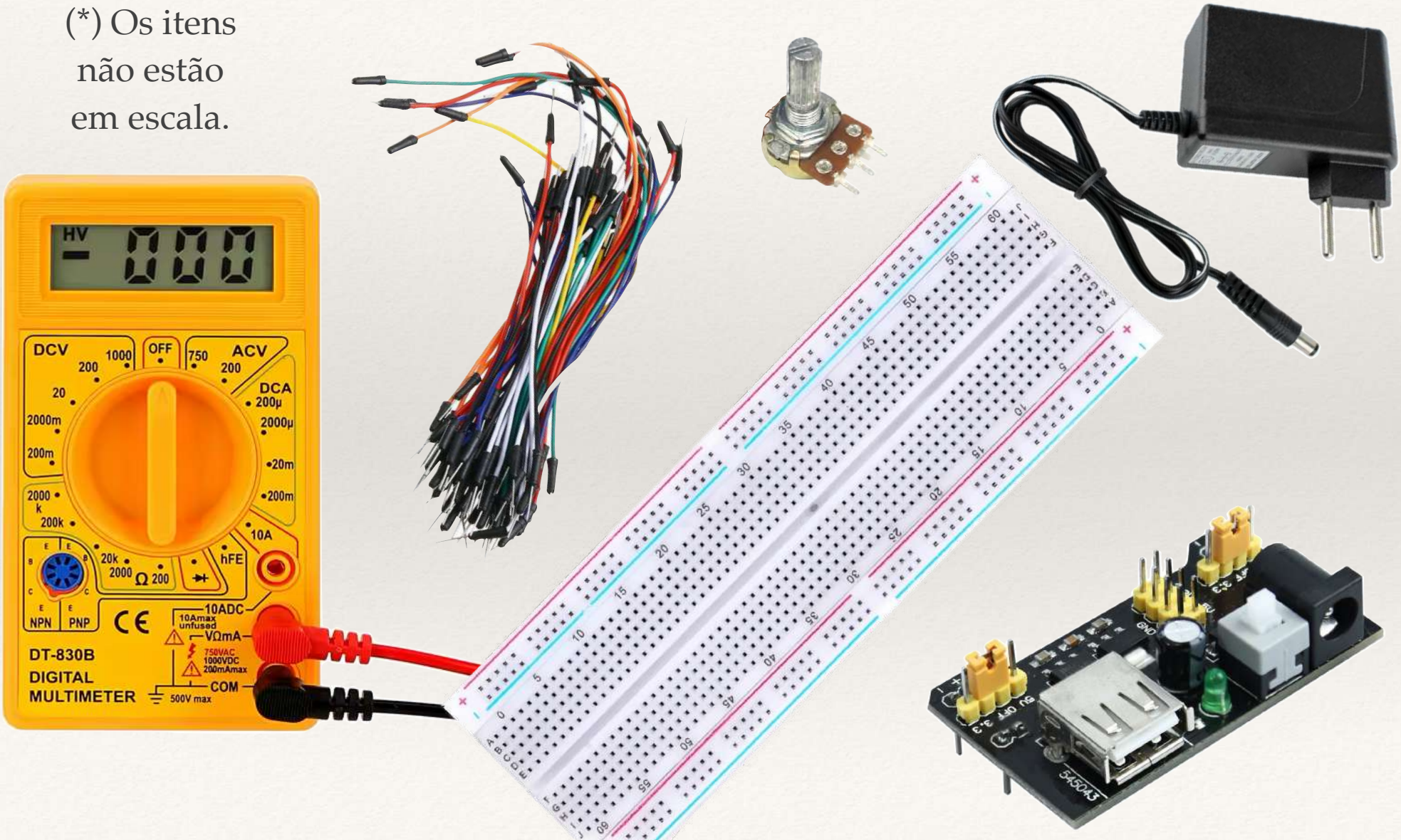
- Ajustar sketch para apresentar valores de tensão;
- Montar um divisor de tensão como referência;
- Comparar medições com multímetro comercial;

Conhecer técnicas de medição

- Implementação de algoritmo de média móvel.

Itens necessários

(*) Os itens não estão em escala.



Itens necessários

Fios *jumper* Dupont

- Modelo macho-macho;
- 3 unidades de cores diferentes;

Itens necessários

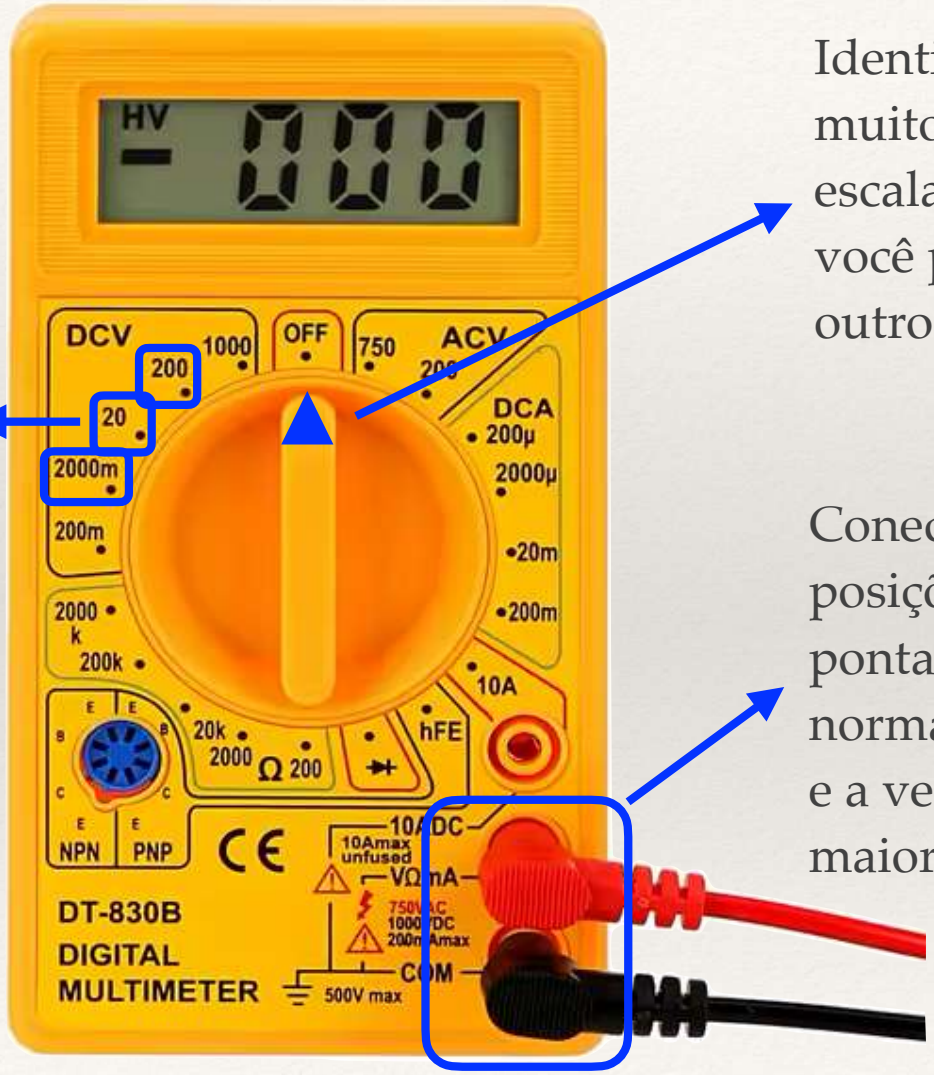
Multímetro

Qualquer modelo, por mais simples que seja, é suficiente;

Pode ser digital ou analógico, mas neste caso é melhor o digital.

Dicas: Multímetro

Os números representam "fundo de escala", ou seja, os valores máximos que podem ser medidos naquela escala.

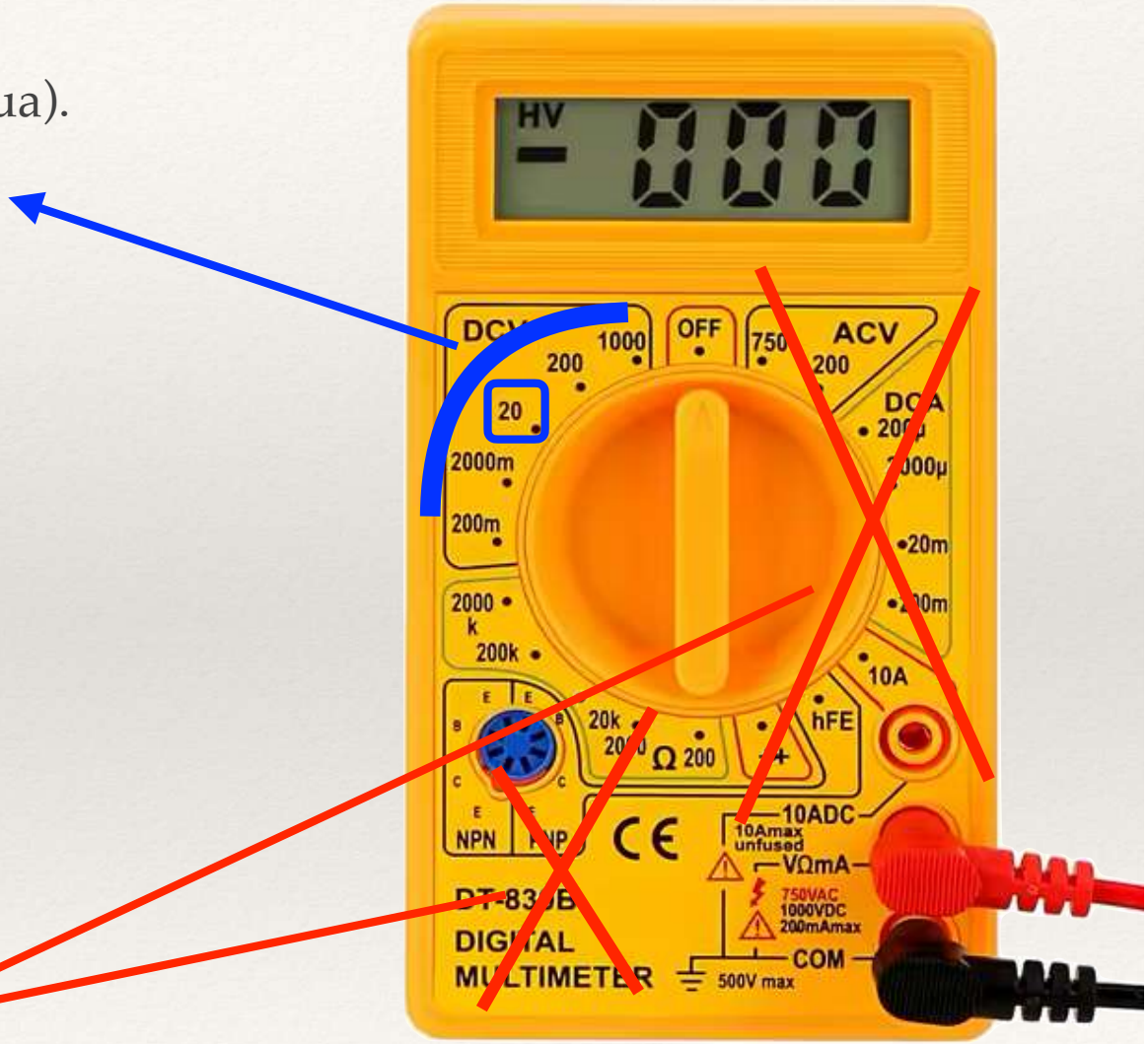


Identifique o seletor de escala, e tome muito cuidado para não selecionar a escala errada. Além de erro na medição, você pode danificar o multímetro e outros componentes se errar.

