

# **MEDIÇÕES ELÉTRICAS E RUÍDO EM ENSAIOS EXPERIMENTAIS**

---

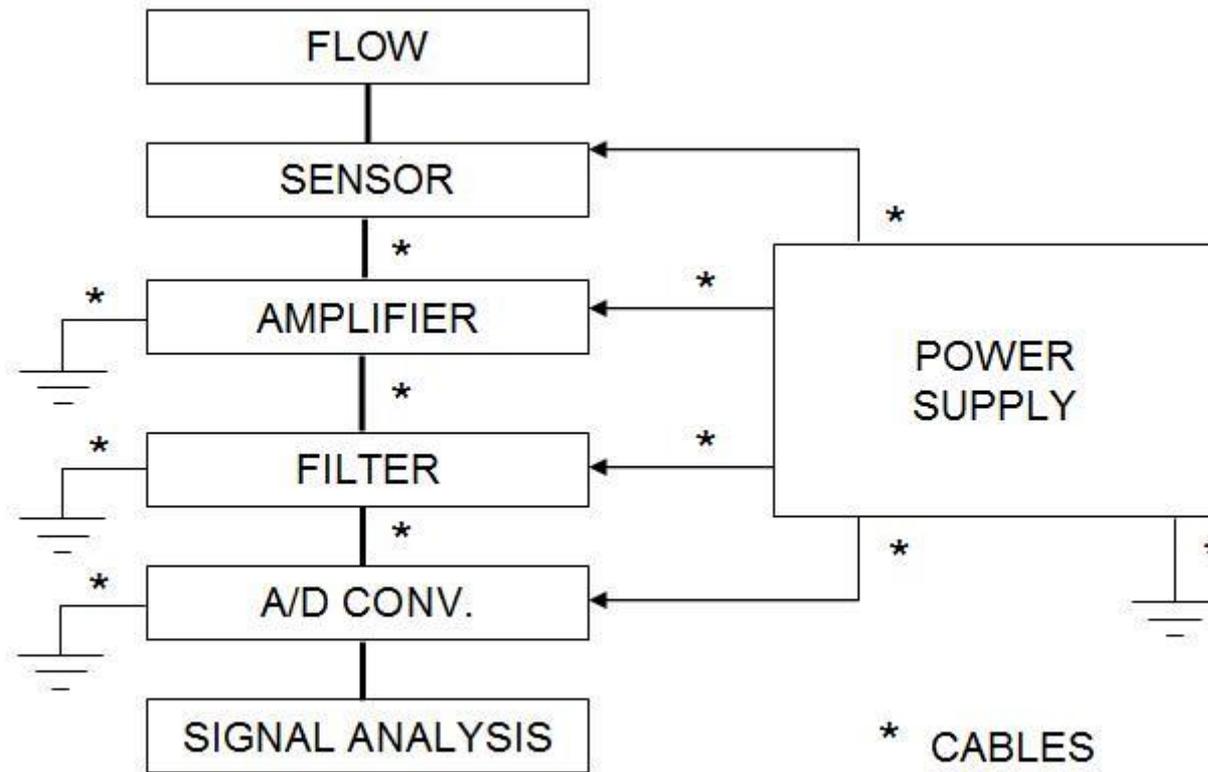
- **Introdução / Motivação**
- **Principais fontes de ruído em montagens experimentais;**
- **Métodos simples para a redução de ruído;**
- **Exemplos de implementação;**
- **Calibração de sensores;**
- **Resposta dinâmica de sensores**
  - De 1ª. Ordem
  - De 2ª. Ordem

**Ruído e interferência:** podem ocorrer em quase todas as aplicações de engenharia onde existe transmissão de informações



## Redução de ruído em experimentos:

- Reduz o tempo total das campanhas de testes (tempo para ajustar os parâmetros e aquisição de dados);
- Reduz o esforço no processamento dos dados;
- Permite investigar fenômenos que envolvem flutuações de baixíssima amplitude. Ex. Transição do escoamento laminar para turbulento, aeroacústica;
- É importante gastar algum tempo antes dos experimentos procurando por fontes de ruído no aparato.



## Contribuição em mais de um estágio:

- Fonte de alimentação, aterramento e cabos

- Perturbações atmosféricas (tempestades);
- Radiação de emissoras de rádio e TV;
- Ruídos parasitas gerados por interruptores, lâmpadas fluorescentes, etc...;
- Campos ruído de alimentação de equipamentos produzidos pela rede de distribuição de energia elétrica;
- Campos magnéticos de fuga originários de transformadores, motores, etc..., que induzem sinais parasitas nos circuitos de medição;
- A escolha da blindagem mais adequada depende da sensibilidade do sistema de medida;
- O uso de blindagem eletrostática é uma das técnicas mais comuns. Entretanto, cuidados devem ser tomados para que a introdução destes no circuito não provoque erros ainda maiores;

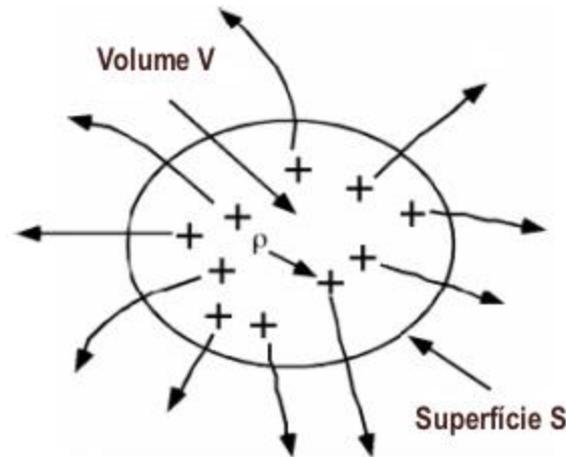
## - Campo Elétrico

**De acordo com a lei de Gauss:**

*“O fluxo elétrico através de uma superfície fechada é proporcional a carga elétrica no interior dessa superfície”*

$$\Phi_E \varepsilon_0 = q$$

*Onde  $q$  é a carga,  $\Phi$  é o fluxo e  $\varepsilon$  uma constante de permissividade do vácuo*



