

CLASSIFICAÇÃO DAS MEDIÇÕES DE DEFORMAÇÃO

Dr. Tarcísio Ferreira Silva
(Universidade Federal de Pernambuco)

Resumo

A intenção deste artigo é divulgar o tema "Medição de Deformação", nos meios da engenharia brasileira, como elemento básico no controle e segurança de obras. Nesse sentido, o engenheiro de medição, pelo seu perfil curricular, pode ser, com vantagem, o Cartógrafo ou o Geodesta. Por outro lado, propõe-se a classificação dos métodos de medição de deformação segundo os aspectos: dimensional, temporal e referencial. A partir desta classificação, poder-se-á enquadrar os instrumentos e métodos disponíveis segundo os mesmos critérios.

1 - Introdução

Nos últimos anos, o Brasil cresceu muito em termos de obras de engenharia, com estruturas de grande porte, principalmente nos setores industrial, de energia, de portos e de estradas.

Obras de engenharia de grande porte como grandes pontes, barragens, turbinas ou grandes cilindros, entre outras, sofrem deformações, com o passar do tempo, motivadas por diferentes causas como fatores climáticos, solos instáveis, marés, vibrações as mais diversas, etc. Por outro lado, o movimento de solos, quer seja de efeito *unilateral*, como por exemplo, o deslizamento de barreiras — ou *periódico*, como acontece em muitos solos sujeitos à influência da ação das marés oceânicas, muitas vezes, provoca grandes danos de natureza material e humana. Tais situações, pela sua importância e segurança requerida, exigem um sistemático acompanhamento de suas deformações, através de medições geodésicas e/ou micromedições.

2 - Classificação dos Métodos de Medição de Deformação

Pode-se classificar os métodos de medição de deformação segundo os aspectos dimensional, temporal e referencial.

2.1 - Aspecto Dimensional

A deformação de um corpo é, naturalmente, compreendida através de medições realizadas ao longo do tempo. O tempo, então, desempenha, junto as medições propriamente ditas, um

papel decisivo na análise do comportamento do corpo que deforma e, muitas vezes, na análise dos valores medidos. Sendo assim, pode-se classificar os métodos de medição de deformação em bi, tri e quadridimensional.

Em seguida, são dados exemplos simples desta classificação:

- O caso *bidimensional* envolve as dimensões [L] e [T] e poderia ser exemplificado com a medição de uma simples distância, ângulo ou alinhamento com o registro do tempo;
- As medições *tridimensionais* envolvem as dimensões [L], [L] e [T].

Como exemplo, teríamos a medição polar, plana, realizada por um taqueômetro eletrônico que mede direções e distâncias, ou a medição bidimensional da lenta oscilação de um pêndulo instalado numa estrutura que se deforma. Em ambos os casos, tem-se a medida do tempo como terceira dimensão. Outro bom exemplo de medição tridimensional é a formidável aplicação de uma rede geodésica plana, medida em diferentes épocas, com a finalidade de, normalmente, acompanhar a deformação de grandes obras de engenharia, como portos, grandes pontes, barragens, etc., em deformações de longo período.

- As medições *quadridimensionais* envolvem as dimensões [L], [L], [L] e [T].

Como exemplo, citamos, semelhantemente ao caso tridimensional, o uso de um taqueômetro eletrônico, que mede direção, ângulo zenital e distância. Pode-se exemplificar, ainda, como medida quadridimensional, o uso de um conjunto de extensômetros, como mostra a Figura 1, ou o uso de níveis eletrônicos e extensômetros com registro sincronizado, como indica a Figura 2.

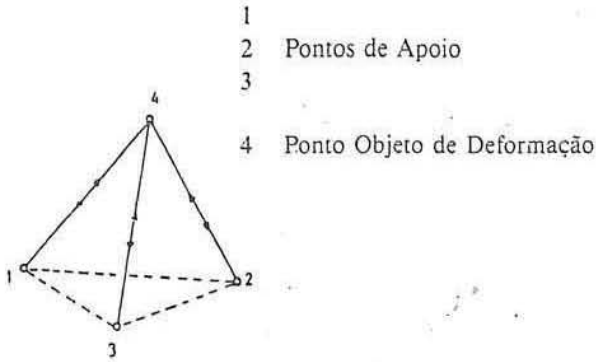


Fig. 1: Esquema Representativo de três extensômetros na medição quadridimensional de deformação.

É comum o uso do nivelamento geométrico de precisão, como componente vertical da medição, associado a outros métodos. Esta prática, no entanto, é recomendada mais para deformações de longo período e caracteriza-se pelo seu caráter estático (veja § 2.2).

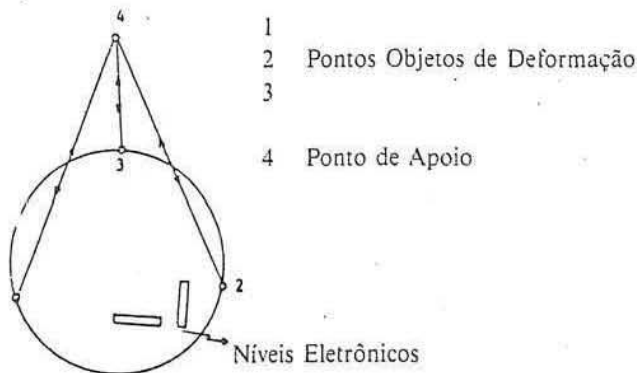
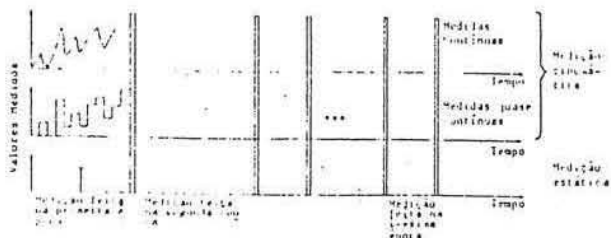


Fig. 2: Esquema representativo de três extensômetros e dois níveis eletrônicos na medição quadridimensional de deformação.