Conecte as duas pontas de prova nas posições corretas, e na cor correta. A ponta preta (GND, ou "negativo") é normalmente conectada ao pino COM, e a vermelha (positivo) ao pino com maior número de inscrições.

Dicas: Multímetro

Escalas de tensões DC (corrente contínua). Vamos usar o fundo de escala com o menor valor superior a 5 volts (neste exemplo, 20V).

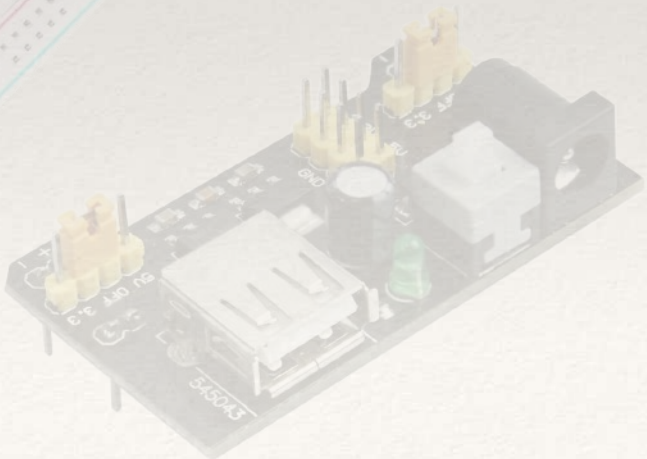


Não vamos usar outras escalas !

Itens necessários

Potenciômetro

- 1 KΩ linear;
- Utilizado para ajuste da tensão medida no experimento;



Itens necessários

Protoboard (830 pinos)

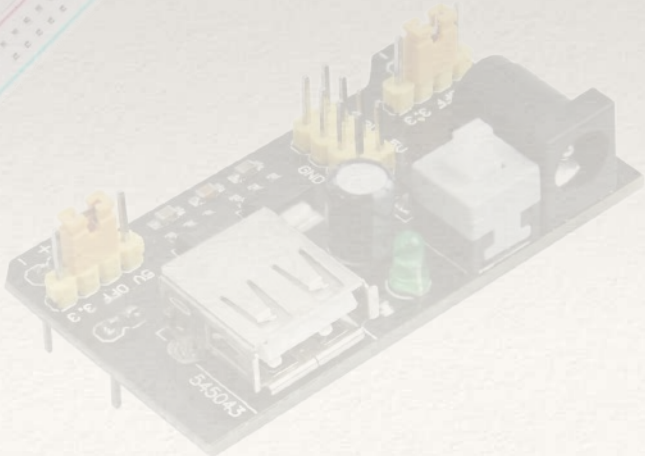
Modelo padrão foi utilizado para acomodar inclusive o Arduíno Uno R3.

Itens necessários

Fonte AC de 9V

Qualquer capacidade em amperes atende;

Fontes de 12V também podem ser usadas.



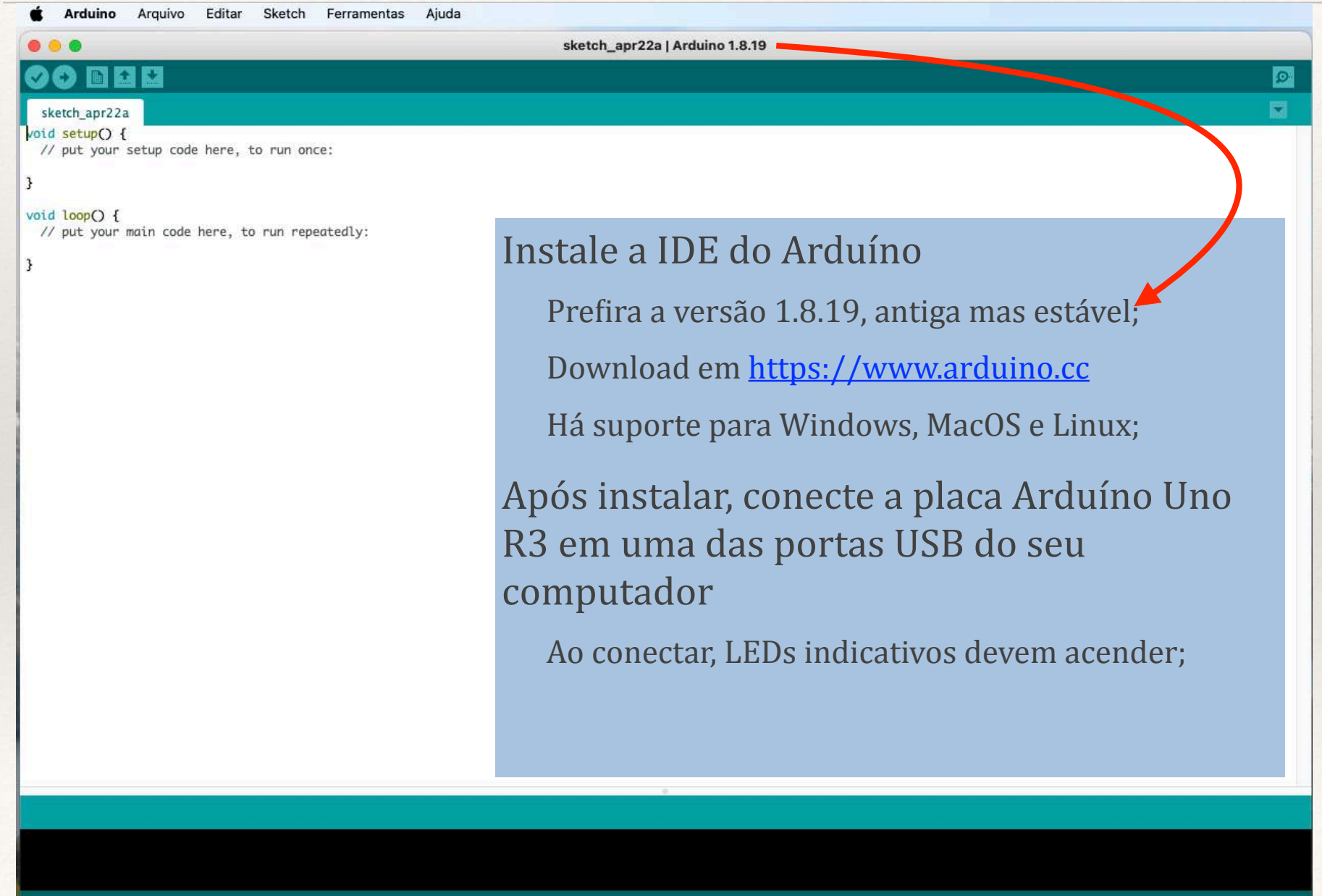
Itens necessários

Fonte para *protoboard*

Qualquer fonte regulada de 5V pode ser utilizada, porém haverão mudanças de conexões no experimento;

Se você não tem experiência, não recomendo utilizar outra fonte.

1º Passo: Ativar Arduíno



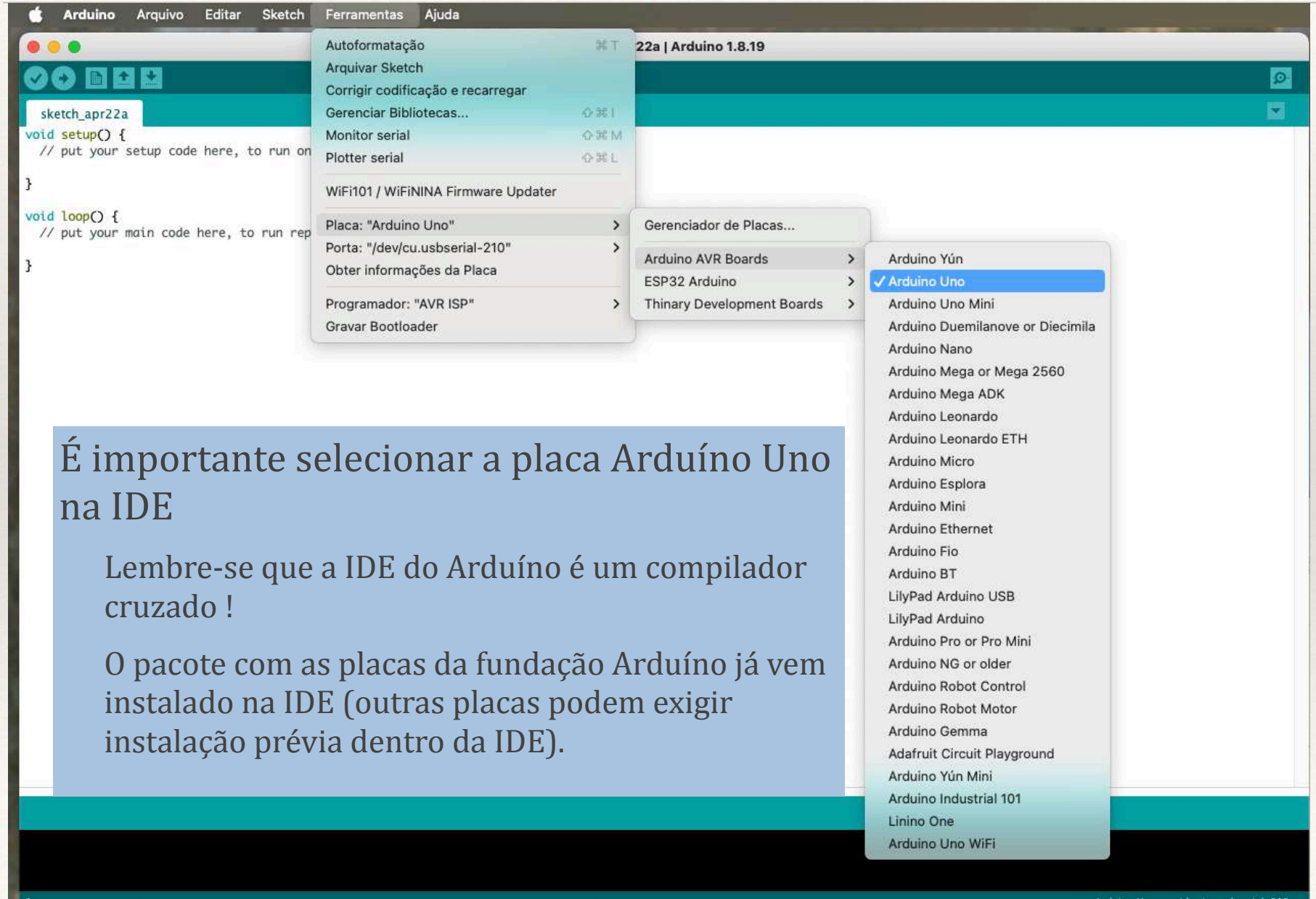
Instale a IDE do Arduíno

- Prefira a versão 1.8.19, antiga mas estável;
- Download em https://www.arduino.cc
- Há suporte para Windows, MacOS e Linux;

Após instalar, conecte a placa Arduíno Uno R3 em uma das portas USB do seu computador

- Ao conectar, LEDs indicativos devem acender;

