



## Anexo 1

### EXTENSÔMETROS ELÉTRICOS

Grandezas não elétricas podem ser convertidas em algum tipo de sinal elétrico, facilitando sua medição. É o caso, por exemplo, de aplicações envolvendo extensômetros, que são bipolos com resistência nominal que alteram seu valor quando submetidos a algum tipo de deformação mecânica. São também conhecidos como “strain gauges” (o significado de *strain* é deformação).

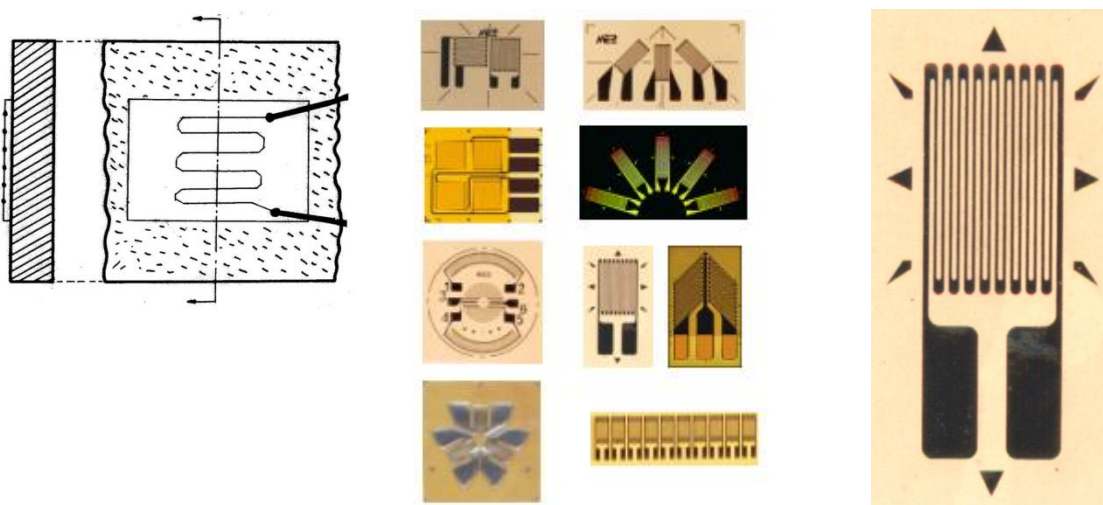


Figura 1 – Esboço e exemplos de extensômetro de resistência.

A constituição mais usual de um extensômetro é indicada na Figura 1: um fio fino de material de resistividade elevada é colado na conformação indicada, sobre um pedaço de papel ou material maleável. Os fios de ligação, geralmente de cobre, são soldados na ponta do fio fino e também colados no papel (ou outra base qualquer) para evitar que nas manipulações normais transmitam esforços estranhos ao elemento principal. Os extensômetros disponíveis no mercado apresentam resistência nominal que varia de 30 a 3 k $\Omega$ , no entanto, os mais comuns são de **120, 350 e 1000  $\Omega$** . Seu tamanho pode variar entre 0,2 a 30 mm. As geometrias mais comuns são: uniaxiais, biaxiais e triaxiais (vide exemplos na Figura 01). São aplicados com cola no local onde se quer medir a deformação, e a cola deve ser tal que o fio siga fielmente as deformações da superfície adjacente.

Tais elementos suportam, sem danos, deformações mecânicas relativamente grandes (2 a 3%) tanto em contração como em distensão. Seu peso é sempre muito pequeno (fração de grama) e respondem apenas a deformações ao longo de seu eixo principal, e por construção podem ser aplicados a superfícies curvas. Sua característica mais importante está em ser constante, para pequenas deformações, a relação **GF** (Gauge Factor) entre a variação de resistência  $\Delta R/R$  e a sua deformação  $\Delta l/l$  correspondente:

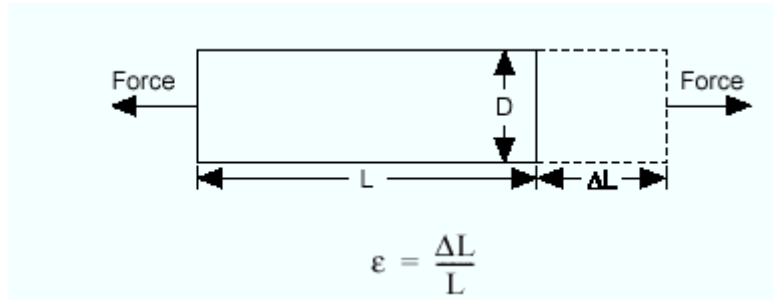
$$(1) \quad GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l}$$

