

---

# EXTENSÔMETROS EM ENGENHARIA CIVIL: TEORIA E APLICAÇÕES

Antonio Pertence Júnior – (Mestrando – DEMEC/UFMG)  
apjunior@fumecmbr

Antônio Eustáquio de Melo Pertence – pertence@demec.ufmg.br

Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos, 6627 – Campus Universitário, CEP 31270.901, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

## RESUMO

Este artigo é o primeiro de uma sequência de dois artigos que têm como principal objetivo apresentar a teoria dos extensômetros resistivos e algumas de suas aplicações na área de engenharia civil. Não é intenção dos autores fazer uma abordagem extensiva do assunto. A meta é, pelo menos, possibilitar aos estudantes e profissionais da área de engenharia civil adquirirem algum conhecimento dessa importante tecnologia. Portanto, procurou-se dar a este primeiro artigo um enfoque mais pedagógico de modo a facilitar a compreensão do extensômetro e do seu funcionamento.

**PALAVRAS CHAVES** extensômetro resistivo, tensão, deformação, viga em balanço

## ABSTRACT

This article is the first one of a sequence of two articles which have as the main objective to show the theory of the resistive strain gauges and some of its applications in the civil engineering field. It is not the purpose of the authors to make an extensive approach of the subject. The goal is, at least, to allow the students and professionals of the civil engineering field to get some acquaintance of this very important technology. Therefore, it was the intention to give in this first article a pedagogical approach, in order to make easier the understanding of the strain gage and its behavior.

**KEYWORDS** resistive strain gage, stress, strain, balance beam

## MEDIÇÃO DA INTENSIDADE DE DEFORMAÇÃO DE UM CORPO

Quando uma tensão (mecânica) é aplicada em um corpo ele pode adquirir uma deformação e, por razões técnicas ou de projeto, é importante conhecer o grau ou intensidade dessa deformação. Normalmente, não se faz a análise de uma deformação de forma direta. Procura-se estabelecer uma relação entre a tensão aplicada e a deformação resultante de tal modo que, através de métodos matemáticos e procedimentos de medições, seja possível obter os resultados desejados. Existem diversos tipos de procedimentos práticos para se fazer medições de deformações, dentre outros podemos citar os seguintes (Doebelin, 1990):

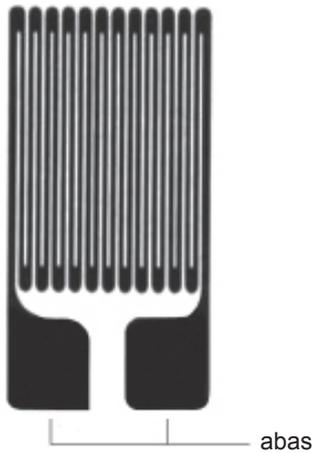
- Métodos utilizando extensômetros resistivos
- Métodos mecânicos
- Métodos utilizando interferometria a laser
- Métodos utilizando holografia

Neste artigo trabalharemos com o primeiro desses métodos por ser o mais economicamente viável e por apresentar uma excelente precisão e uma ótima capacidade de responder a tensões dinâmicas (variáveis no tempo).

## O QUE É UM EXTENSÔMETRO RESISTIVO?

Trata-se de um sensor elétrico cujo princípio de funcionamento é baseado na variação da resistência quando submetido a uma deformação. Essa variação de resistência pode ser medida com precisão e correlacionada com o valor da tensão aplicada e com a deformação resultante devido a mesma.

Constitui-se essencialmente de uma grade metálica sensível, ligada a uma base que se cola à peça ou estrutura que se deseja monitorar. O fio sensível tem, na maioria dos extensômetros, um diâmetro aproximado de 0,01mm e é constituído por ligas metálicas especiais (por exemplo, uma liga de constantan com 55% de cobre e 45% de níquel). A grade fica embebida entre duas folhas de papel ou dentro de uma fina película de plástico. Nas extremidades do fio sensível estão soldados dois outros de maior diâmetro que constituem o elemento de ligação do extensômetro ao circuito de medição (estas extremidades são denominadas de abas do extensômetro). A Figura 1 a seguir ilustra um extensômetro típico.