1º Passo: Ativar Arduíno

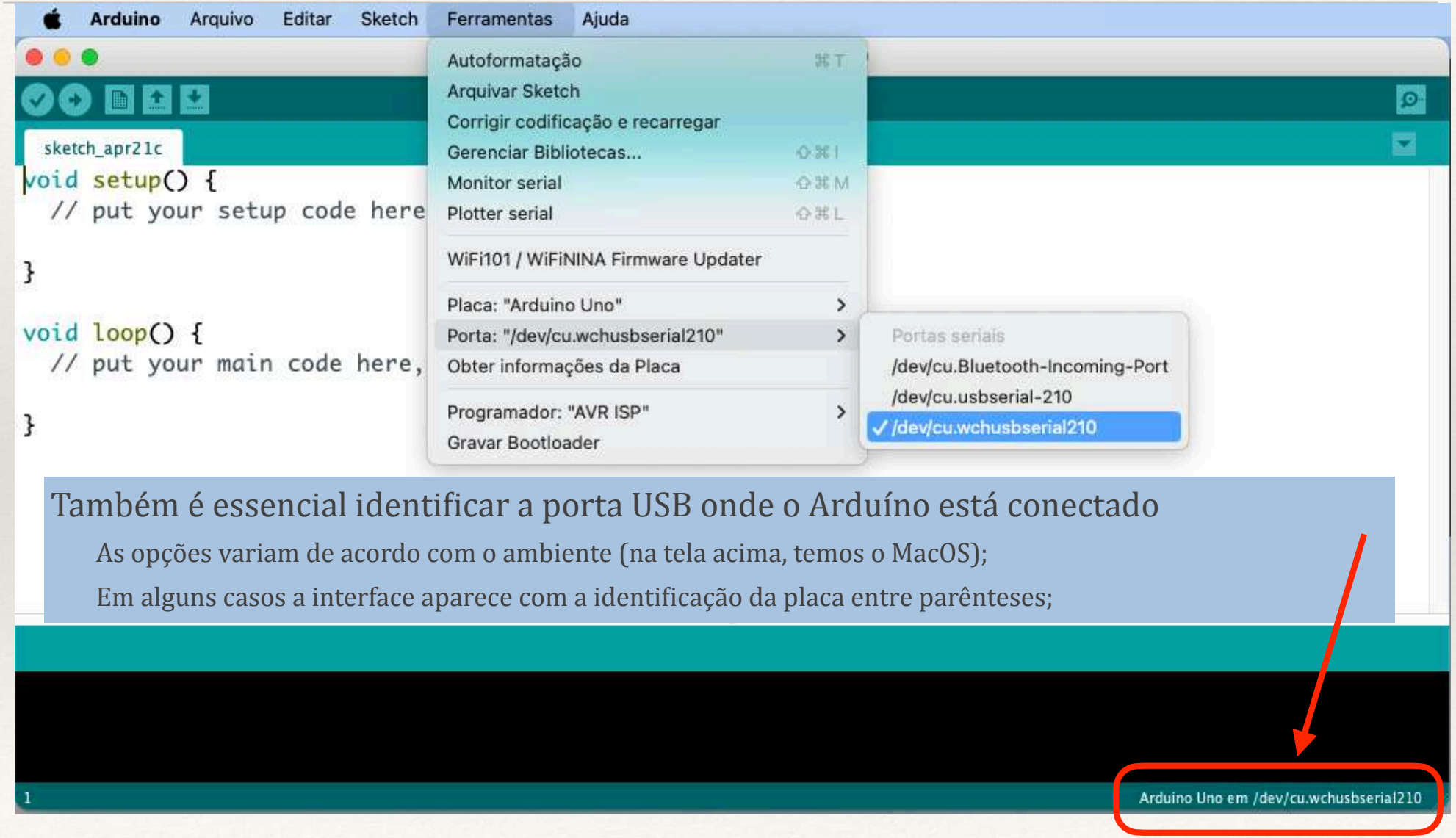


É importante selecionar a placa Arduíno Uno na IDE

Lembre-se que a IDE do Arduíno é um compilador cruzado !

O pacote com as placas da fundação Arduíno já vem instalado na IDE (outras placas podem exigir instalação prévia dentro da IDE).

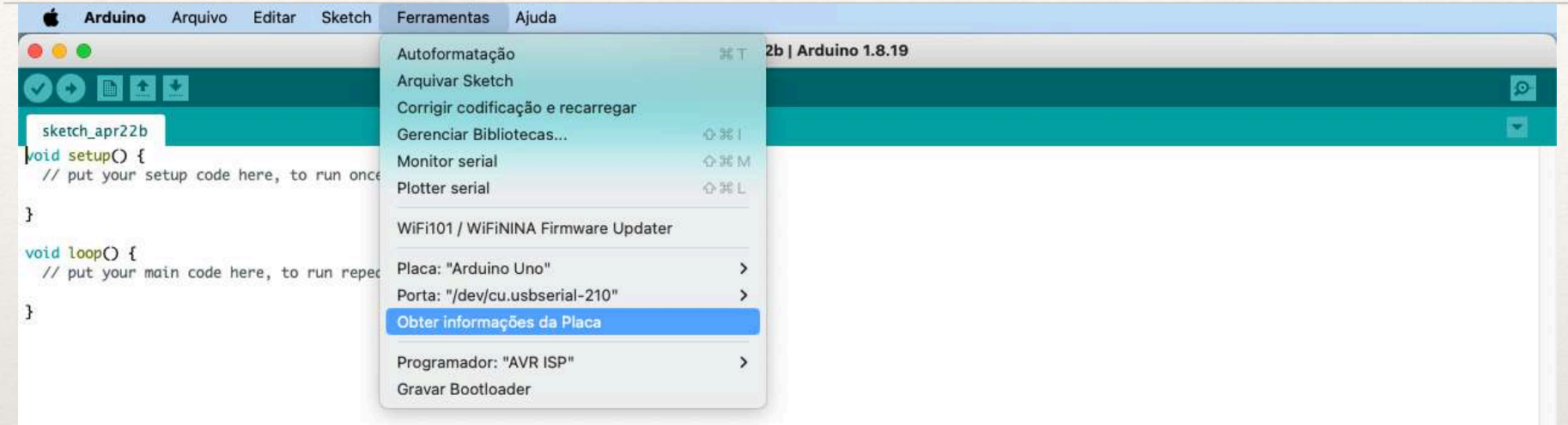
1º Passo: Ativar Arduíno



Também é essencial identificar a porta USB onde o Arduíno está conectado

- As opções variam de acordo com o ambiente (na tela acima, temos o MacOS);
- Em alguns casos a interface aparece com a identificação da placa entre parênteses;

1º Passo: Ativar Arduíno



Você pode verificar a conexão efetiva da placa à IDE

- A opção "**Obter informações da placa**" pode mostrar uma janela com informações;
- Uma janela com "placa desconhecida" pode indicar sucesso (comum em placas "genéricas");
- O teste mais efetivo é tentar compilar e executar um código como o Blink, por exemplo.

2º Passo: Medição Básica

Medição de Tensões disponíveis no próprio Arduíno Uno

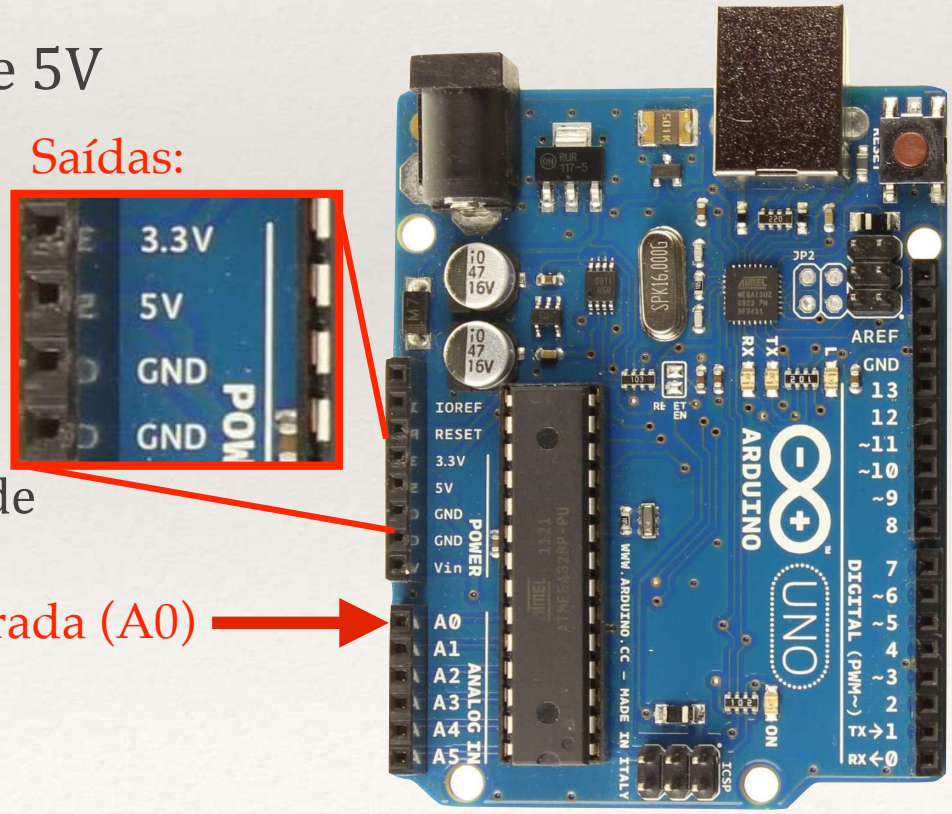
- Sem componentes externos;
- Basta um *jumper* DuPont;

Serão medidos os valores de 0V; 3,3V e 5V

- Avaliar as medições com base no valor numérico medido pelo ADC;

Leituras serão realizadas no Monitor Serial da IDE

- Carregar o Monitor Serial, e ajustar a taxa de transferência para 115.200 bps.



2º Passo: Medição Básica

Leituras serão realizadas no Monitor Serial da IDE

- Carregar o Monitor Serial, e ajustar a taxa de transferência para 115.200 bps.

2º Passo: Medição Básica

Os resultados serão vistos no Monitor Serial
Utilizaremos a entrada A0 do Arduíno