O fluxo elétrico é uma medida do campo elétrico que atravessa uma superfície:  $\Phi_E = \oint E \cdot ds$

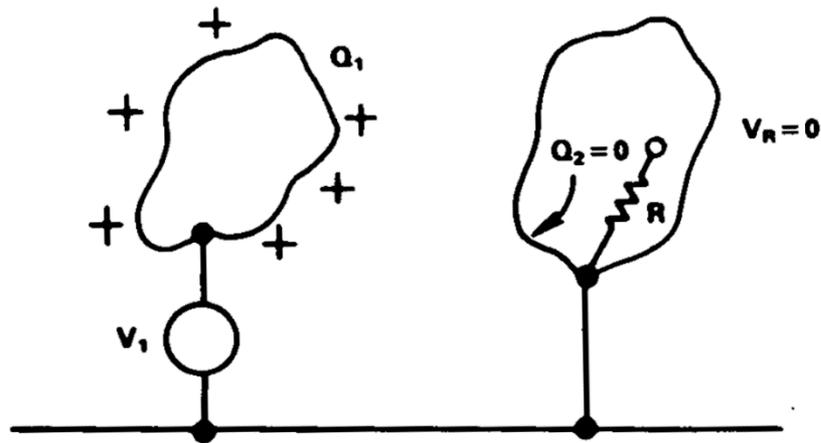
Logo:  $q = \varepsilon_0 \oint E \cdot ds$

**MENSAGEM: DEPENDE DA CARGA!! (VOLTAGEM)**

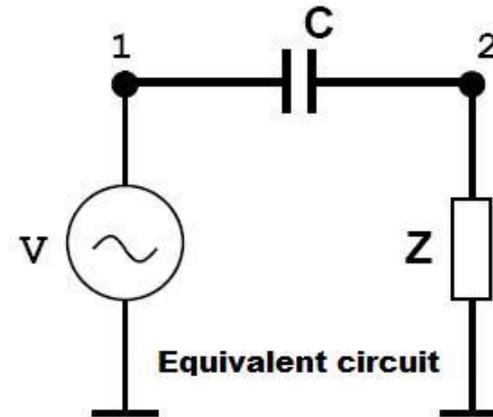
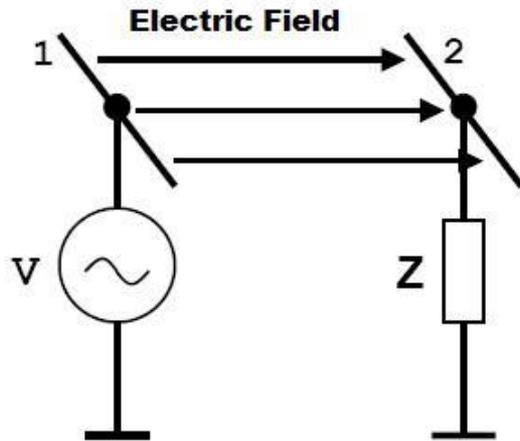
## - Campo Elétrico

### Gaiola de Faraday:

*-O campo elétrico externo a uma casca metálica não é capaz de criar cargas no interior casca.*



## Interferência Capacitiva

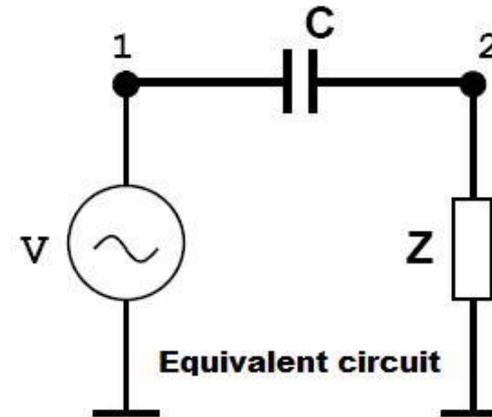
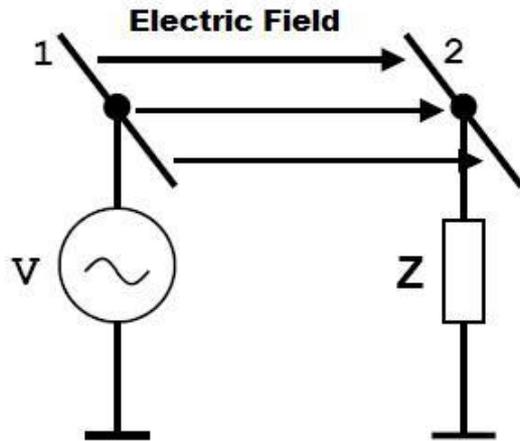


Equação do capacitor. 
$$C \frac{dV}{dt} = i$$

Logo, se  $dV/dt=0$  então  $i=0$ . Assim, não há corrente no sistema para sinais invariantes no tempo.

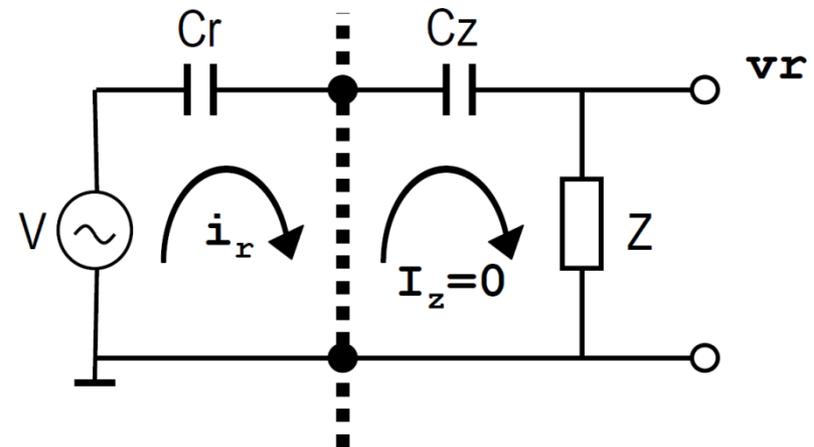
A medida que se eleva a frequência do sinal  $V$  (oscilações mais rápidas),  $dV/dt$  cresce a corrente transmitida a  $Z$  também aumenta.

