

USO DE TECNOLOGIAS NÃO DESTRUTIVAS EM AVALIAÇÕES ESTRUTURAIS

Gabriel Matsuda*; Leandro Lazzarin**

*Engenheiro Civil e Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, enggabrielmatsuda@gmail.com.

**Acadêmico de Engenharia Civil, leandrolazzarin10214@gmail.com.

INFORMAÇÕES

Histórico de submissão:

Recebido em: 17 out. 2024

Aceite: 12 nov. 2024

Publicação online: dez. 2024

RESUMO

A qualidade das edificações é uma preocupação central na construção civil, especialmente na que diz respeito à resistência, durabilidade e confiabilidade. Tradicionalmente, ensaios destrutivos eram utilizados para avaliar o concreto, mas, atualmente, ensaios não destrutivos (END) têm se tornado cada vez mais populares devido às suas vantagens, como a eliminação de resíduos, redução de custos, agilidade nos processos e confiabilidade nos resultados. Este estudo, baseado em pesquisa qualitativa e revisão bibliográfica, analisa diversas tecnologias não destrutivas aplicadas em avaliações estruturais, com ênfase nas estruturas de concreto armado. As principais metodologias discutidas incluem ensaios de esclerometria, pacometria, ultrassonografia, tomografia, GPR (Radar de Penetração em Solo) e termografia. Cada um desses métodos oferece soluções específicas para detecção de falhas, avaliação da qualidade do concreto e análise das armaduras, contribuindo para a segurança e a eficiência na construção civil. Os ensaios não destrutivos podem substituir os destrutivos, embora o custo inicial para a aquisição dos equipamentos seja um obstáculo. No entanto, a longo prazo, os custos operacionais dos END são inferiores, tornando-os uma alternativa viável e eficaz na avaliação da qualidade das edificações.

Palavras-chave: Construção Civil, Ensaios não destrutivos, Avaliação Estrutural

ABSTRACT

The quality of buildings is a central concern in civil construction, particularly regarding strength, durability, and reliability. Traditionally, destructive testing was used to evaluate concrete; however, non-destructive testing (NDT) has become increasingly popular due to its advantages, such as waste elimination, cost reduction, process agility, and reliability of results. This study, based on qualitative research and literature review, analyzes various non-destructive technologies applied in structural assessments, with an emphasis on reinforced concrete structures. The main methodologies discussed include sclerometry, pachometry, ultrasonography, tomography, GPR (Ground Penetrating Radar), and thermography. Each of these methods offers specific solutions for fault detection, concrete quality assessment, and rebar analysis, contributing to safety and efficiency in civil construction. Although non-destructive tests can replace destructive ones, the initial cost for equipment acquisition may pose an obstacle. However, in the long term, the operational costs of NDT are lower, making them a viable and effective alternative for assessing the quality of buildings.

Keywords: Civil construction, Non-destructive testing, Structural assessment

Copyright © 2024, Gabriel Matsuda; Leandro Lazzarin. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citação: MATSUDA, Gabriel; LAZZARIN, Leandro. Uso de tecnologias não destrutivas em avaliações estruturais. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguaçu, v. 2, n. 6, p. 59-63, dez. 2024.

INTRODUÇÃO

Uma das preocupações em torno da construção civil é sem dúvida a qualidade das edificações com relação à sua resistência, confiança e durabilidade. Historicamente ocorriam ensaios de resistência do

concreto na sua aplicação conforme preconiza a NBR 6118:2023 e com o passar dos anos a construção seria avaliada por ensaios destrutivos, que como o nome diz, há a necessidade de coleta de material para análise posterior em laboratório.

Atualmente é cada vez mais utilizado os ensaios não destrutivos para a avaliação da qualidade das edificações. Diversas são as vantagens desse método, se ressalta a eliminação de resíduos (amostras), diminuição de custos, a agilidade no tempo de execução do ensaio, além da confiabilidade do método.

METODOLOGIA

Através de pesquisa qualitativa, foi analisado o uso de tecnologias não destrutivas em avaliações estruturais. A pesquisa foi realizada através de revisão bibliográfica que apresentou uma série de tecnologias adotadas na construção cívica para a avaliação da qualidade e deteriorização das construções, em especial as em concreto armado, demonstrando serem viáveis do ponto de vista econômico/financeiro e também quanto a confiabilidade dos sistemas empregados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Hoje no mercado existem diversas tecnologias, não destrutivas, para avaliação de estruturas em concreto, com destaque aos Ensaio de Esclerometria, de Pacometria, de Ultrassonografia, de Tomografia, do Georadar (GPR) e de Termografia. A seguir será apresentado cada um desses ensaios em particular.