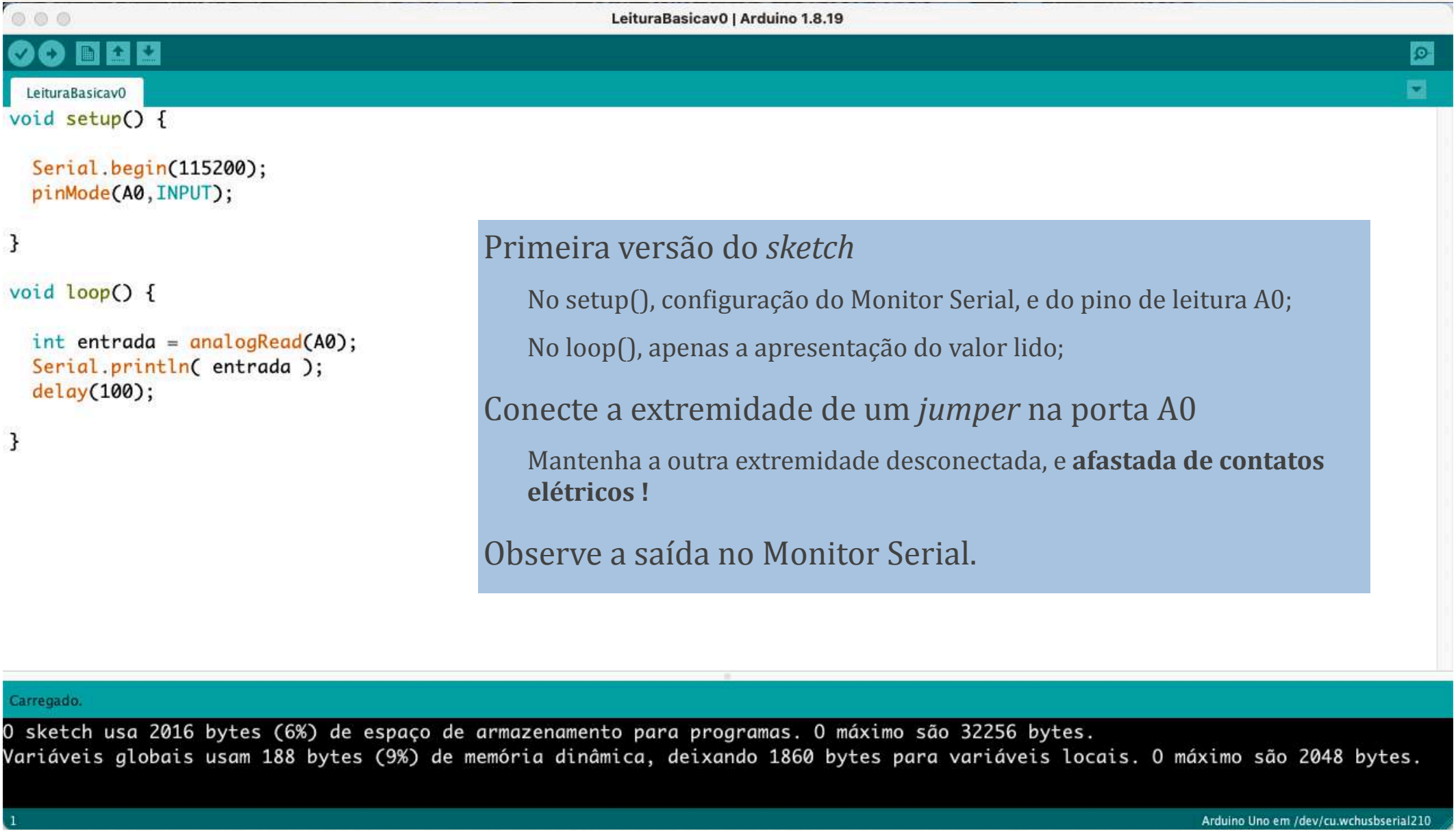
Leitura analógica da entrada

Número de amostragens < 10 por segundo

LeituraBasicav0

```
void setup() {

  Serial.begin(115200);
  pinMode(A0,INPUT);

}

void loop() {

  int entrada = analogRead(A0);
  Serial.println( entrada );
  delay(100);

}
```

2º Passo: Medição Básica



Primeira versão do *sketch*

- No setup(), configuração do Monitor Serial, e do pino de leitura A0;
- No loop(), apenas a apresentação do valor lido;

Conecte a extremidade de um *jumper* na porta A0

- Mantenha a outra extremidade desconectada, e **afastada de contatos elétricos !**

Observe a saída no Monitor Serial.

Medição analógica básica

Os resultados serão vistos no Monitor Serial
Utilizaremos a entrada A0 do Arduíno

Salvamos o valor lido anteriormente

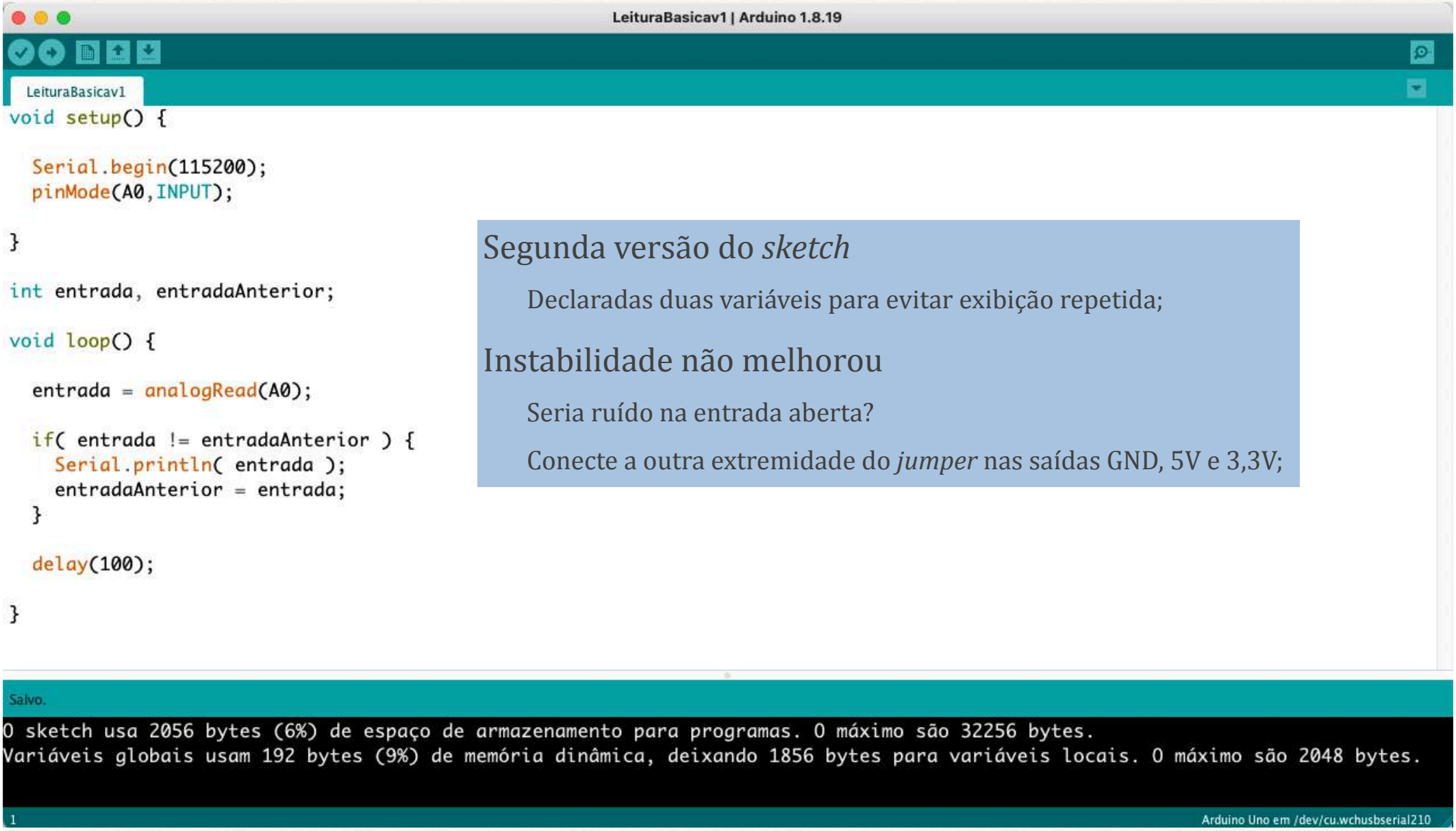
Leitura analógica da entrada

Mostra apenas se houver alteração

Número de amostragens < 10 por segundo

```
void setup() {

  Serial.begin(115200);
  pinMode(A0,INPUT);

}

int entrada, entradaAnterior;

void loop() {

  entrada = analogRead(A0);

  if( entrada != entradaAnterior ) {
    Serial.println( entrada );
    entradaAnterior = entrada;
  }

  delay(100);

}
```

2º Passo: Medição Básica



Segunda versão do *sketch*

- Declaradas duas variáveis para evitar exibição repetida;

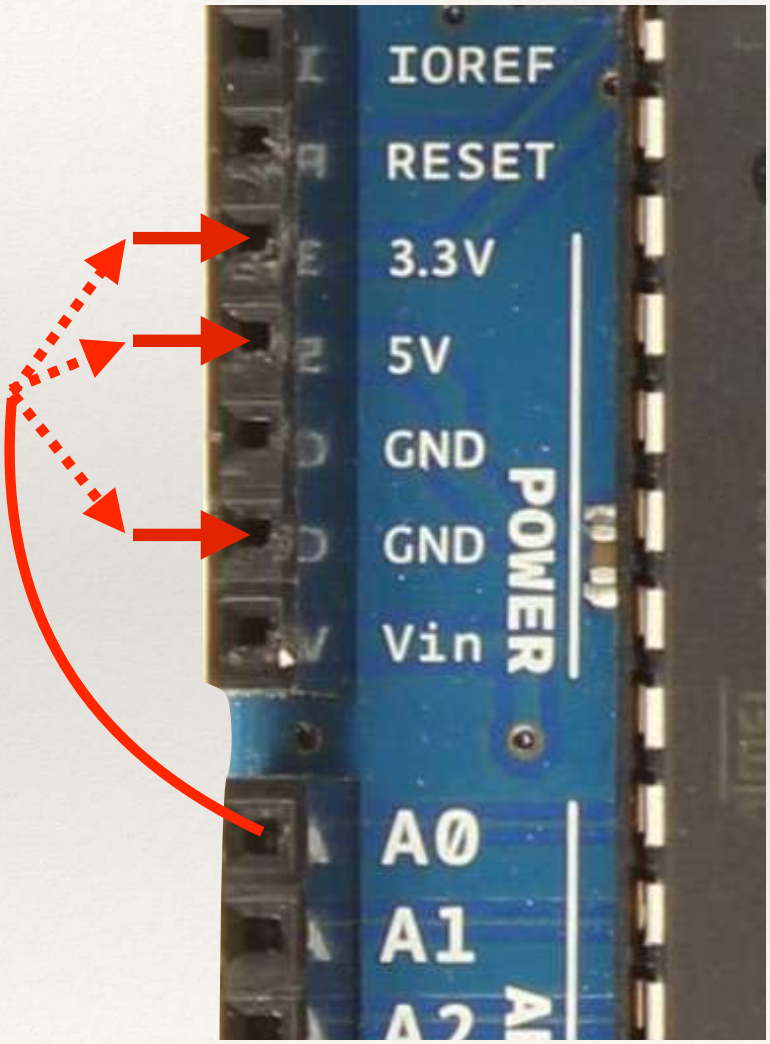
Instabilidade não melhorou

- Seria ruído na entrada aberta?
- Conecte a outra extremidade do *jumper* nas saídas GND, 5V e 3,3V;

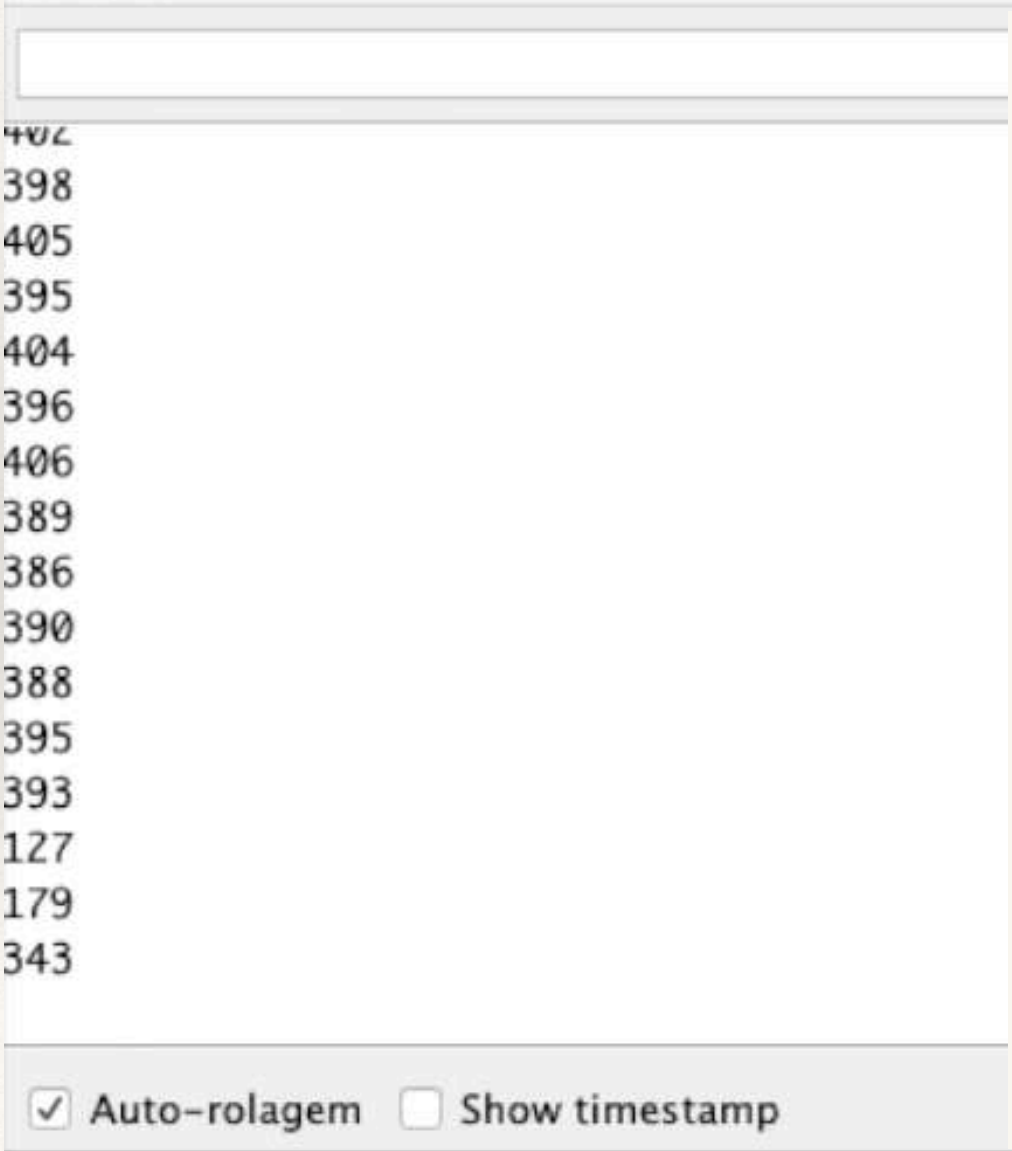
2º Passo: Medição Básica

Escolha da tensão de entrada:

- 0V (GND);
- 5V (Vcc);
- 3,3V (saída de alimentação).