## Interferência Capacitiva

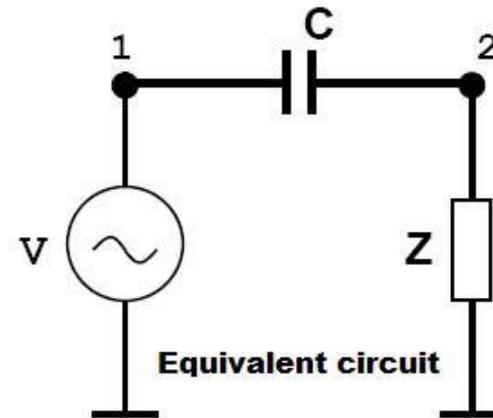
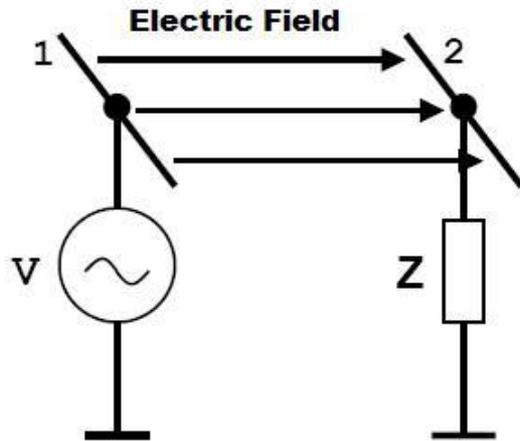


### Como reduzir?

Acrescentar caminhos de baixa impedância que o sinal de interferência não contamine o circuito de medição.

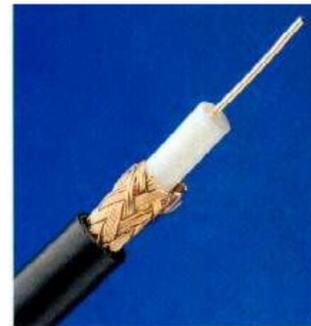
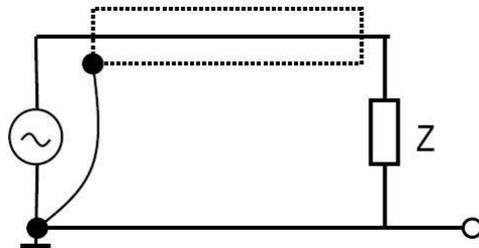


## Interferência Capacitiva

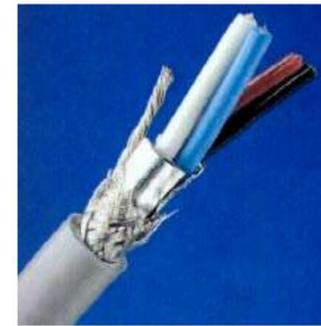


## Como reduzir?

Cabos coaxiais: Com aterramento em 1 ponto

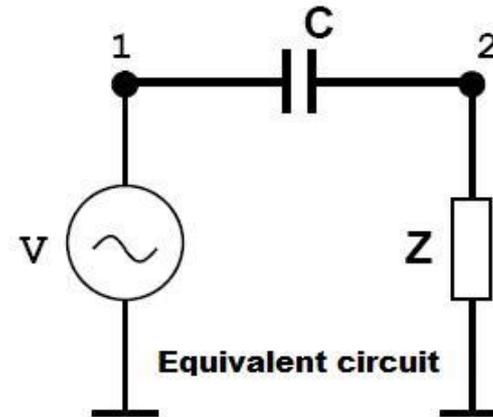
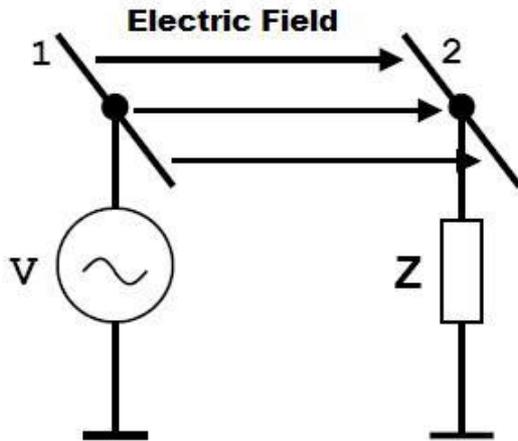


Cabo Coaxial Fino



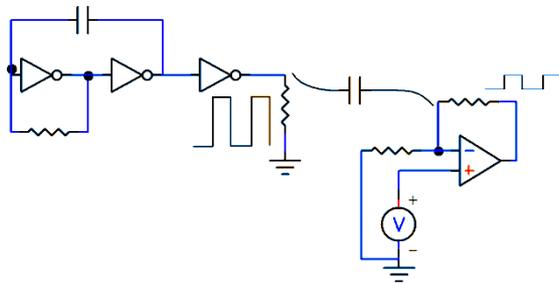
Cabo Coaxial Grosso

## Interferência Capacitiva

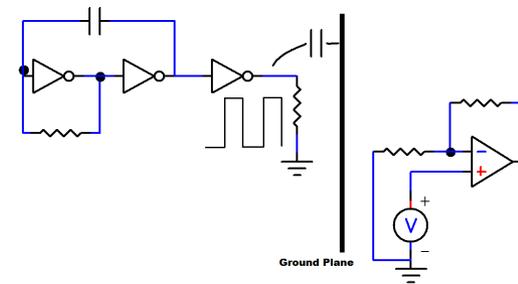


Como reduzir?

