

## Sensor

Um sensor é um elemento que responde a um estímulo físico/químico de maneira específica e mensurável.



Em geral, os sensores respondem com um sinal elétrico ao estímulo externo, convertendo a energia recebida em um sinal elétrico. Atualmente são largamente usados na medicina, indústria e robótica.

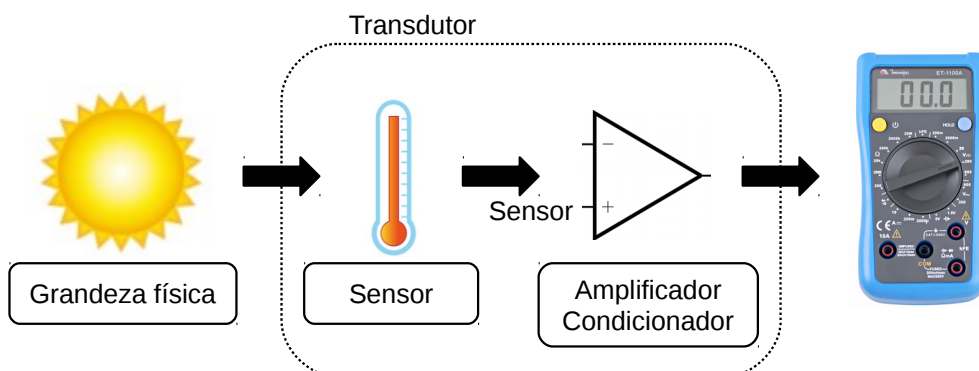


Os sensores podem ser classificados de acordo com o tipo de energia que detectam:

- sensores de luz: células solares, fotodiodos, fototransistores, sensor de imagem.
- sensores de som: microfones, sensores sísmicos.
- **sensores de temperatura:** termômetros, termopares, resistores sensíveis a temperatura (termístores), termômetros bimetálicos.
- sensores de calor: calorímetro.
- sensores de radiação: contador Geiger.
- sensores de partículas subatômicas: cintilômetro, câmara de nuvens, câmara de bolhas
- **sensores de resistência elétrica:** ohmímetro
- **sensores de corrente elétrica:** galvanômetro, amperímetro
- **sensores de tensão elétrica:** eletrômetro, voltímetro
- **sensores de potência elétrica:** wattímetro
- sensores magnéticos: dispositivo de efeito Hall, gaussímetro
- **sensores de pressão:** barômetro, barógrafo, pressure gauge, indicadores da velocidade do ar, variômetro, por Ressonância
- **sensores de fluxo de gás e líquido:** sensor de fluxo, anemômetro, medidor de fluxo, gasômetro, aquômetro, sensor de fluxo de massa
- **sensores de nível de líquido e sólido:** sensor de nível, medidor de líquido, sensor de nível de grão
- sensores químicos: eletrodo ion-selectivo, eletrodo de vidro para medição de pH, eletrôdo redox, sonda lambda
- sensores de movimento: arma radar, velocímetro, tacômetro, hodômetro, coordenador de giro
- sensores de orientação: giroscópio, horizonte artificial, giroscópio de anel de laser
- **sensores mecânicos:** sensor de posição, selsyn, chave, strain gauge
- **sensores de proximidade:** Um tipo de sensor de distância, porém menos sofisticado, apenas detecta uma proximidade específica.
- **sensores de distância (sem contato):** infravermelho, ultrassom

## Transdutor

Transdutor é um dispositivo que recebe um sinal e o retransmite condicionado de forma mensurável, independentemente de conversão de energia. Em uma definição mais restrita o transdutor é um dispositivo que transforma um tipo de energia em outro, utilizando para isso um elemento sensor. Muitas vezes o transdutor demanda de circuitos amplificadores e/ ou condicionadores de sinais



## Grandezas de medição de um transdutor

- Tensão → 0 a 10V, 0 a 5V, -10 a 10V
- Corrente → 4 a 20 mA, 0 a 20mA
- Resistência
- Digital