2º Passo: Medição Básica



O que percebemos?

Entradas desconectadas são "dominadas" pelo ruído;

Há alguma instabilidade quando medimos a tensão de 3,3V.

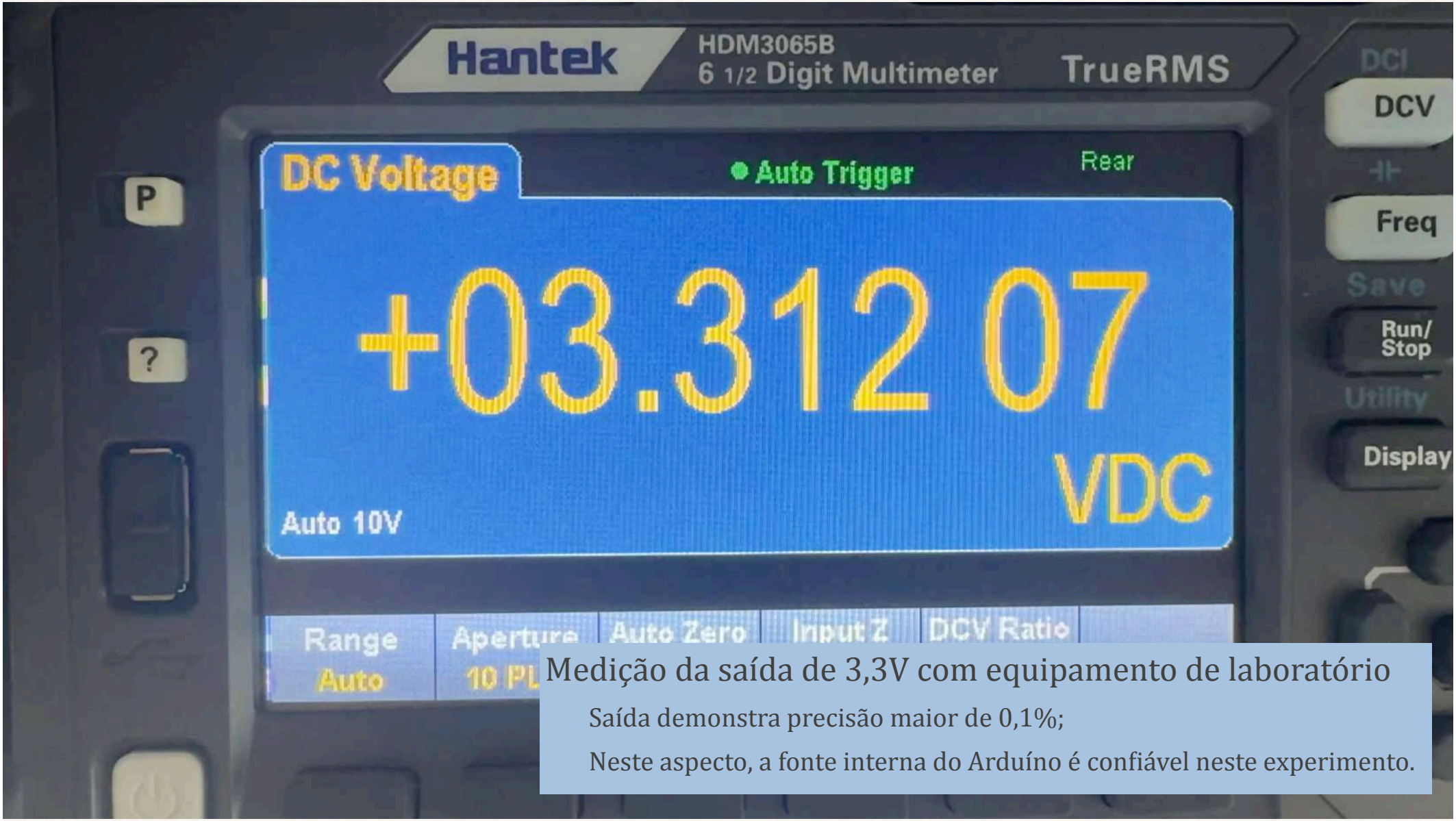
Especificação básica

Conversor A/D de 10 bits (0~1023).

Cuidado com a conexão !

Interligar portas erradas pode danificar o Arduíno, e até a porta USB do seu computador !

2º Passo: Medição Básica



Medição da saída de 3,3V com equipamento de laboratório

- Saída demonstra precisão maior de 0,1%;
- Neste aspecto, a fonte interna do Arduíno é confiável neste experimento.

2º Passo: Medição Básica

Desprezando eventuais falhas de linearidade, as medições são proporcionais;