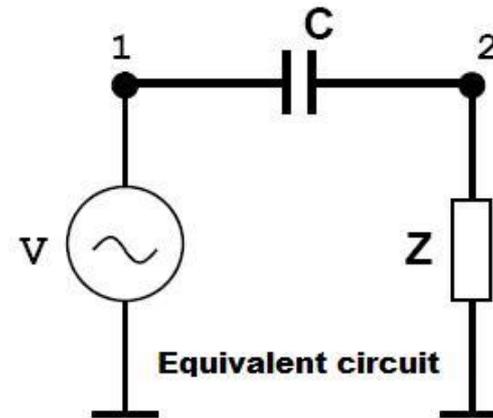
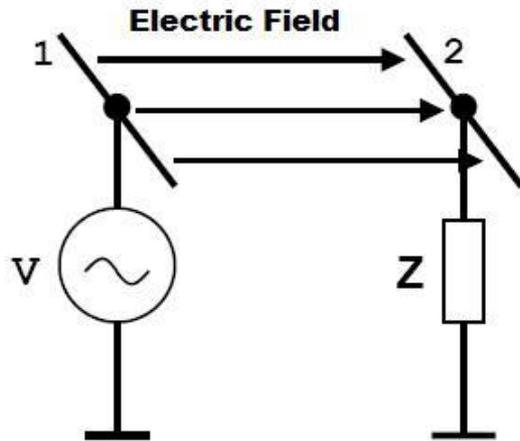
Circuitos



Circuitos

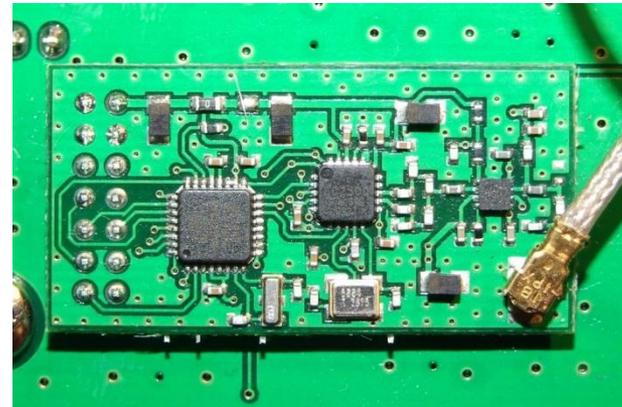
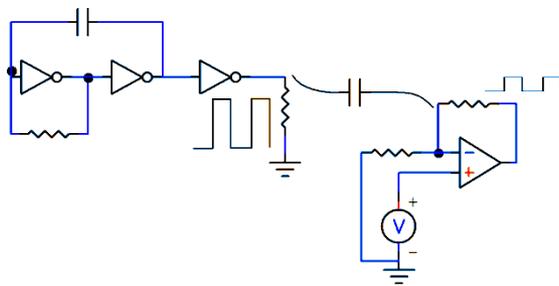


## Interferência Capacitiva

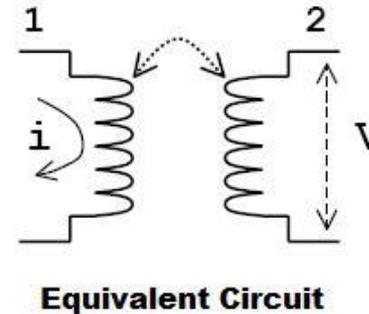
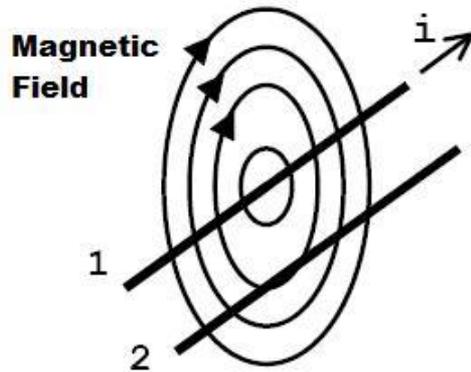


Como reduzir?

Circuitos



## Interferência Indutiva



**Equação do circuito:**  $V = M \frac{di}{dt}$

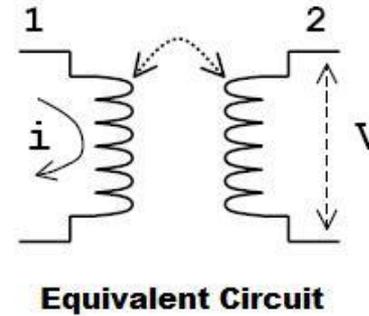
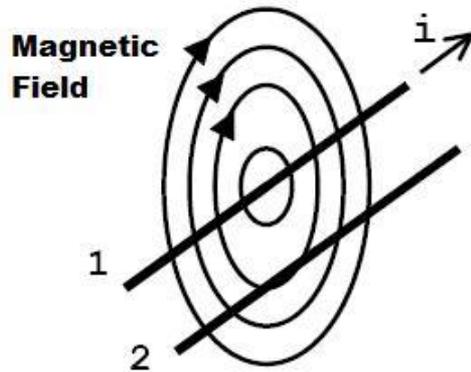
**MENSAGEM: DEPENDE DA CORRENTE!!**

onde  $M$  é a indutância mútua, que depende da forma do circuito e da distância entre eles.

Logo, se  $di/dt=0$  então  $V=0$ . Assim, não há tensão induzida para correntes invariantes no tempo.

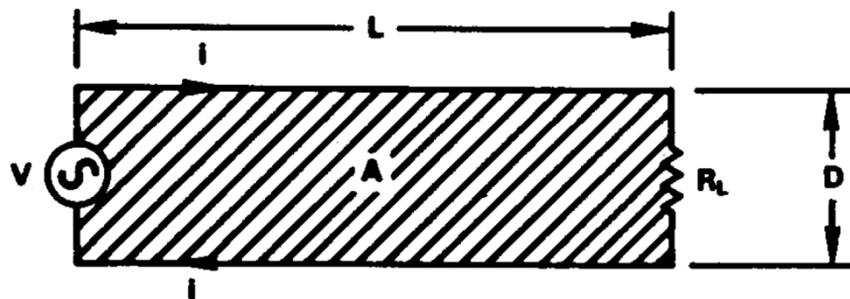
A medida que  $di/dt$  cresce a tensão transmitida também aumenta.