ENSAIO DE ESCLEROMETRIA

O ensaio de esclerometria, mais conhecido como método de esclerômetro de Schmidt, é um dos mais antigos do mercado, porém é ainda um dos mais utilizados (Vieira, 2021). Esse ensaio é normatizado pela ABNT NBR 7584:2012, que discorre sobre a qualidade do concreto no estado endurecido e a avaliação da dureza na superfície do concreto, utilizando o processo de reflexão.

O item 3.1.1 da ABNT NBR 7584 (2012), regulamento os quatro tipos de esclerômetros e operam em funções das características da estrutura de concreto e o grau de precisão. Com energia de percussão de 30 N.m, 2,25 N.m, 0,90 N.m e 0,75 N.m, que são respectivamente para obras de grandes volumes de concreto, obras comuns, obras com concreto de baixa resistência e para concretos de pequenas dimensões.

Para a execução do teste deverá ser escolhida e preparada a área da superfície a ser analisada, realizar uma demarcação para os disparos dos pulsos e a partir daí realizar a aplicação dos pulsos, a operação do esclerômetro é simples, deverá ser comprimido contra o concreto, tensionando a mola que fica na parte interior do aparelho, quando é liberada, causa um impacto na superfície e parte da energia vai para o concreto e parte retorna para o sistema de mola, que causa um impacto no equipamento, que por sua vez procede o registro (VIEIRA, 2021). Quanto maior for a dureza do concreto, maior será a quantidade de

energia que retorna ao aparelho, quanto menor for a duzera mais energia será absorvida pelo concreto.

A figura 1 mostra o esclerômetro em posição para a utilização em uma medição de amostra a campo.

Figura 1. Sistema de equações



Fonte: Silva (2019)

Com a leitura em mãos, é necessário efetuar a correlação entre a resistência a compressão do concreto e o índice esclerométrico, que é feito através de um ábaco, fornecido pelo fabricante do equipamento, utilizando valores como o índice encontrado e o ângulo de ensaio (Vieira, 2021).

PACOMETRIA

O pacômetro, é um aparelho que verifica a posição das armaduras de aço no interior do concreto, através da emissão de ondas eletromagnéticas de baixa frequência (Soeiro, 2018). Também é possível detectar as dimensões das barras de aço, os espaçamentos e até a espessura do recobrimento do concreto (Alves, Abreu, 2021).

O aparelho emite um campo magnético e tanto a armadura quanto o recobrimento, afetam a formação desse campo, enquanto no visor do aparelho fica registrado a barra de aço e a espessura do recobrimento de concreto (Pedroza, 2018).

Para uma leitura mais precisa do equipamento é melhor que a utilização seja realizada em paralelo com as barras de aço, no sentido longitudinal, para tanto é fundamental um breve conhecimento técnico.

Figura 2. Operador manuseando o pacômetro



Fonte: Proceq (2017)

A leitura é realizada quando o pacômetro é deslocado ao longo da estrutura de concreto, o aparelho emite um sinal sonoro ao contato com barra, assim o operador faz anotações na superfície da peça,

registrando a quantidade de barras, espaçamento e quantidade delas (Fonseca et al. 2021).

Quando a densidade de armadura é muito alta, o pacômetro não fornece resultados muito satisfatórios, já que o equipamento tem dificuldade de identificar barras próximas uma das outras. O ensaio de pacometria não é regulamentado pela ABNT NBR.

ENSAIO DE ULTRASSONOGRRAFIA

De acordo com CARNIEL, 2021, o ensaio de ultrassom é um método não destrutivo de alta sensibilidade que avalia as propriedades mecânicas do concreto e também de identifica falhas, descontinuidades e manifestações patológicas no material. O método consiste em propagação de ondas ultrassônicas atuando entre um emissor e receptor, a velocidade com que se propaga a onda no interior do concreto, permite a obtenção de dados como fissuras, corrosão de armaduras, trincas e demais anomalias do material (Rocha; Póvoas, 2019).

O objetivo é obter a velocidade da propagação da onda e a distância percorrida pela onda, também registrando as particularidades de cada material, já que essa propagação depende das características de cada meio (Paiva, 2017).

Figura 3. A) Equipamento de Ultrassom B) Equipamento durante o uso



a)

b)

Fonte: Paiva (2017)

De acordo com o item 5 da ABNT NBR 8802 (2019), os transmissores e receptores podem ser posicionados na face do concreto de três maneiras, a saber: transmissão direta, transmissão indireta e transmissão semidireta; sendo transdutores de face opostas, de mesma face e os de faces adjacentes.