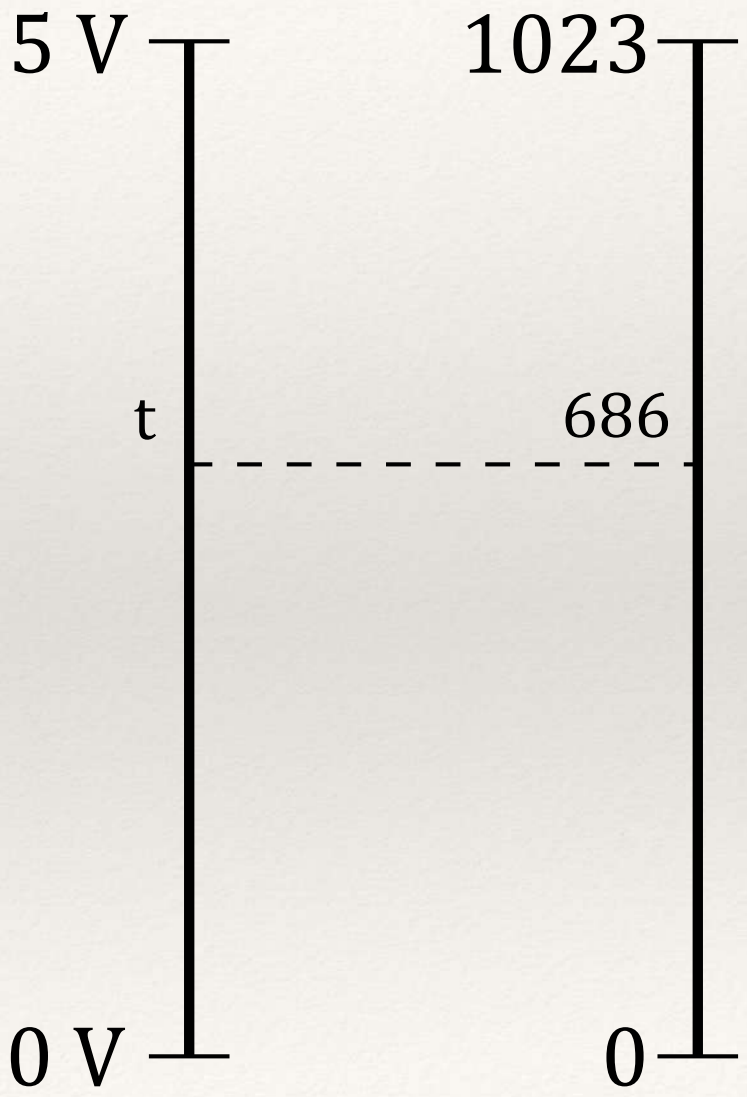
Conversão é básica, por regra de 3

$$\frac{t - 0}{5 - 0} = \frac{686 - 0}{1023 - 0}$$

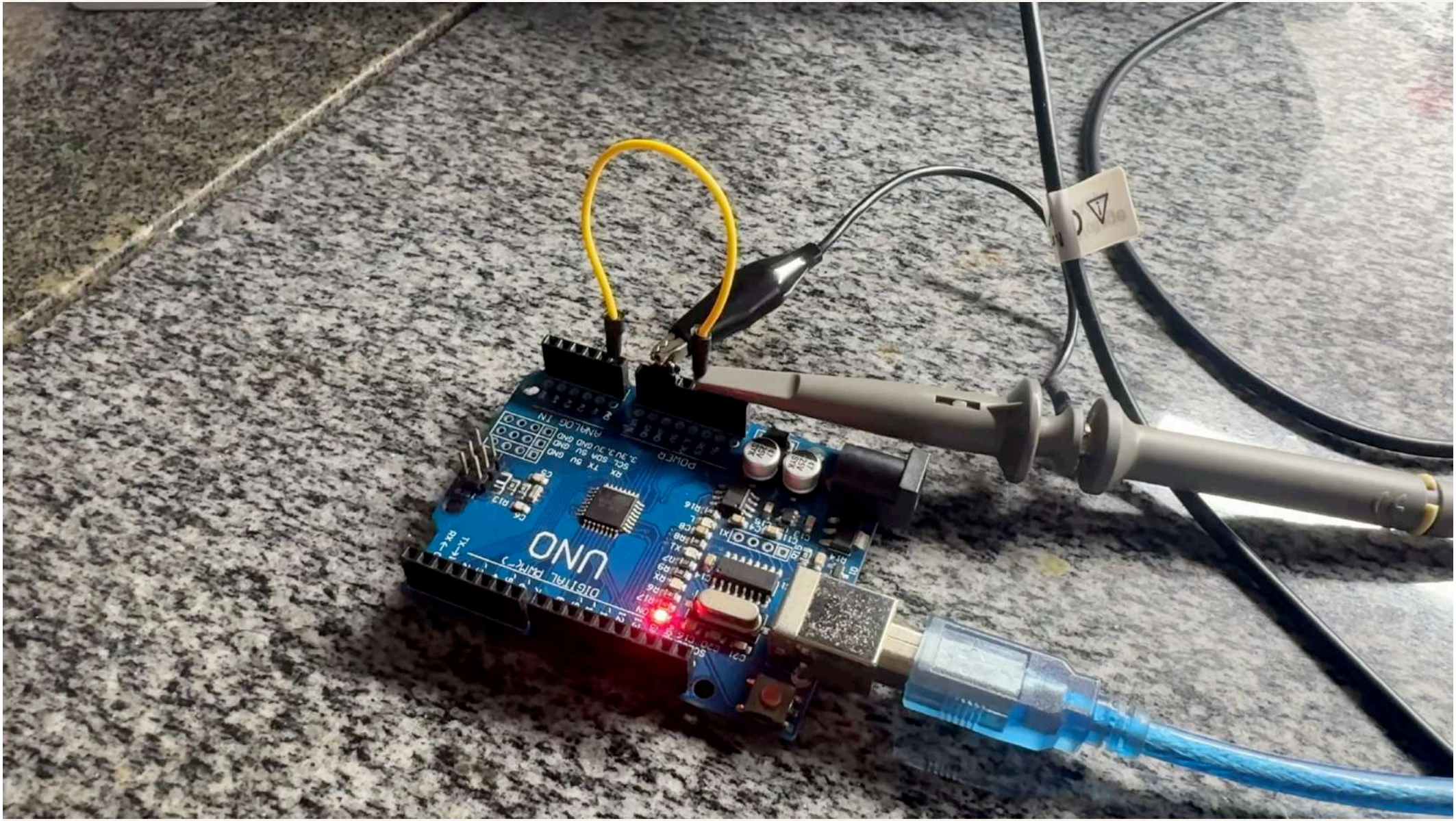
$$\frac{t}{5} = \frac{686}{1023}$$

$$t = \frac{5 \times 686}{1023} = 3{,}35288\ V \approx 3{,}3\ V$$

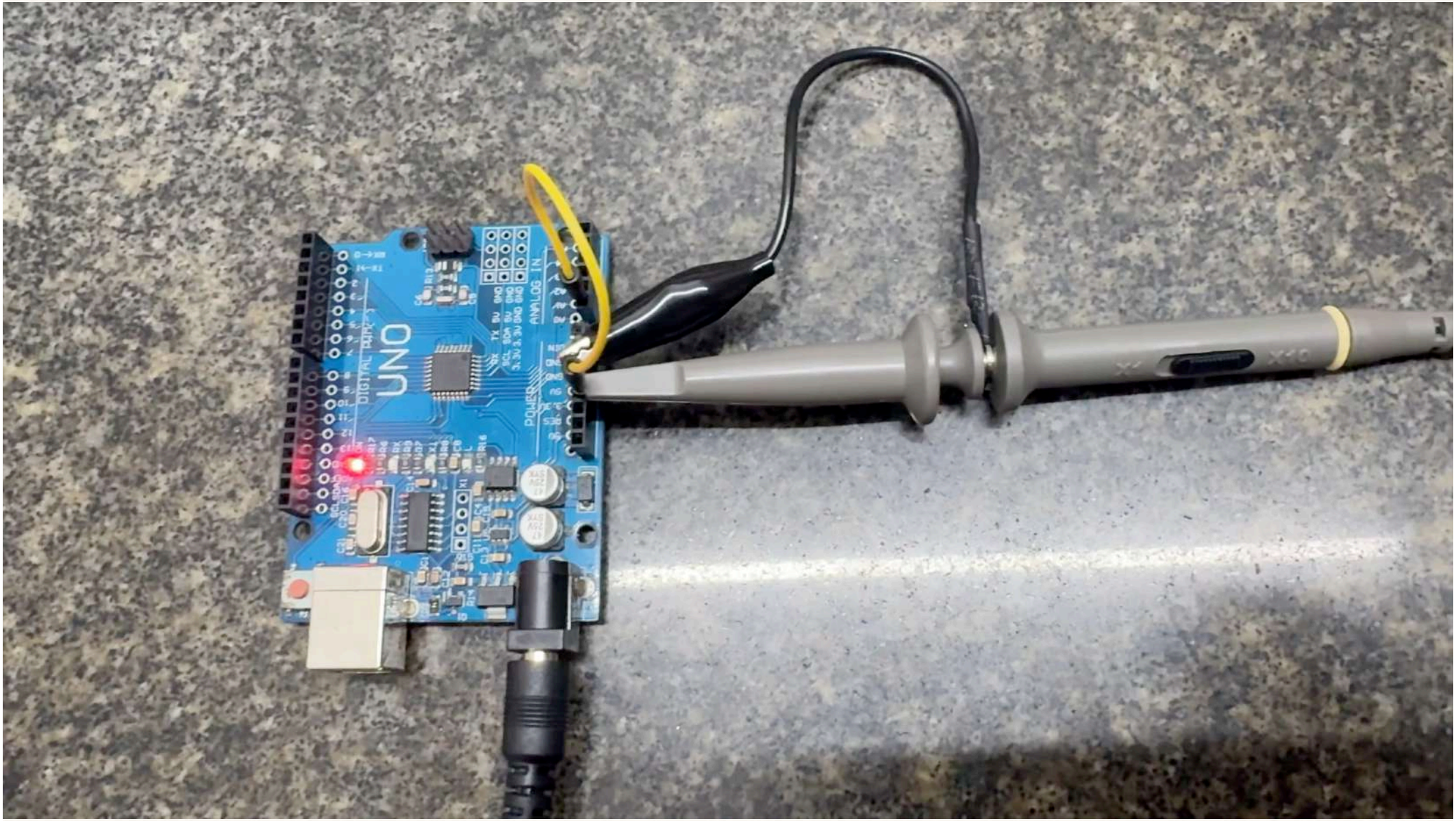
+ 1,2 %



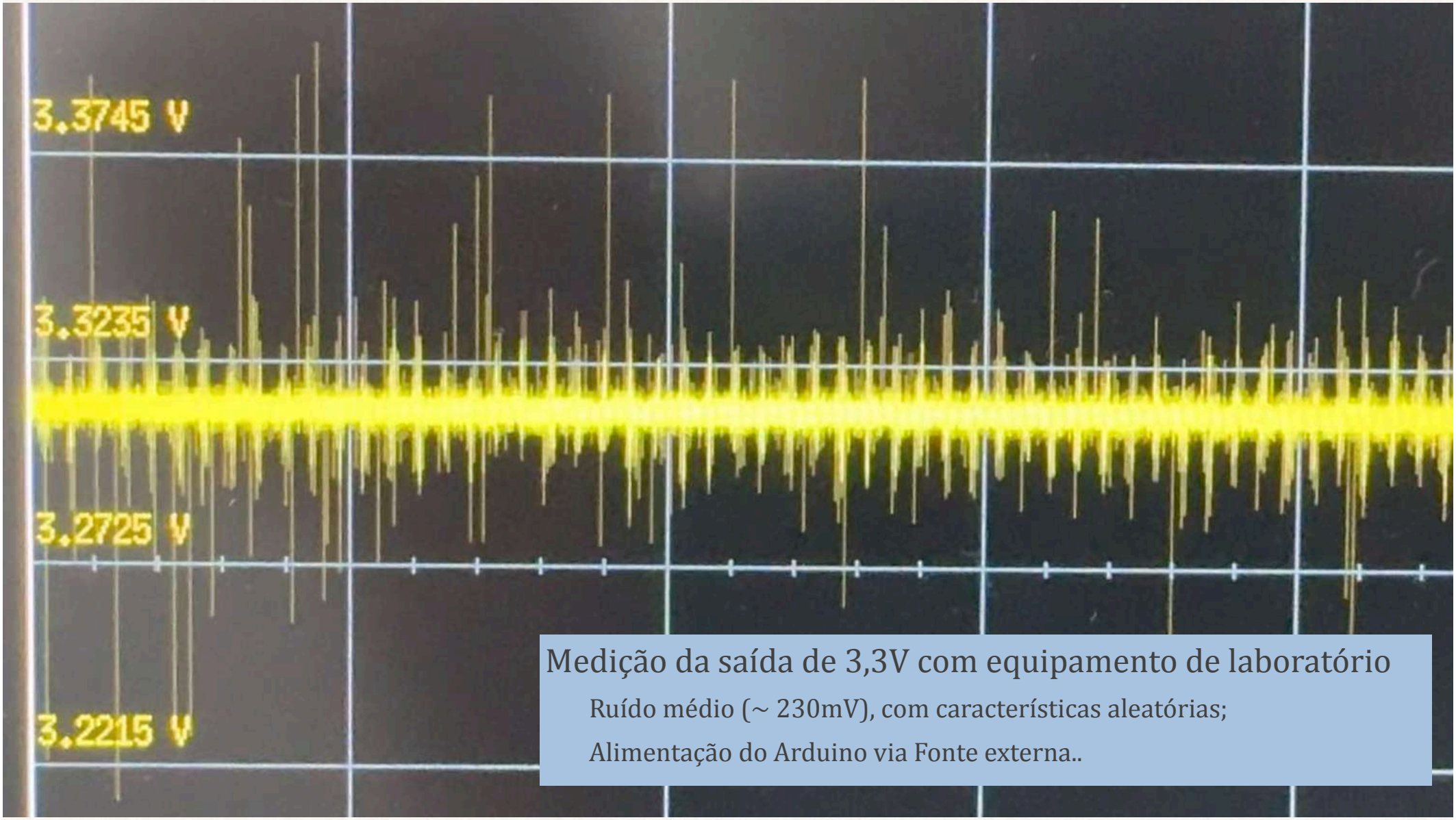
2º Passo: Medição Básica



2º Passo: Medição Básica



2º Passo: Medição Básica



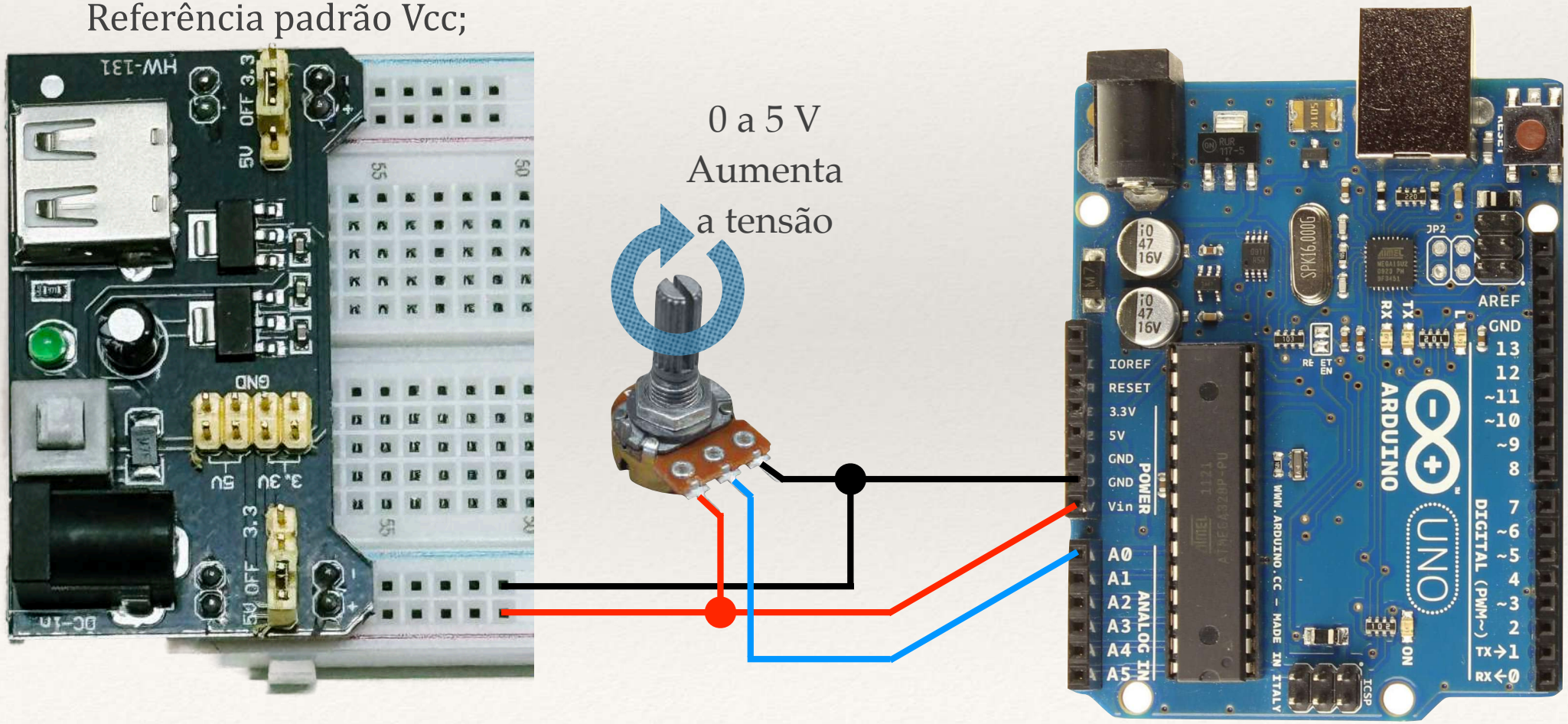
Medição da saída de 3,3V com equipamento de laboratório

- Ruído médio (~ 230mV), com características aleatórias;
- Alimentação do Arduino via Fonte externa..