## Interferência Indutiva

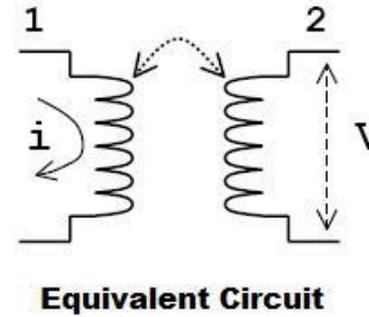
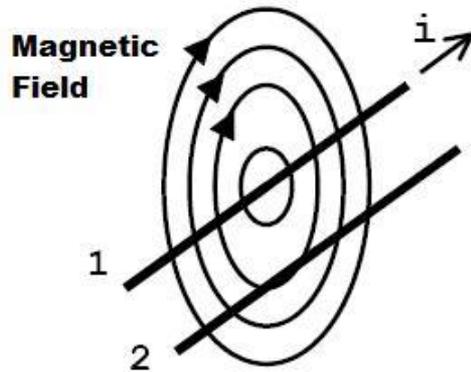


### Esse tipo de acoplamento é difícil de reduzir

Uma das formas de se reduzir esse acoplamento consiste em diminuir a área de loop de corrente (redução na emissão)

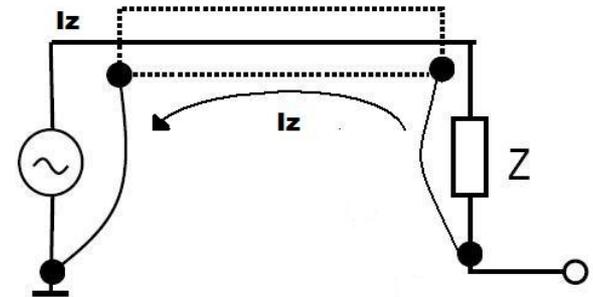
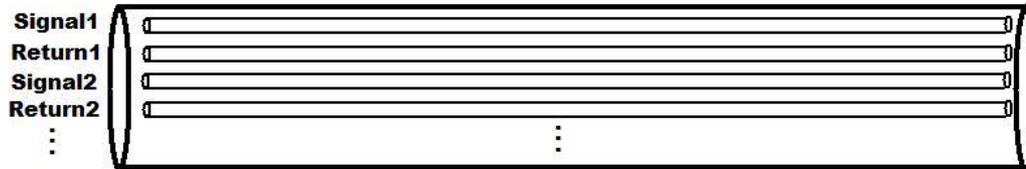


## Interferência Indutiva



## Como reduzir?

Cabos:



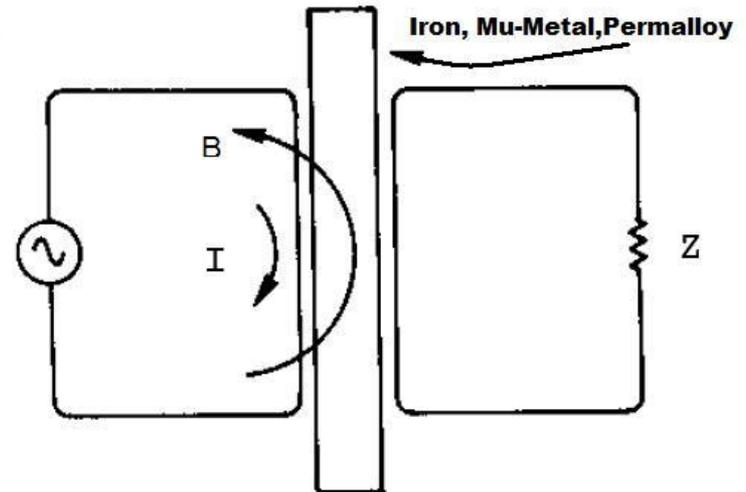
## Interferência Indutiva

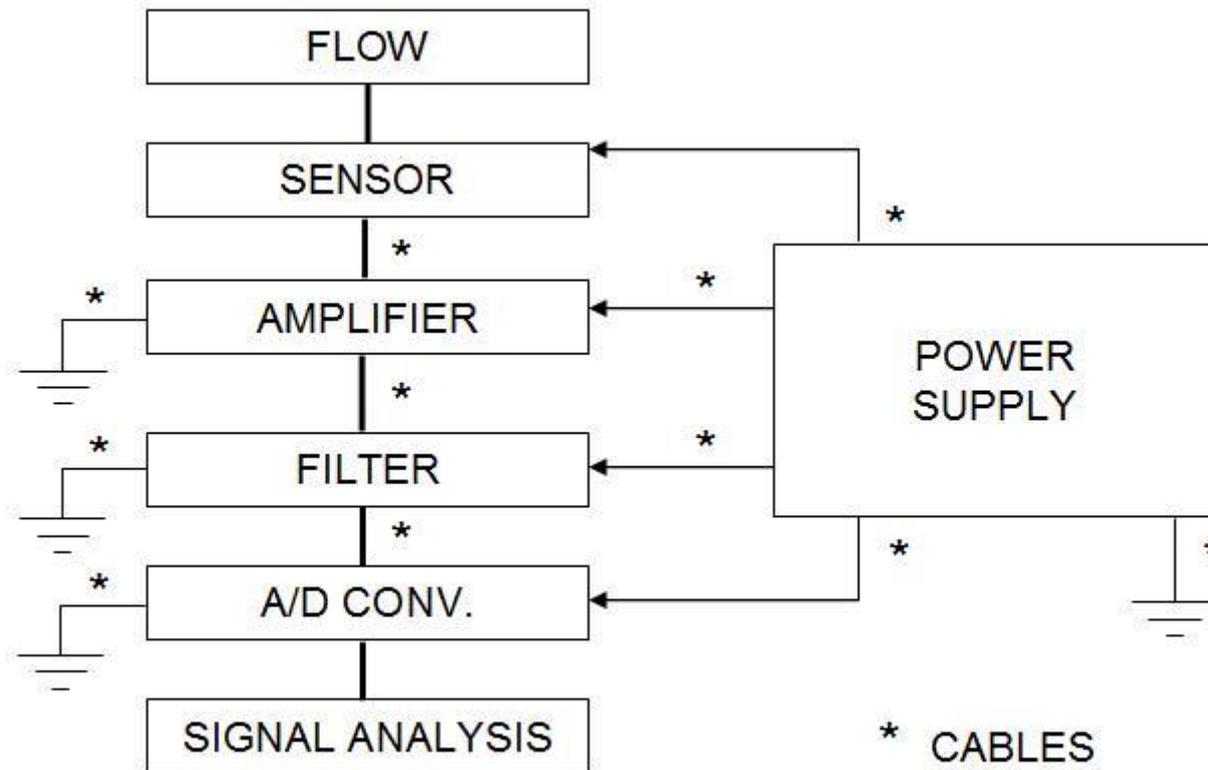
### Como reduzir?