ENSAIO DE TOMOGRAFIA

A tomografia tem o objetivo mapear uma seção interna do concreto a partir de projeções de resultados de ultrassom, sendo possível um aprimoramento considerável nos resultados obtidos através dos ensaios convencionais (Ramirez, 2015). O tomógrafo é um instrumento que serve para identificar as falhas no concreto. O ensaio é também conhecido como tomografia ultrassônica, que utiliza ondas de cisalhamento, permitindo um conhecimento do interior do material, utilizado para o controle de qualidade e os reparos, pois também pode gerar

imagens tridimensionais tomográficas (Reginato et al., 2016).

Os testes de tomografia ultrassônica utilizam ondas de alta frequência, superiores a 20.000 Hz, geradas por emissores que percorrem o interior do material a ser analisado e são refletidas até a superfície onde encontram uma mudança na impedância, esse retorno após detectados, formam uma imagem e através das análises das ondas de choque.

O tratamento das imagens é possível, verificar a qualidade do concreto, bem como a qualidade das armaduras no seu interior, também as possíveis falhas na execução da armadura e na concretagem do material, bem como a existência de bolhas ou fissuras na amostra. Segundo LORENZI, et al. 2016, o limite máximo de detecção desse ensaio é cerca de dois metros de profundidade com boa precisão nos resultados.

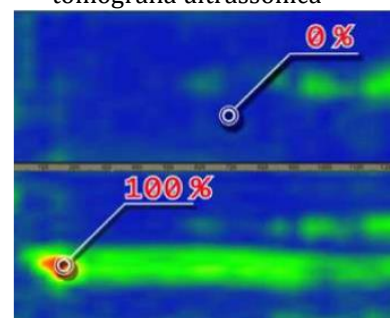
Figura 4. Tomógrafo A1040- MIRA®



Fonte: Lorenzi et al., (2016)

A figura 05 abaixo, representa uma tomografia ultrassônica onde a cor azul representa 0% de vazios na amostra observada, já a região em vermelho representa uma amostra com 100% de vazios na amostra. As demais cores são originadas pela interpolação dos espaços analisados.

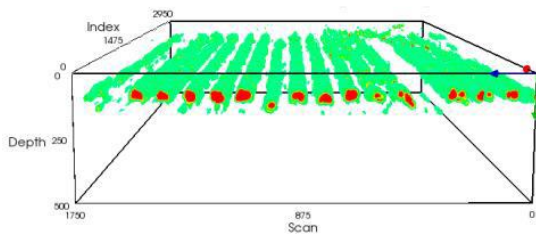
Figura 5. Representação dos resultados de uma tomografia ultrassônica



Fonte: Lorenzi et al., (2013)

Já a figura abaixo, mostra a imagem da identificação dos alvéolos por meio de um corte transversal identificados pela cor vermelha além dos seus espaçamentos, formas e distâncias da instalação até a face superior da laje.

Figura 6. Identificação dos alvéolos por meio do corte transversal



Fonte: Lorenzi et al., (2013)

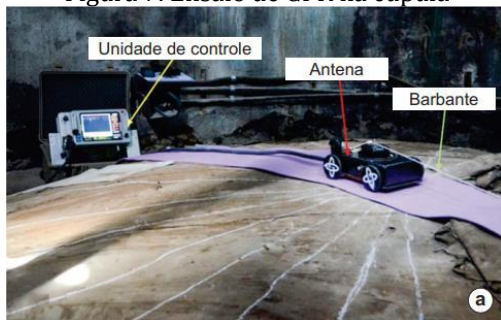
ENSAIO DE GPR

A sigla GPR significa Ground Penetrating Radar, em tradução, Radar de Penetração em Solos, que era utilizada inicialmente em geofísica, geologia e geotécnica, e posteriormente inserida em construção civil, porém com o advento da possibilidade de operação com frequências muito mais altas (Bernardes Júnior, 2016). Como os demais métodos não destrutivos, é utilizada entre outras operações, na identificação de vergalhões, fissuras, vazios e também avaliar a espessura de peças e camadas de concreto.

O ensaio trata-se da propagação de sinais eletromagnéticos, através de antenas usadas para a emissão e detecção de ondas. A faixa de operação de emissão de ondas varia de acordo com a utilização, a saber: até 100 MHz é utilizada para obras profundas, com escalas em metros, já entre 100 a 1.000 MHz é utilizada para pavimentação, e faixas entre 1.000 a 5.000 MHz é utilizada para estruturas em escala de centímetros (Ramos, 2019).