3º Passo: Medir Tensão

Utilizaremos uma fonte padrão para *protoboard*

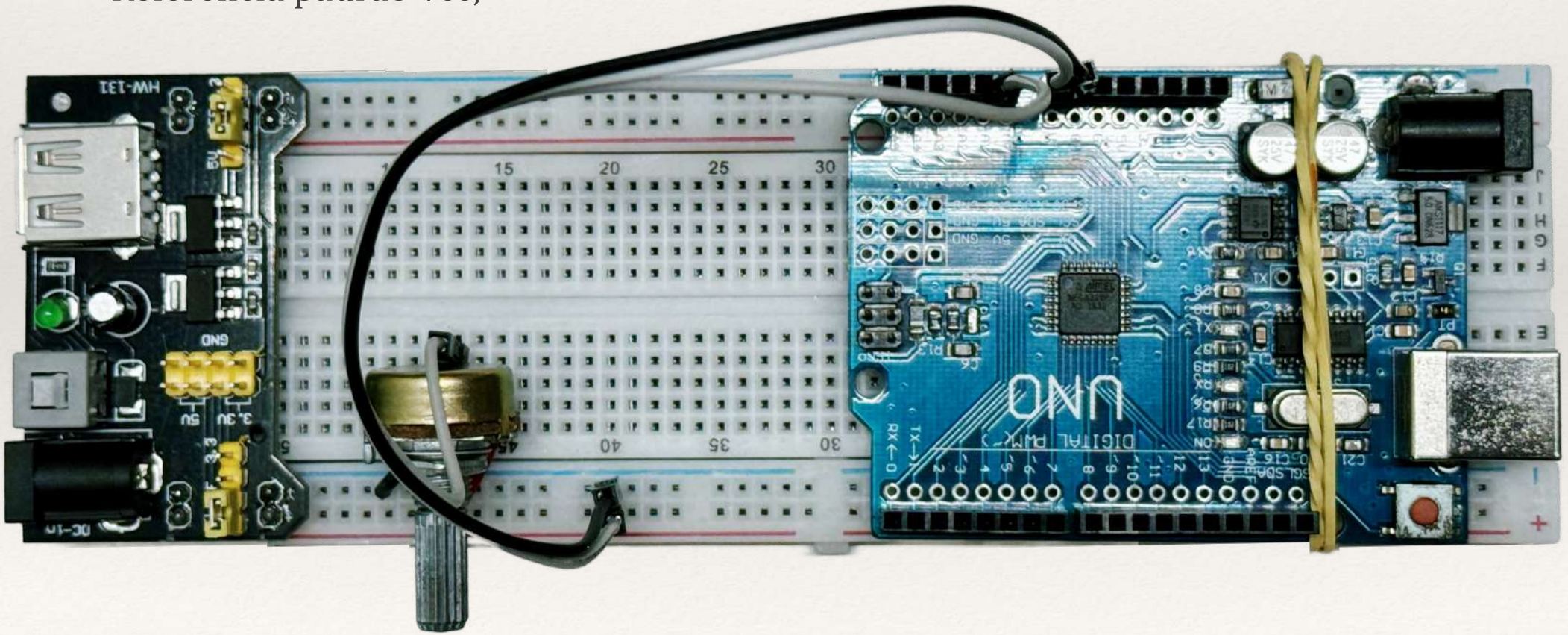
- Arduíno Uno e potenciômetro conectados à fonte de 5 V;
- Referência padrão Vcc;



3º Passo: Medir Tensão

Utilizaremos uma fonte padrão para *protoboard*

- Arduíno Uno e potenciômetro conectados à fonte de 5 V;
- Referência padrão Vcc;



3º Passo: Medir Tensão

Cálculo da tensão

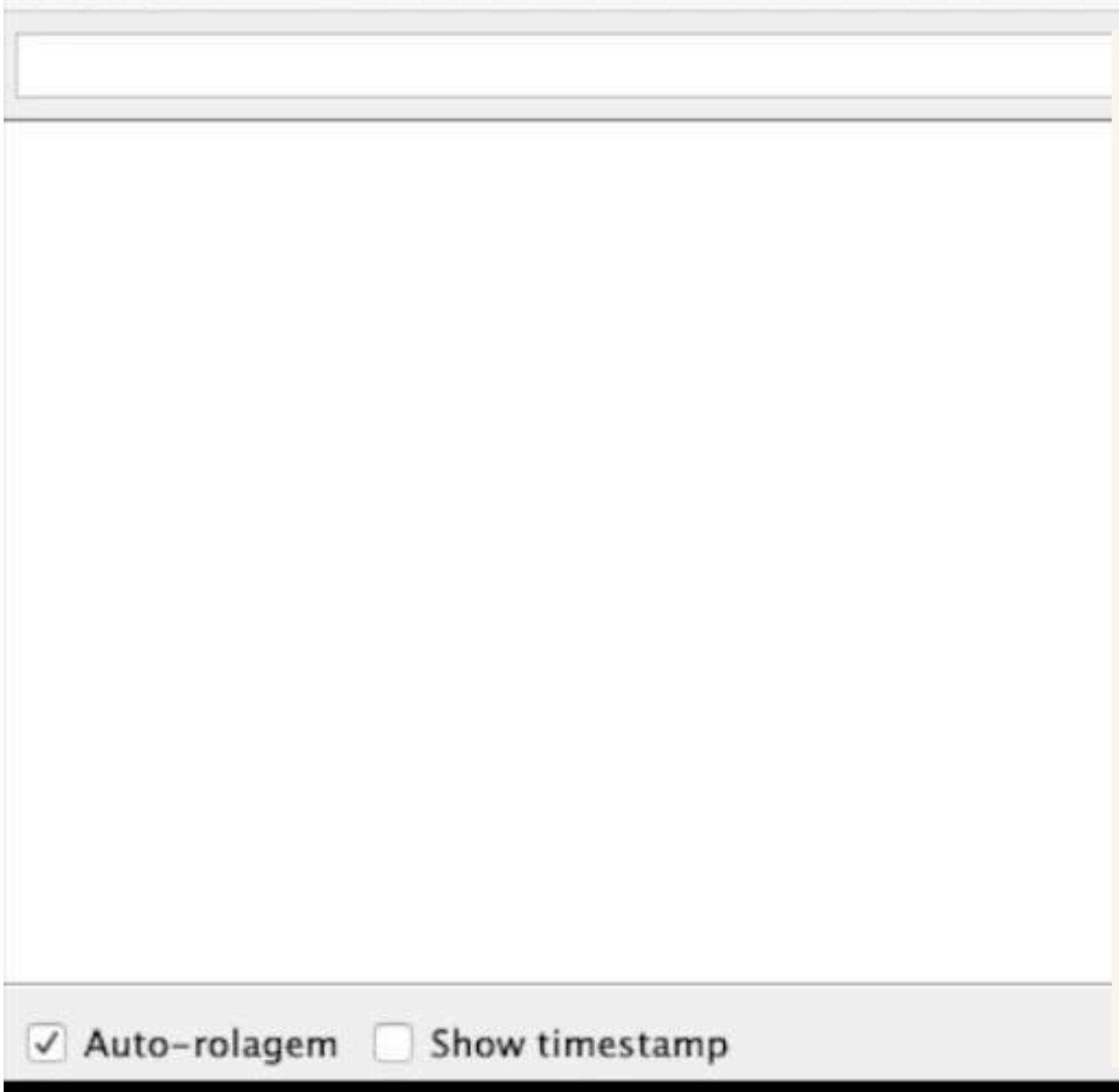
(usamos a casa decimal para garantir o processamento das constantes como “float”)

Mostra o valor lido, e a tensão calculada

Número de amostragens < 10 por segundo

```
void setup() {

  Serial.begin(115200);
  pinMode(A0,INPUT);

}

int entrada, entradaAnterior;

void loop() {

  entrada = analogRead(A0);
  float tensao = entrada * 5 / 1023.0;

  if( entrada != entradaAnterior ) {
    entradaAnterior = entrada;
    Serial.print( entrada );
    Serial.print( ": " );
    Serial.print( tensao );
    Serial.println( " V" );
  }

  delay(100);

}
```

3º Passo: Medir Tensão



O que percebemos?

Percebe-se alguma instabilidade nos valores medidos, exceto nos extremos da escala;

Repetição ocorre porque a diferença está nos dígitos complementares (a partir dos milésimos);

Tensões externas?

Não há qualquer proteção da entrada, logo tensões negativas, ou superiores a 5V podem danificar o Arduíno !

Experimento utilizando tensões do próprio Arduíno é mais seguro.

4º Passo: Média Móvel

A instabilidade é um sintoma da falta de precisão;

- A imprecisão costuma afetar mais os valores intermediários de uma escala;
- Vimos que a alimentação do μC pode prejudicar a precisão, além de outros fatores;
- No entanto, aparentemente há característica aleatória nas variações !

Como aumentar a precisão no experimento?

Vamos implementar o algoritmo de Média Móvel?