Uma outra forma, normalmente mais cara, é a blindagem utilizando caixas metálicas para os circuitos. Aço, Mu-Metal são as mais utilizadas

Penetração do campo magnético em alguns materiais usados em blindagens

Freq[Hz]	Cobre[mm]	Alumínio[mm]	Aço[mm]
60	8,5	10,9	0,86
100	6,6	8,5	0,66
1K	2,1	2,7	0,2
10K	0,66	0,84	0,08
100K	0,2	0,3	0,02
1M	0,08	0,08	0,008

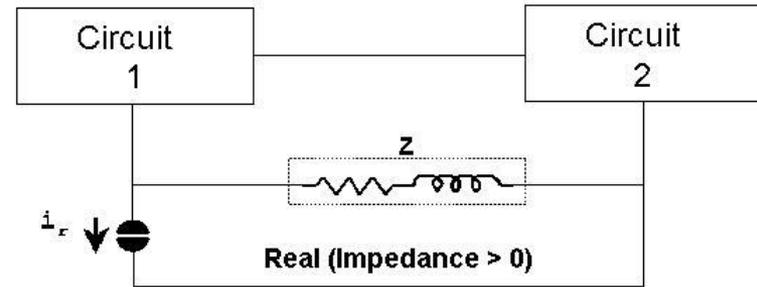




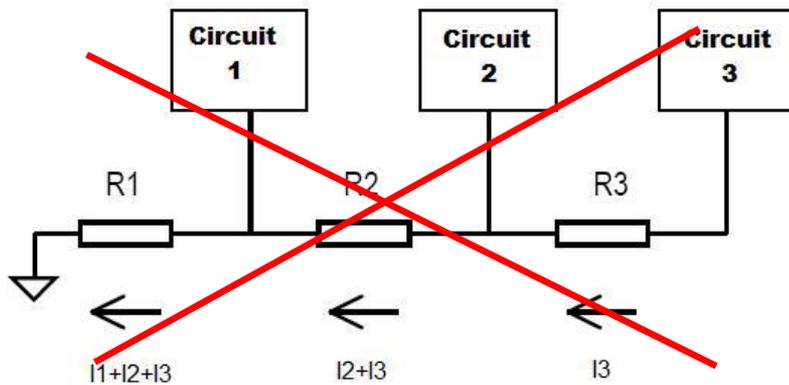
## Contribuição em mais de um estágio:

- Fonte de alimentação, aterramento e cabos

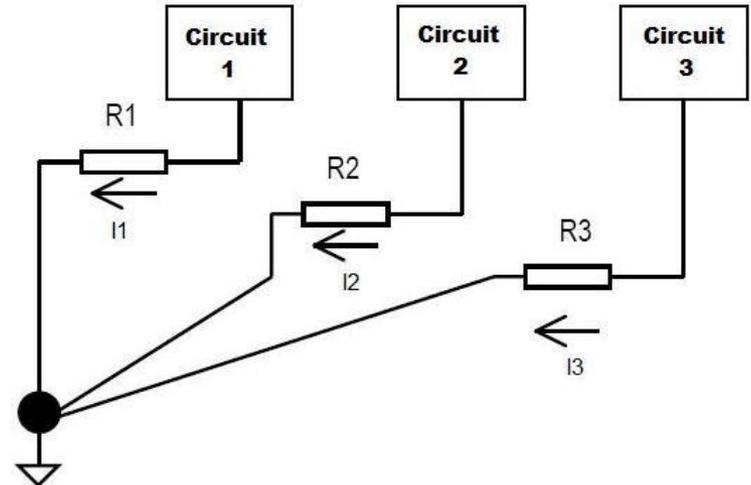
## Loop de terra



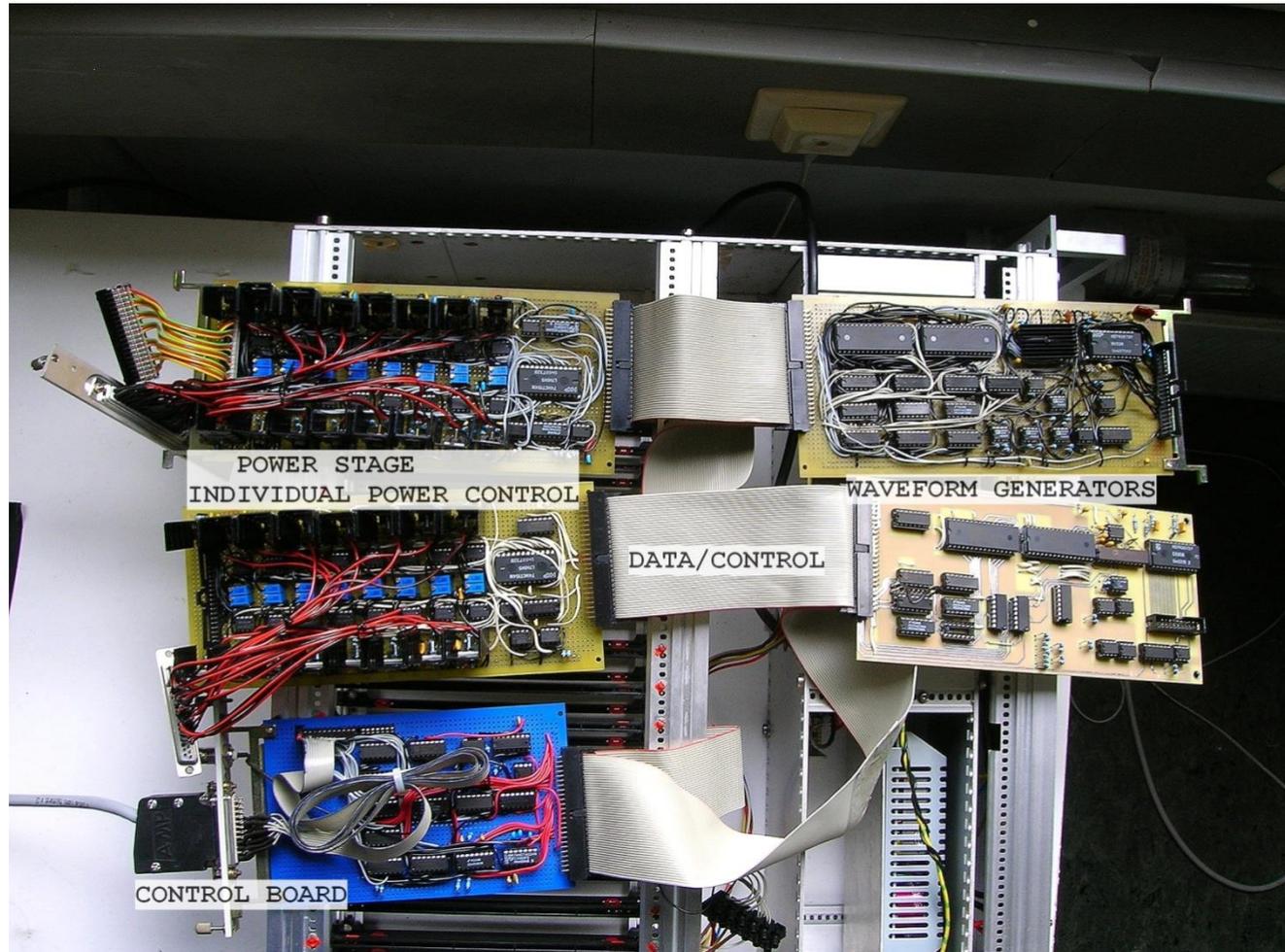
## Erro comum

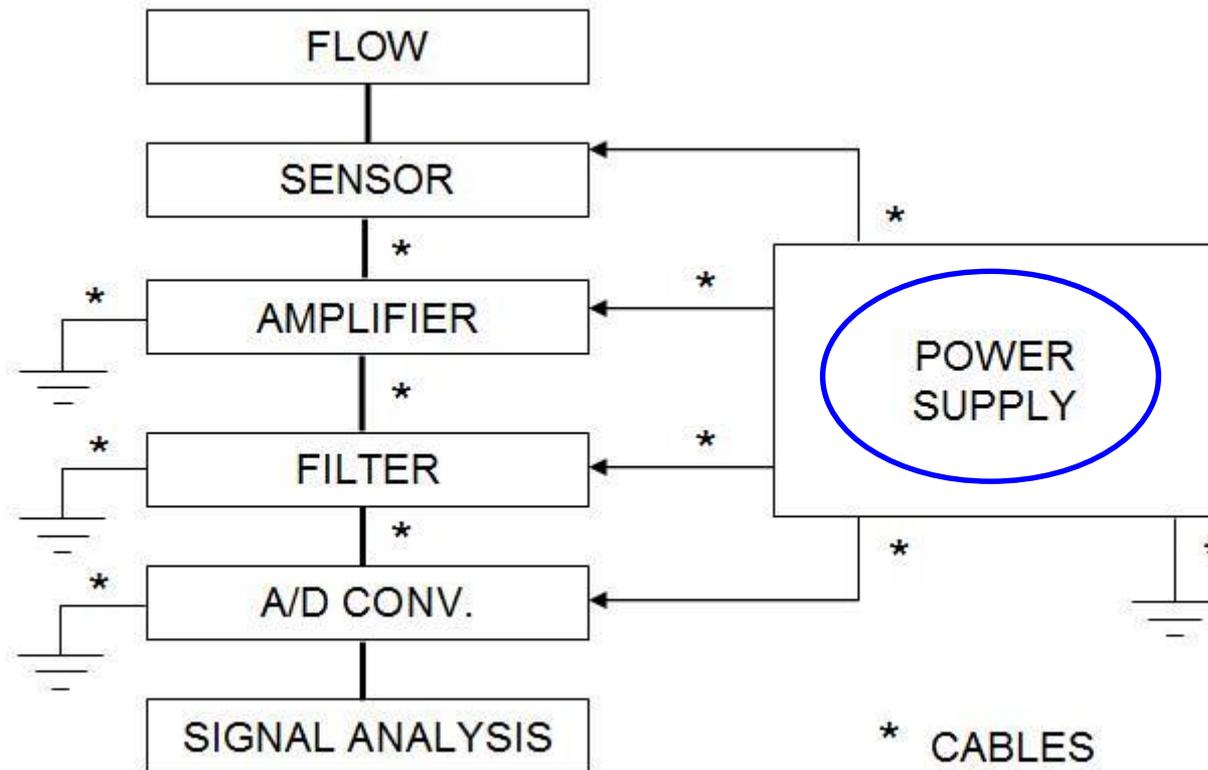


## Conexão correta



## Aplicação dos conceitos: Circuito de um gerador de funções de 128 canais





## Contribuição em mais de um estágio:

- **Fonte de alimentação**, aterramento e cabos

## Tipos de fonte de alimentação:

- **Não Regulada**: Possui somente um retificador seguido de capacitores e indutores para suavizar as flutuações do sinal. Não há regulação da voltagem de saída, de modo que ela pode variar de acordo com a carga demandada. A oscilação do sinal também é maior quando a demanda de carga é mais elevada.
- **Regulada**: Usa transistores para a regulação da voltagem a uma tensão de referência. Assim, a voltagem não varia com a carga demandada. Esse tipo de fonte pode ser subdividido em:
  - Fontes reguladas lineares
  - Fontes reguladas por chaveamento (ou simplesmente fontes chaveadas)



## Tipos de fonte de alimentação:

- **Fontes reguladas lineares:** Nas fontes lineares a tensão é controlada por um regulador analógico baseado em um transistor operando em regime contínuo.
- **Fontes chaveadas:** Nas fontes chaveadas sinal é ligado e desligado em uma frequência alta (10kHz-1MHz) e o duty cycle do sinal é variado para regular a voltagem dentro dos limites requeridos.

