




# Uso de Tecnologias de Monitoramento de Vibrações em Estruturas de Obras de Grande Porte

**Celso Rene dos Santos**  
**[rene.s@aluno.ifsp.edu.br](mailto:rene.s@aluno.ifsp.edu.br)**




# Introdução

-  O monitoramento estrutural de obras de grande porte é um campo que tem evoluído significativamente, ao longo das últimas décadas, impulsionado tanto pelos avanços tecnológicos quanto pela crescente demanda por infraestruturas seguras e resilientes.
-  Estas tecnologias não apenas aumentam a precisão e a eficiência do monitoramento, mas, também, permitem uma resposta mais rápida a potenciais problemas, garantindo, assim, a segurança e a longevidade das estruturas.
-  A escolha deste tema reflete a importância de se compreender e aplicar essas tecnologias avançadas, no contexto brasileiro, especialmente em obras de grande porte, que são vitais para o desenvolvimento econômico e social do país



# Modelos de Obras de Grande Porte

 As obras de grande porte são caracterizadas, Feldmann (2010), pelo seu tamanho físico considerável, o que pode incluir vastas áreas de terreno, grandes volumes de construção, ou extensas infraestruturas lineares (como usinas hidroelétricas, tuneis, aeroportos).





# Definições das Obras



**Barragens:** Obras de grande porte que, neste contexto, são essenciais para a geração de energia hidrelétrica, abastecimento de água e controle de inundações.



**Aeroportos:** A construção de aeroportos de grande porte requer uma coordenação complexa de recursos, para atender à demanda do transporte aéreo em larga escala.






**Túneis:** A construção de túneis envolve técnicas avançadas de escavação, arrimo e estabilização de maciços, e requer constante monitoramento, devido aos riscos geológicos.







# Análise e Uso de Tecnologias Avançadas

-  As tecnologias não apenas aumentam a precisão e a eficiência do monitoramento, mas, também, permitem uma resposta mais rápida a potenciais problemas, garantindo, assim, a segurança e a longevidade das estruturas.
-  De acordo com Cheng (2018), esse campo de estudo é essencial para a estanqueidade dessas estruturas no terreno, ao longo do tempo, cuidando especialmente de identificar qualquer sinal indicativo de problema estrutural, antes que o mesmo cresça e se agrave.
-  Nesse contexto, diversas tecnologias têm sido desenvolvidas e aplicadas com sucesso, em nível global, conforme demonstrado por estudos recentes na literatura especializada. (CHENG, HUA PENG, 2018).



# Tecnologias – Monitoramento

-  O monitoramento contínuo permite a identificação precoce de potenciais problemas estruturais, contribuindo, significativamente, para a prevenção de acidentes e para a extensão da vida útil das estruturas. Nesse contexto, diversas tecnologias têm sido desenvolvidas e aplicadas com sucesso, em nível global, conforme demonstrado por estudos recentes na literatura especializada. (CHENG, HUA PENG, 2018)
-  Obras de grande porte, como pontes, barragens, arranha-céus, e centrais energéticas, suportam cargas pesadas e estão expostas a fatores ambientais severos. Qualquer falha nessas estruturas pode causar acidentes de grandes proporções, resultando em perdas humanas, materiais e ambientais.



# Principais Tecnologias de Monitoramento Encontradas



**Inspeção Visual:** A inspeção visual é a abordagem mais básica e inicial na avaliação estrutural. Consiste na observação direta da estrutura, para identificar sinais visíveis de danos, deterioração ou falhas;



**Ensaio Não Destrutivo:** Os métodos de ensaio não destrutivo permitem avaliar as propriedades e condições dos materiais sem danificá-los. Entre os exemplos deles, incluem-se: Ultrassom; Radiografia; Termografia;



# Principais Tecnologias de Monitoramento Encontradas



**Monitoramento Estrutural:** O monitoramento estrutural envolve a instalação de sensores e sistemas de medição em tempo real, para avaliar o desempenho da estrutura, ao longo do tempo. Tecnologias como strain gauges, acelerômetros e sistemas de medição de deslocamento são comumente usados;