2.2 - Aspecto Temporal

Pode-se classificar as medições de deformação em função do intervalo de obtenção de medidas. Nesse sentido, classifica-se a medição como cinemática e estática (veja Figura 3).

Fig. 3: Esquema representativo das medições de deformação estática e cinemática.



2.2.1 - Medidas Cinemáticas

Medidas cinemáticas são aquelas que, na compreensão dos valores medidos, apresentam um caráter contínuo ou quase contínuo.

Uma medida contínua seria obtida, por exemplo, quando da medição de deformação, através de grandezas elétricas representadas de forma analógica. Na prática, geralmente estas grandezas são transferidas, eletronicamente, por uma sequência de impulsos que discretizam o sinal analógico correspondente ao "sinal desejado". Semelhante sequência de medidas deve ser, criteriosamente, analisada à luz da Teoria do Processo Estocástico.

2.2.2 - Medidas Estáticas

Medidas estáticas são aquelas realizadas em épocas distintas, com o objetivo de se acompanhar deformações de longo período.

A frequência esperada da deformação deve ser, interdisciplinarmente, definida, pelo menos aproximadamente, para que o intervalo das medições seja devidamente projetado. Isto é válido para qualquer medição que objetive o monitoramento de um fenômeno.

2.2.3 - Aspecto Referencial

Com respeito ao sistema de referência utilizado nas medições de deformação, propõe-se utilizar a denominação "medida de deformação", associada ao sistema de referência correspondente. Por exemplo, na Figura 4, o ponto P, pertencente a um corpo representado pelo sistema $X_1 Y_1 Z_1$ e aqui chamado de "sistema primário de referência", deslocou-se, com o passar do tempo, para a posição P'.

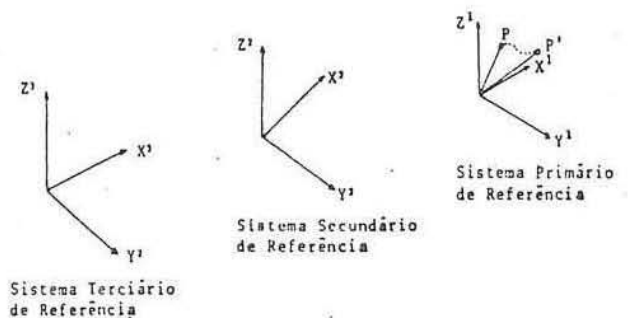


Fig. 4: Movimento de um ponto P na deformação de um corpo

Pode-se falar, aqui, da deformação do corpo, traduzida pelo movimento do ponto P, relativa ao sistema primário de referência.

As medidas executadas, no Sistema Primário de Referência, são, no entanto, insuficientes para detectar movimentos do corpo como um todo (p. ex. rotação, translação etc.) ou possíveis deformações do corpo que o suporta. Nesse caso, só as medições realizadas a partir do sistema secundário de referência, figura 4, poderão explicitar tais movimentos. Da mesma forma, poder-se-á encontrar um possível sistema terciário de referência, com o objetivo de evidenciar possíveis movimentos do Sistema Secundário.

3 - Breve Comentário sobre a Análise das Medições de Deformação

Os dados obtidos a partir das medidas estáticas de deformação devem ser, criteriosamente, analisados sob a base de testes estatísticos e, então, transformados na informação final, ou seja, os resultados das medições.

Os dados obtidos a partir da medição cinemática, por sua vez, formam, normalmente, uma "série temporal" de valores medidos que devem ser analisados segundo a Teoria do Processo Estocástico. Entre os resultados desta análise, é possível

se conhecer até a frequência de oscilação do corpo objeto de estudo.

4 - Conclusão

A medição de deformação deve ser realizada por equipe multidisciplinar, em que o engenheiro responsável pelas medições tenha pleno conhecimento dos métodos, instrumentos de medição e metrologia a serem utilizados em cada caso. Nesse sentido, o engenheiro cartógrafo pode conquistar um novo campo de trabalho, uma vez que a Teoria dos Erros, o Cálculo da Compensação e parte da Teoria dos Instrumentos de Precisão já são do seu conhecimento.

A classificação proposta neste trabalho para os métodos de medição de deformação, contempla os problemas relativos aos sistemas de referência, considera o aspecto dimensional do problema e leva em conta a natureza estática e cinemática dos métodos existentes.

Com esta classificação, espera-se que o engenheiro responsável pelas medições de deformação de uma estrutura, possa escolher o método e instrumental que melhor se adequa à solução de seus problemas.

Lembramos, aqui, a necessidade de se aferir, periodicamente, em laboratório, o instrumental utilizado nestas medições. Este é um dos aspectos mais críticos de todo o processo.