Média Móvel

Guarda medição no vetor

Incrementa o vetor de forma circular 0 ⟳ 16

Acumula as 16 últimas medições

Valor evita repetição da exibição da tensão

Cálculo da média móvel das últimas 16 medições

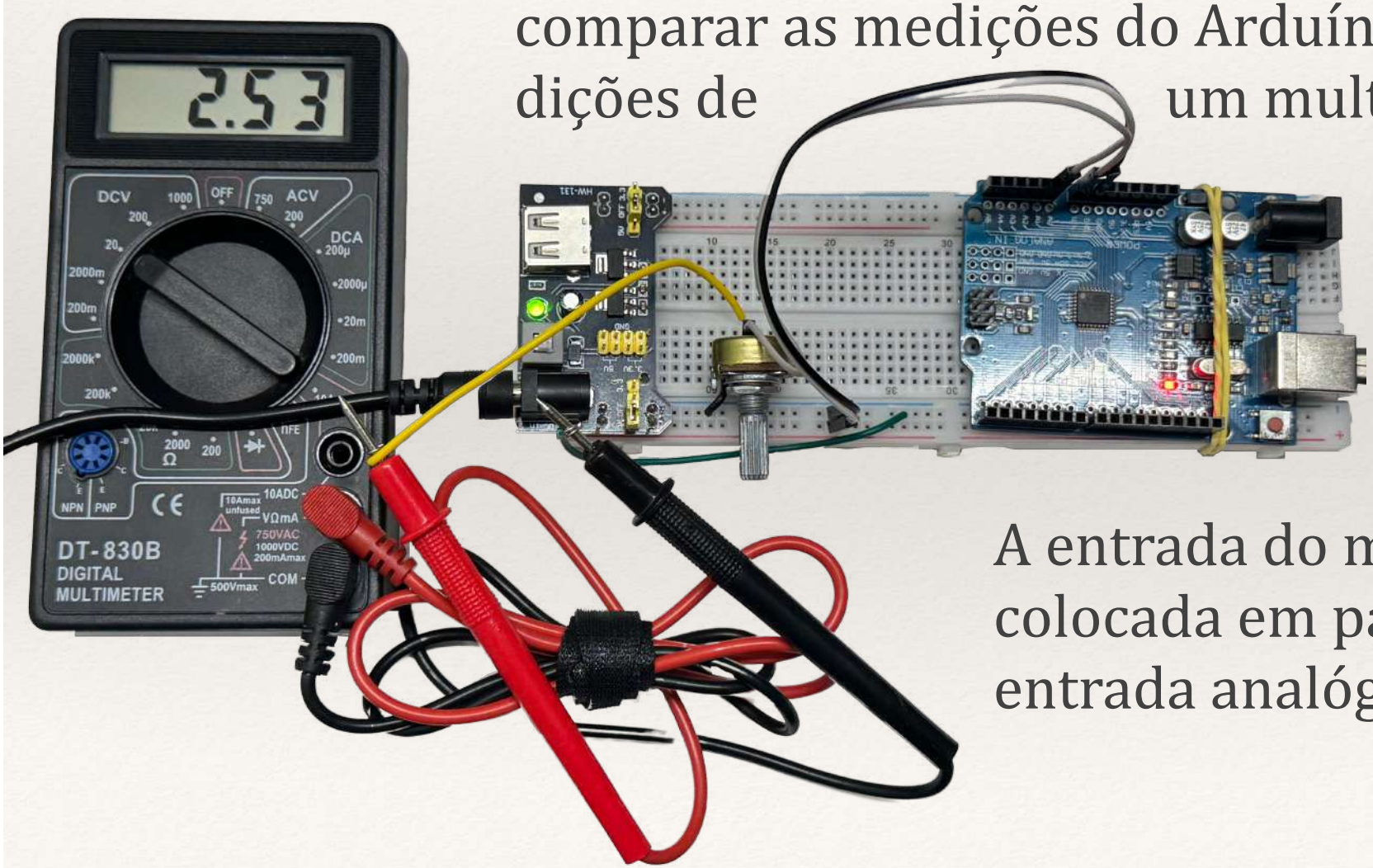
Evita re-exibição para alterações na casa dos milésimos

Número de amostragens < 100 por segundo

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(A0,INPUT);
}

int valorAnterior;
int posicao = 0, medicoes[16];

void loop() {

  int entrada = analogRead(A0);

  medicoes[ posicao ] = entrada;
  if( posicao < 16 ) posicao++;
  else posicao = 0;

  int soma = 0;
  for( int i=0 ; i < 16 ; i++ )
    soma += medicoes[ i ];
  int valor = soma / 16;

  float tensao = (soma / 16) * 5 / 1023.0;

  if( abs( valor-valorAnterior ) > 3 ) {
    valorAnterior = valor;
    Serial.print( tensao );
    Serial.println( " V" );
  }

  delay(10);

}
```

5º Passo: Exatidão e Linearidade

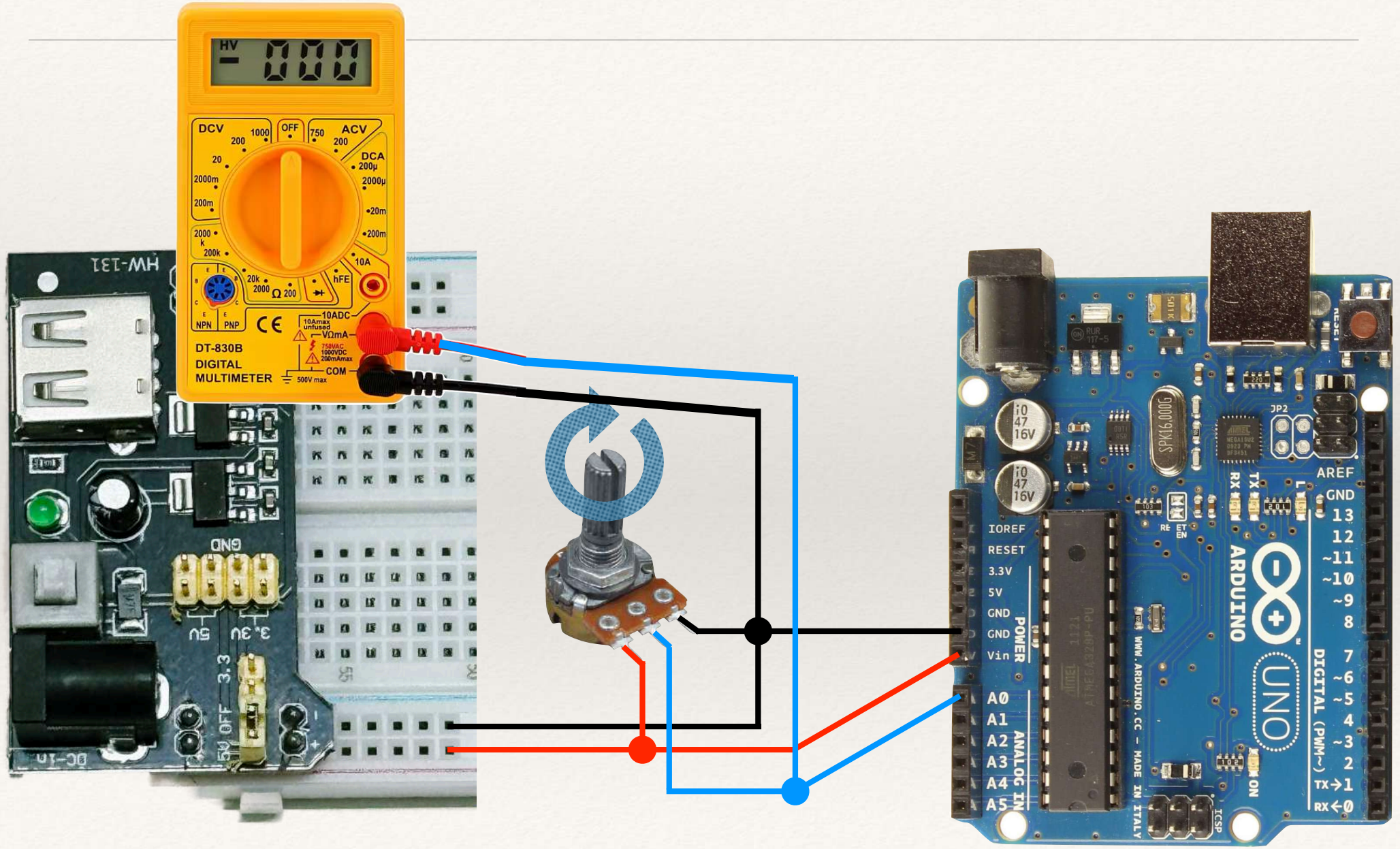
Para checar a exatidão e linearidade, vamos comparar as medições do Arduíno com as medições de um multímetro;



No multímetro, a escala escolhida foi a de 20 Volts.

A entrada do multímetro foi colocada em paralelo com a entrada analógica A0;

5º Passo: Exatidão e Linearidade



5º Passo: Exatidão e Linearidade

Verificar exatidão e linearidade

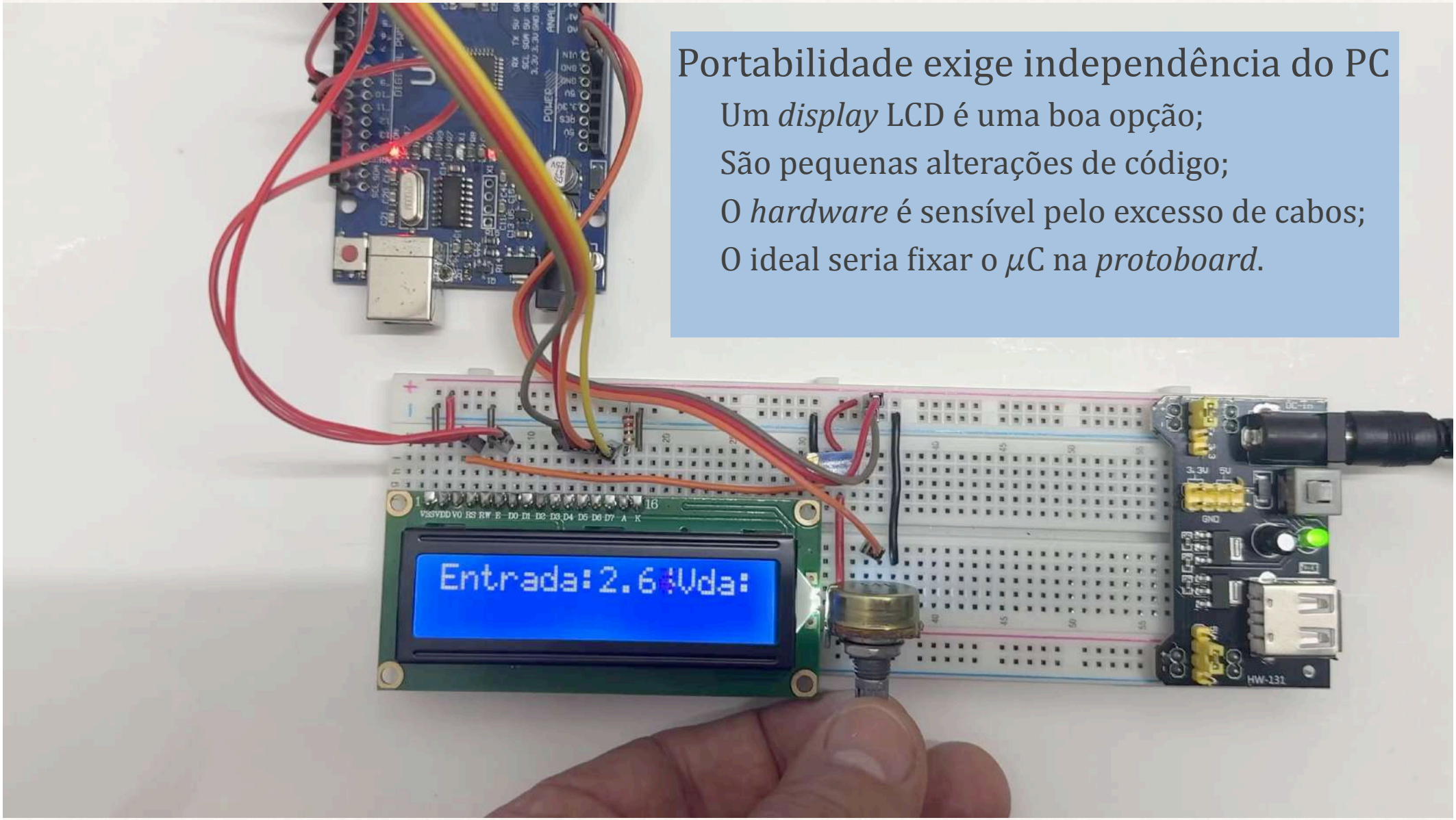
- Ajustar a tensão para pontos específicos;
- Sugestão na tabela ao lado: 9 pontos (ou mais);

Calcular as diferenças pontuais

- Indicar percentual positivo ou negativo;
- Traçar gráfico de linha para avaliar as diferenças e linearidade das medidas;

Multímetro	Arduíno	%
0,5	?	?
1,0		
1,5		
2,0		
2,5		
3,0		
4,0		
4,5		
5,0		

6º Passo (desafio): Portabilidade



Portabilidade exige independência do PC

- Um *display* LCD é uma boa opção;
- São pequenas alterações de código;
- O *hardware* é sensível pelo excesso de cabos;
- O ideal seria fixar o μC na *protoboard*.

FIM