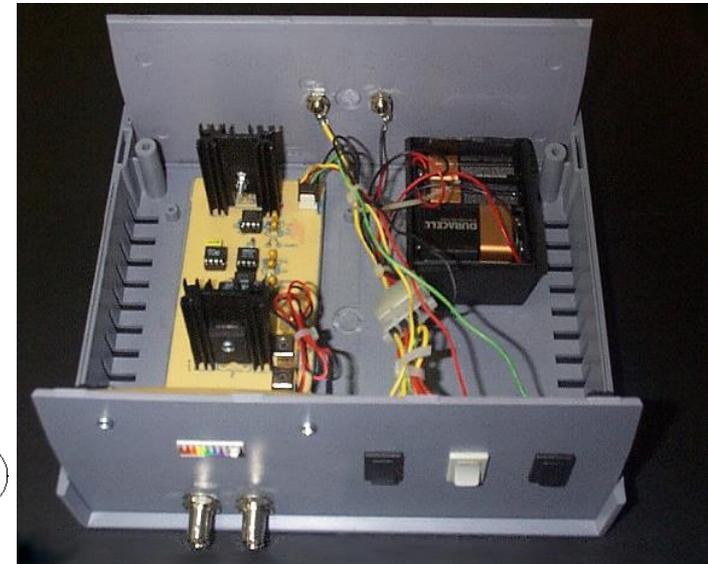
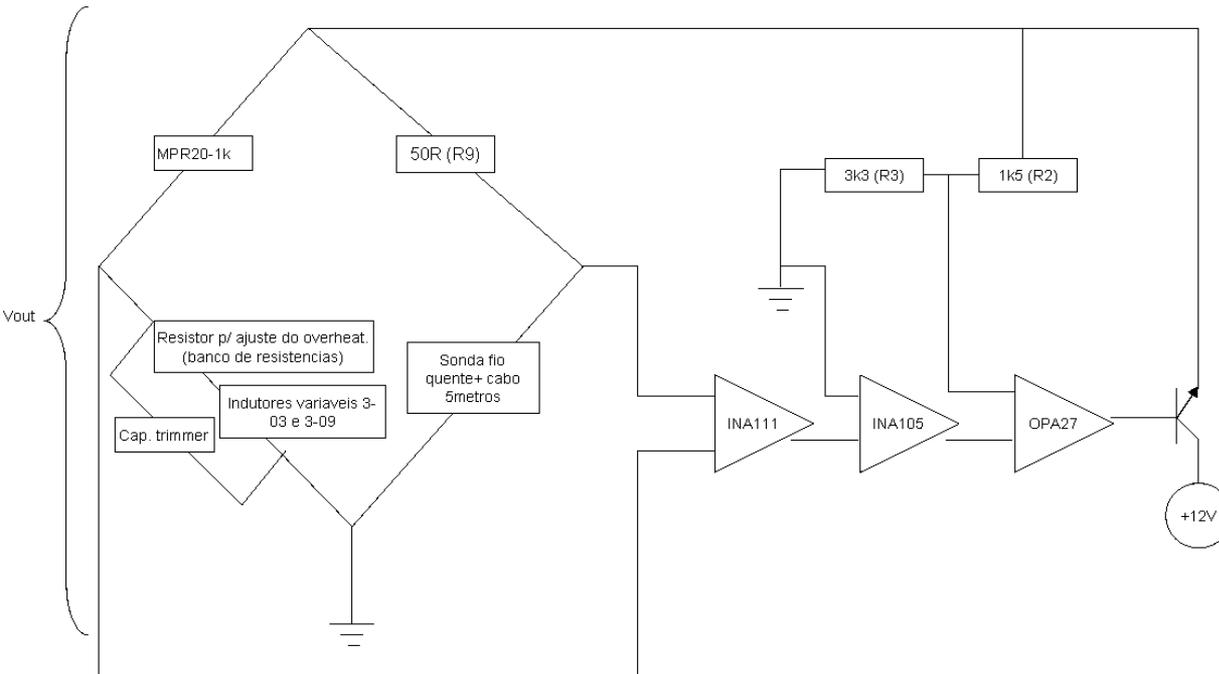


## Tipos de fonte de alimentação:

TIPO DE REGULADOR	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Fonte Regulada Linear	<ul style="list-style-type: none"><li>• Baixo nível de ruído</li><li>• Construção simples</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Baixa eficiência</li><li>• Alto fluxo de calor dissipado</li><li>• Tamanho</li></ul>
Fonte chaveada	<ul style="list-style-type: none"><li>• Altamente eficiente</li><li>• Pode ser bem compacta</li><li>• Baixo fluxo de calor dissipado</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ripple e ruído podem ser maiores que em fonte linear</li><li>• Emissão de campo magnético e elétrico deve ser levada em consideração, uma vez que chaveamento pode causar interferências nos circuitos próximos</li></ul>

**Instrumento testado:** Anemômetro a fio quente. Usado para medição de velocidade em fluidos. (Será visto ao longo do curso)

Diagrama simplificado CTA



**Instrumento testado:** Anemômetro a fio quente. Usado para medição de velocidade em fluidos. (Será visto ao longo do curso)