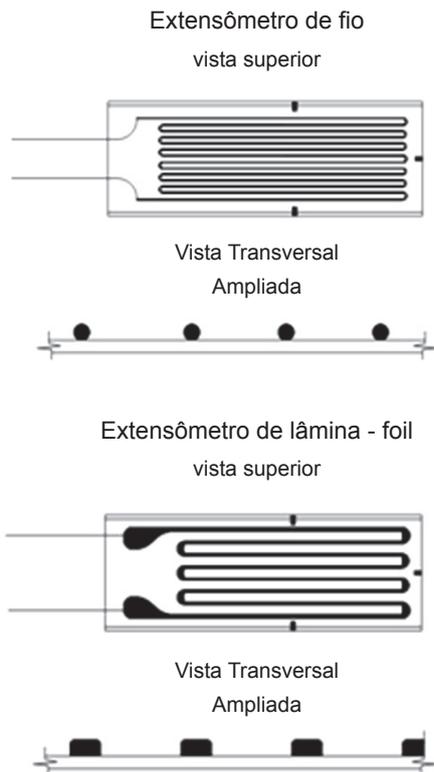


**Figura 1 – Extensômetro típico e abas de soldagem**

Existem dois tipos básicos de extensômetros:

- Wire gage: extensômetro de fio
- Foil gage: extensômetro de lâmina

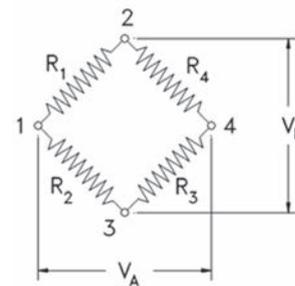
A Figura 2, a seguir, ilustra os dois tipos básicos de extensômetros.



**Figura 2 – Tipos básicos de extensômetros**

## A PONTE DE WHEATSTONE

A ideia básica para se efetuar medições com um extensômetro consiste na utilização de uma ponte de Wheatstone. A ponte de Wheatstone possui quatro ramos nos quais são colocados resistores e um ramo central no qual se coloca um detetor ou medidor de corrente para indicar se a ponte está em equilíbrio (corrente zero no medidor). A Figura 3, a seguir, apresenta uma ponte de Wheatstone. O leitor que não tiver uma boa compreensão da ponte de Wheatstone pode se referir a qualquer livro de eletricidade básica ou física elétrica (Alexander e Sadiku, 2004).



**FIGURA 3 – Ponte de Wheatstone**

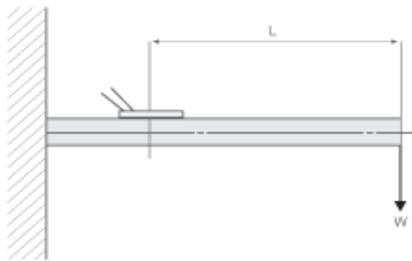
Quando a ponte de Wheatstone está em equilíbrio tem-se a seguinte relação matemática entre os resistores:

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$$

## CONECTANDO-SE UM EXTENSÔMETRO NUMA ESTRUTURA E NA PONTE DE WHEATSTONE

Um extensômetro, para ser utilizado com a finalidade de se determinar a deformação de uma lage, pilar ou viga, quando submetidas a uma determinada tensão, necessita ser colado na respectiva superfície com alguns cuidados muito importantes (limpeza, uso de cola apropriada, etc). Suponhamos a situação indicada na Figura 4 na qual um extensômetro está colado numa viga em balanço. Como o extensômetro está colado na face superior da viga, a uma distância L da sua extremidade na qual está aplicada uma força W para baixo, temos, portanto, uma situação de tração na superfície superior da viga (evidentemente a superfície inferior da viga estará submetida a uma compressão e pode-se colar outro extensômetro na mesma de modo a medir, também, o valor da compressão sofrida pela viga. Nota-se, na Figura 4, que saem dois fios do

extensômetro os quais estão pré-soldados nas abas e serão conectados na ponte de Wheatstone (Balbinot e Brusamarello, 2006).