De:

$$(2) \quad GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} = \frac{\Delta R/R}{\varepsilon}$$

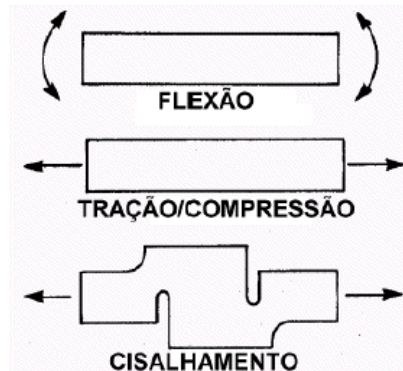
obtem-se  $\varepsilon$ , que é a deformação relativa.

A deformação mecânica é o resultado da aplicação de uma força sobre um dado objeto sólido. Especificamente, a deformação relativa "ε" é definida como uma alteração infinitesimal do comprimento de um objeto, como ilustra a figura abaixo:



As deformações mecânicas podem ser subdivididas em:

- . Compressão ou contração (deformação negativa);
- . Distensão (ou alongamento, tração, dilatação) (deformação positiva);
- . Cisalhamento;
- . Flexão.



Três formas de deformação de elementos elásticos usados em transdutores.

A distribuição de tensão em uma seção transversal de uma barra sobre 2 apoios, sujeita à flexão normal, está representada no gráfico da Figura 2.

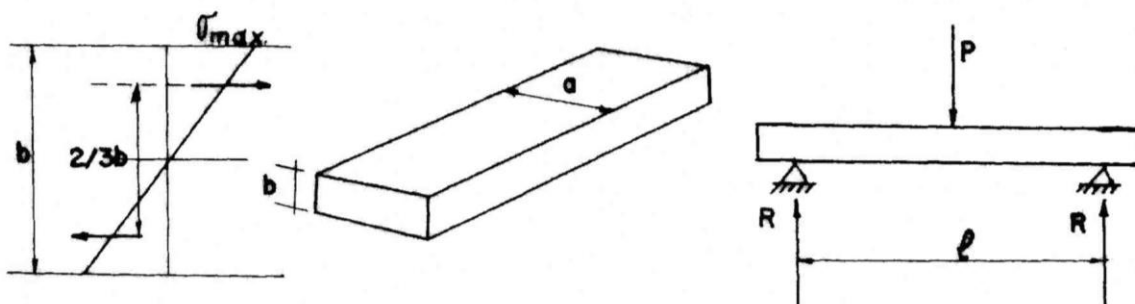


Figura 2 - Barra de alumínio sobre 2 apoios e com o extensômetro.

Demonstra-se que a tensão mecânica é máxima ( $\sigma_{max}$ ) no centro da barra com dois apoios, valendo a seguinte relação:

$$(3) \quad \sigma_{max} = \frac{3}{2} \frac{l}{ab^2} P_{eso} \left[ \frac{kg}{ms^2} \right]$$

Segundo a lei de Hooke,

$$(4) \quad \sigma_{max} = Y \varepsilon$$

onde  $Y$  é o módulo de elasticidade ou o módulo de Young do material, e sua unidade física é  $kg/ms^2$  no Sistema Internacional de Unidades.

Para o alumínio,  $Y = 7.10^{10} \text{ kg/ms}^2$ . Na parte experimental deste laboratório, este valor será medido com auxílio do extensômetro.

Os extensômetro utilizados no nosso laboratório têm as seguintes características:

Resistência nominal	Potência	Fator Gauge (FG)
120 $\Omega$	100 mW	2,1
1 k $\Omega$	100 mW	2,1

### **Bibliografia**

- D. BARTHOLOMEW, "Electrical Measurements and Instrumentation", cap. 11, Allyn and Bacon, Boston, 1963.
- E.O. DOEBELIN, "Measurement Systems: Application and Design, caps. 4 e 5, New York, Mcgraw-Hill, 1966.
- C.H. NACHTIGAL, Instrumentation and Control, Fundamentals and Applications, Wiley, 1990.