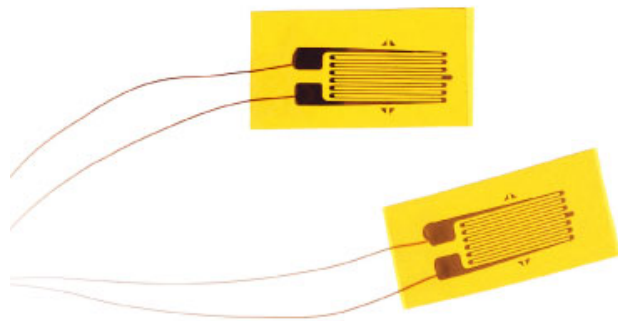
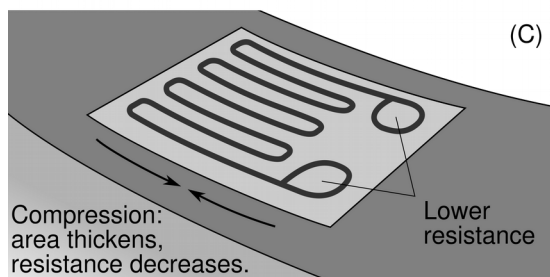
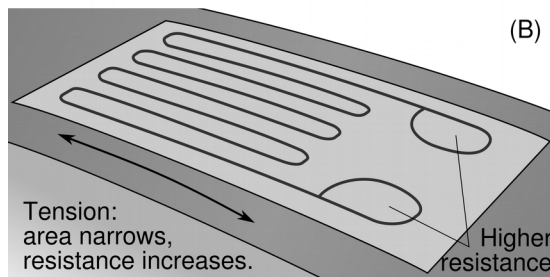
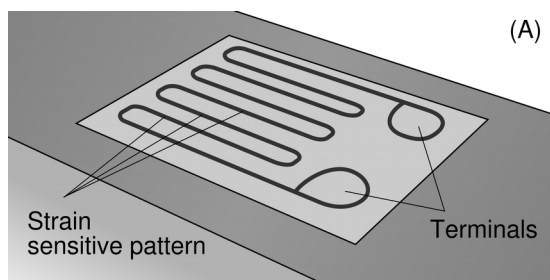
## Célula de carga



A Célula de Carga é um transdutor de força, o qual transforma uma grandeza física (força) em um sinal elétrico. É utilizada em balanças comerciais e em soluções para pesagem industrial, aplicada em automatização e controle de processos industriais.

O uso de células de carga como transdutores de medição de força abrange hoje uma vasta gama de aplicações. A popularização do seu uso decorre do fato que a variável peso está presente em grande parte das transações comerciais e de medição.

## Princípios de Funcionamento – Strain Gauge



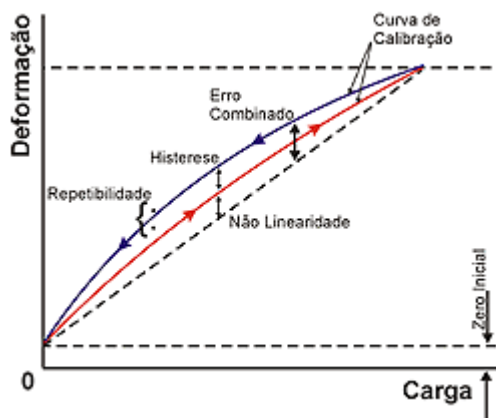
O princípio de funcionamento das células de carga baseia-se na variação da resistência ôhmica de um sensor denominado **extensômetro** (*Strain Gauge*), quando submetido a uma deformação.

Utiliza-se comumente em células de carga quatro extensômetros ligados entre si conforme a **ponte de Wheatstone**<sup>1</sup>. A deformação dos extensômetros, é proporcional à força que a provoca, e é através da medição deste desbalanceamento que se obtém o valor da força aplicada.