**Figura 4 – Colagem de um extensômetro na superfície superior de uma viga em balanço**

Dessa forma, podemos dizer de maneira um tanto informal, que o extensômetro “acompanha” a deformação da viga e tem-se, assim, uma conseqüente variação da resistência do extensômetro a qual será “sentida” pela ponte de Wheatstone e esta fornecerá uma certa tensão elétrica cujo valor associado com alguns outros parâmetros do extensômetro (por exemplo, o “fator do extensômetro”) e do material em uso (concreto, aço, ferro, etc) , nos possibilitará determinar a deformação da viga (Dally e Riley, 1978). Esses detalhes serão abordados no próximo artigo.

## PROCESSO DE COLAGEM

Uma explicação necessária refere-se ao processo de colagem do extensômetro num corpo de prova. “A colagem por adesivo serve como um acoplamento mecânico e térmico entre o extensômetro e o corpo de prova. Dessa forma, a resistência do adesivo deve ser suficiente para transmitir com exatidão a deformação experimentada pelo corpo de prova e deve possuir características de condutividade e expansão térmica compatíveis com a aplicação. Se o adesivo encolher ou expandir durante o processo de cura, uma deformação aparente pode ser criada no sensor. Uma ampla gama de adesivos está disponível para colagem de extensômetros a corpos de prova. Dentre eles, podem-se destacar o epóxi, o cimento de nitrato de celulose e os cimentos de base cerâmica” (Figliola e Beasley ,2007).

## CONCLUSÃO

Cada vez mais as estruturas de concreto, metal ou madeira vão se tornando sofisticadas e desafiadoras de modo a acompanhar as idéias de projetos arquitetônicos arrojados e modernos. Para tanto, torna-se necessário conhecer com precisão as tensões e deformações às quais essas estruturas podem estar submetidas. A utilização de extensômetros é uma das possibilidades disponíveis para o Engenheiro Civil e, neste artigo, procurou-se mostrar alguns dos aspectos mais importantes dessa tecnologia que sem dúvida é extremamente útil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BECHWITH, T.G; MARAGONI, R. D, LIENHARD, V. J. H.Mechanical measurements. Massachusetts. 6th ed., Addison-Wesley, New York, 768p, 2007.
- FIGLIOLA, R.S. ; BEASLEY, D.E. Teoria e Projeto Para Medições Mecânicas, 4ª ed. Rio de Janeiro, Editora LTC, 466p, 2007.
- DALLY, J. W; RILEY, W. F. Experimental stress analysis. 2nd ed., Mc Graw-Hill Inc., New York, 571p, 1978.
- DOEBELIN, E.O. Measurement Systems – Applications and Design. 4<sup>th</sup> ed.,Mc Graw-Hill Inc., New York, 960p, 1990.
- ALLOCCA, J. A.; STUART, A. Electronic Instrumentation 1st ed. Reston Publishing, Reston, USA, 646p, 1983.
- ALLOCCA, J. A.; STUART, A. Transducers- Theory and Applications 1st ed. Reston Publishing, Reston, USA, 496p, 1984.
- MINER, G. F.; COMER D. J. Physical Data Acquisition for Digital processing 1 st ed. Prentice Hall, New-Jersey, USA, 417p, 1992.
- SILVA, C. W. Control, Sensors and Actuators 1st ed. Prentice-Hall, New-Jersey, 436p, 1989.
- MANSUR, T. R. Análise Experimental de Tensões – Extensometria 1 st ed. Pulicação Interna do SENAI-CETEL / FIEMG , Belo Horizonte, 60p, 1982.
- BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V. J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas Volume 1, 1ª ed, LTC, Rio de Janeiro, 477p, 2006.
- BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V. J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas Volume 2, 1ª ed, LTC, Rio de Janeiro, 658p, 2007.
- ALEXANDER, C. K , SADIKU, M. Fundamentos de Circuitos Elétricos, 1ª ed, BOOKMAN, Porto Alegre, 858p, 2004.
- NILSSON, J. W.; RIEDEL, S. Circuitos Elétricos, 8ª ed, Pearson Education do Brasil , São Paulo, 592p, 2008.