**Análise de Elementos Finitos (FEA):** A análise de elementos finitos é uma técnica computacional que divide a estrutura em elementos menores e simula o comportamento sob várias condições de carga. Essa metodologia é utilizada para prever tensões, deformações e identificar pontos críticos;








# Principais Tecnologias de Monitoramento Encontradas

-  **Ensaio de Carga:** Os ensaios de carga envolvem a aplicação de cargas controladas à estrutura, para avaliar sua capacidade de suporte e seu comportamento, sob essas condições.
-  **Análise Dinâmica:** A análise dinâmica avalia como a estrutura reage a cargas dinâmicas, como vento, tráfego e atividades sísmicas. Inclui a identificação de frequências naturais de vibração e os modos de falha;
-  **Análise de Estabilidade:** A análise de estabilidade avalia a segurança de estruturas sob diferentes condições de carga, identificando modos de falha potencial, como o colapso progressivo.







# Os Sensores Geodésicos

-  Os Sensores Geodésicos são fundamentais para medir e monitorar a integridade estrutural e de acordo com Martins Diego (2019) eles permitem a detecção de movimentos milimétricos, essenciais para a segurança das obras.
-  O uso de sistemas GNSS (Global Navigation Satellite Systems), especialmente com técnicas como o RTK (Real Time Kinematic), proporciona medições precisas em tempo real, sendo crucial para monitorar deslocamentos e deformações.
-  Os sensores geodésicos são dispositivos utilizados na geodésia para medir e representar a forma e dimensões da Terra, bem como seu campo gravitacional. Eles são fundamentais para a medição de distâncias e ângulos, utilizando métodos como triangulação e tecnologias modernas, como o GPS.







# Os Instrumentos dos Sensores Geotécnicos (Monitoramento de Barragens)

-  **Sensores Geotécnicos** (como medidores de tensão e inclinômetros) são utilizados para monitorar as condições do solo e da estrutura ao redor. Um conjunto de mini sensores completam os dados.
-  **Piezômetros**, para identificar a pressão neutra (poro pressão) no aterro;
-  **Acelerômetros** que monitoram deslocamentos e vibrações no solo.
-  **Indicadores de nível de água**, para identificar a cota na qual o solo se encontra saturado, definido assim o nível freático naquele ponto;



# Os instrumentos dos Sensores Geotécnicos (Monitoramento de Barragens)

-  **Medidores de vazão**, utilizados para aferir as vazões de percolação que se processam pelo corpo da barragem;
-  **Medidores de turbidez**, empregados para medir a concentração de materiais sólidos carregados pelas águas de percolação do maciço;
-  **Marcos superficiais** que, a partir da sua leitura de forma automatizada ou manual, identificam deslocamentos verticais (recalques) das estruturas;
-  **Inclinômetros** que medem deformações horizontais em relação a um tubo guia vertical, os quais podem ser aplicados em maciços de solo, de rocha ou de concreto;



# Sensores de Bragg em fibra (FBG - Fiber Bragg Grating)



São os mais populares para monitoramento estrutural. Eles funcionam refletindo luz em comprimentos de onda específicos, e mudanças na deformação ou temperatura da estrutura alteram o comprimento de onda refletido



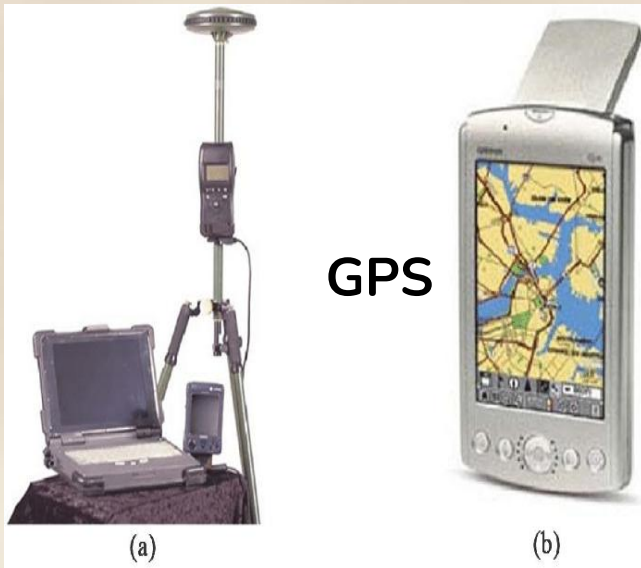
**Sensores interferométricos:** Usam interferência de luz para medir deformações e são extremamente sensíveis, embora mais complexos de implementar. Os sensores distribuídos (baseados em espalhamento): permitem o monitoramento ao longo de comprimentos de fibra optica muito longos, oferecendo uma visão contínua da integridade estrutural