Os extensômetros são colados em uma peça metálica (alumínio, aço liga ou aço inoxidável), denominada corpo da célula de carga e inteiramente solidários à sua deformação. A força atua, portanto, sobre o corpo da célula de carga e a sua deformação é transmitida aos extensômetros, que por sua vez medirão sua intensidade.

<sup>1</sup> O circuito de losango ou ponte de Wheatstone é um esquema de montagem de elementos elétricos que permite a medição do valor de uma resistência elétrica desconhecida. Foi desenvolvido por Samuel Hunter Christie em 1833, porém foi Charles Wheatstone quem ficou famoso com a montagem, tendo-o descrito dez anos mais tarde. A ponte pode estar em equilíbrio ou não: a ponte é considerada equilibrada quando os resistores estão ajustados de maneira que o detector de corrente (amperímetro, galvanômetro) está aferindo uma corrente igual a zero.

Obviamente, que a forma e as características do corpo da célula de carga devem ser objeto de um meticoloso cuidado, tanto no seu projeto quanto na sua execução, visando assegurar que a sua relação de proporcionalidade entre a intensidade da força atuante e a consequente deformação dos extensômetros seja preservada tanto no ciclo inicial de pesagem quanto nos ciclos subsequentes, independentemente das condições ambientais.



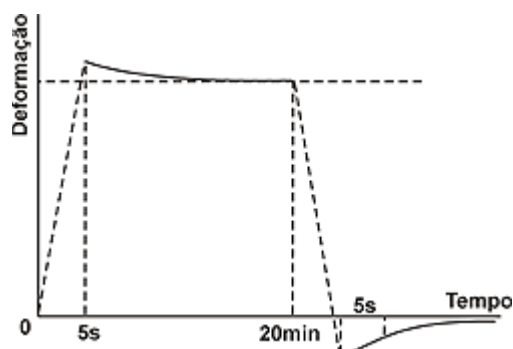
A forma geométrica, portanto, deve conduzir a uma **“linearidade”** dos resultados.

Considerando-se que a temperatura gera deformações em corpos sólidos e que estas poderiam ser confundidas com a provocada pela ação da força a ser medida, há necessidade de se “compensar” os efeitos de temperatura através da introdução no circuito de Wheatstone de resistências especiais que variem com o calor de forma inversa a dos extensômetros.

Um efeito normalmente presente ao ciclo de pesagem e que deve ser controlado com a escolha conveniente da liga da matéria-prima da célula de carga é o da **“histerese”** decorrente de trocas térmicas com o ambiente da energia elástica gerada pela deformação, o que acarreta que as medições de cargas sucessivas não coincidam com as descargas respectivas.

Outro efeito que também deve ser controlado é a **“repetibilidade”** ou seja, indicação da mesma deformação decorrente da aplicação da mesma carga sucessivamente, também deve ser verificada e controlada através do uso de materiais isotrópicos e da correta aplicação da força sobre a célula de carga.

Finalmente, deve-se considerar o fenômeno da **“fluência”** ou *creep*, que consiste na variação da deformação ao longo do tempo após a aplicação da carga.



Este efeito decorre de escorregamentos entre as faces da estrutura cristalina do material e apresenta-se como variações aparentes na intensidade da força sem que haja incrementos na mesma.

### Exercícios:

1. Qual o tipo de sensor do radar de velocidades?
2. Liste todos os sensores que estão presentes em um Smartfone.

3. Quais os sensores estão presentes em um elevador?
4. Cite pelos menos mais três tipos de sensores não apresentados.
5. O que é uma célula de carga? Qual o sensor da célula de carga? Qual o princípio de funcionamento de uma célula de carga?
6. Transdutor ou sensor: Termômetro digital? Acelerômetro? Sensor Map? Termistor?
7. Considerando os sensores abaixo, apresente a curva de calibração:
  - a) 0 a 10V: Pressão de 10 a 210kPa, Temperatura de 0 a 100°C, Nível 0 a 7m.
  - b) 4 a 20mA: Vazão de 10 a 50 l/h; Força de 10 a 5000N; Intensidade sonora de 0 a 70 dB
  - c) -5 a 5V: Sensor ótico