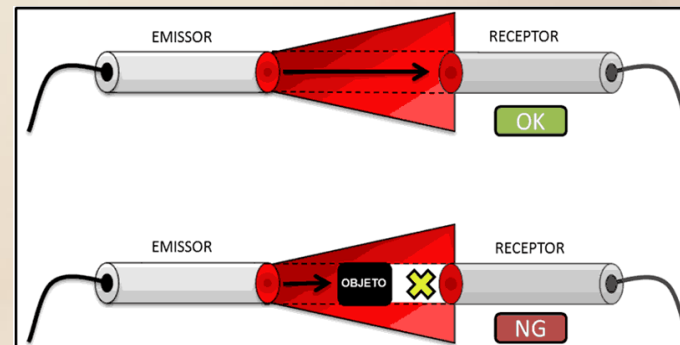
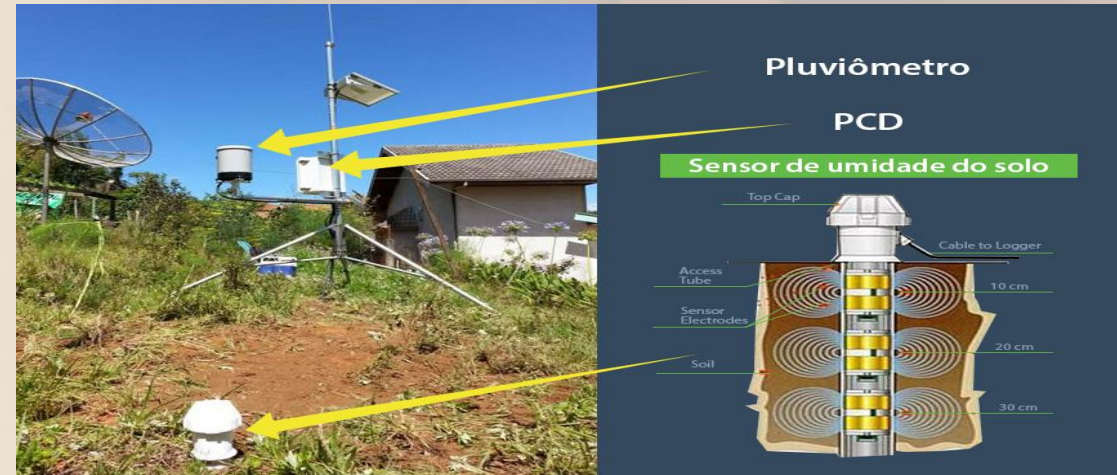
# Sensores Geodésicos Geotécnicos e Ópticos

## Sensor Geodésico





GPS

## Sensor Geotécnico





# Conclusões

-  A avaliação estrutural de obras de grande porte é um processo crítico que envolve a inspeção, análise e o monitoramento das condições físicas e operacionais de estruturas como pontes, barragens, edifícios altos e plataformas industriais. Hilgert, Bibiana Barella, (2023) afirmam que a finalidade da avaliação estrutural é garantir a segurança, a durabilidade e o desempenho adequado dessas obras, ao longo do tempo.
-  Para compreender e realizar a avaliação, de forma eficaz, é necessário utilizar uma combinação de teorias de engenharia estrutural com métodos analíticos e tecnologias avançadas.



# Barragem de Grande Porte



**Obrigado Pela Atenção**