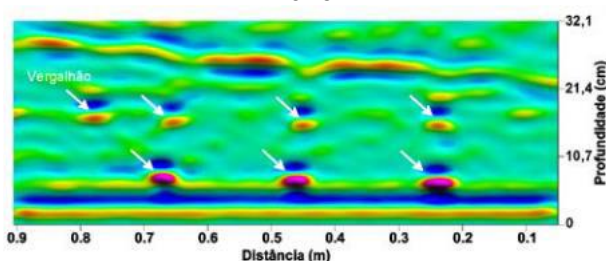
A figura mostra a instalação do equipamento de GPR para a obtenção de medição em uma cúpula de construção.

Figura 7. Ensaio de GPR na cúpula



Fonte: Cintra et al., (2020)

Figura 8. Processamento da seção de radar da parte inferior



Fonte: Galli; Guirardi; Bressan (2014)

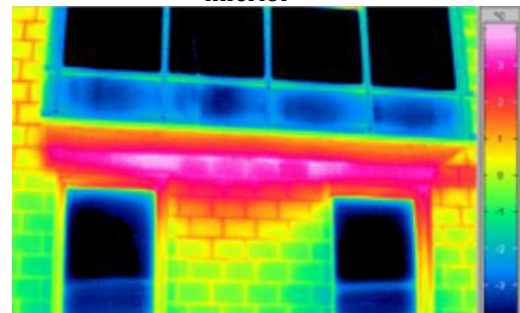
A figura demonstra anomalias que foram causadas por vergalhões, isso indica a eficiência do método utilizado para a obtenção dos resultados desejados para a avaliação da estrutura analisada (Galli; Guirardi; Bressan, 2014).

ENSAIO DE TERMOGRAFIA

Embora esse teste possa ser utilizado em diversas aplicações na construção civil, no Brasil, ele é normalmente aplicado para a detecção de umidade ou deslocamento em rebocos das edificações. A termografia faz uma análise comparativa da temperatura para encontrar defeitos nas estruturas onde ocorrem defeitos internos no concreto como o deslocamento de reboco ou até mesmo a corrosão de armadura. Por ser um método rápido e fácil em relação à coleta de dados, quando comparados a outros métodos não destrutivos (Hiasa; Birgul; Catbas, 2017).

A medição da condutividade térmica, serve de obtenção de dados que são gerados através da diferença na temperatura da superfície estudada (Ramirez, 2015). As imagens geradas através de termógrafos, são avaliadas e geram resultados, podendo ser comparados através da transferência de calor. Apenas o zero absoluto não é capaz de emitir radiação térmica, a partir dele todos os corpos são capazes de gerar irradiação e por comparação pode-se formar relatórios comparativos.

Figura 9. Processamento da seção de radar da parte inferior



Fonte: Cunha; Qualharini; Mello (2020)

CONCLUSÕES

Os ensaios não destrutivos podem substituir os destrutivos, o maior empecilho é o custo inicial para a aquisição dos equipamentos, porém ao longo do tempo o custo inicial vai sendo diluído. Importante ressaltar que os ensaios não destrutivos tem um custo operacional menor que os ensaios destrutivos.

REFERÊNCIAS

ALVES, A. S.; ABREU, G. M. **Análise qualitativa e quantitativa da execução do cobrimento de armadura em estruturas de concreto armado**

- na cidade de Catalão-GO.** 2021. 29 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade UNA de Catalão – Campus Santa Cruz, Catalão, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7584: Concreto Endurecido – Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2012. 14 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8802: Concreto endurecido – determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2019. 15 p.
- BERNARDES JÚNIOR, P. L. **Uso do GPR (ground penetrating radar) como ferramenta não destrutiva na avaliação e inspeção de estruturas em concreto armado.** 2016. 80 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2016.
- CARNIEL, A. J. Z. et al. **Avaliação da sensibilidade dos parâmetros de ultrassom difuso na caracterização de misturas de concreto.** 2021. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.
- FONSECA, F. B. et al. Ensaio não destrutivo para avaliação da rigidez em elementos de concreto armado. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 20009-20018, fev. 2021.
- GALLI, V. L.; GUIRARDI, D. M.; BRESSAN, D. L. GPR aplicado na localização de armadura em estrutura de concreto. In: *VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA*, 2014, Porto Alegre. Anais [...]. Porto Alegre, 2014.
- LORENZI, A. et al. Emprego de ensaios não destrutivos para inspeção de estruturas de concreto. **Revista de Engenharia Civil IMED**, Passo Fundo, v. 3, n. 1, p. 3-13, jun. 2016.
- PEDROZA, L. F. M. **Avaliação do desempenho do ensaio não destrutivo de pacometria para verificação do cobrimento e posicionamento de barras de aço.** 2018. 46 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/FATECS), Brasília, DF, 2018.
- RAMOS, D. H. **Avaliação de ensaios não destrutivos aplicados ao concreto armado.** 2019. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.
- REGINATTO, L. A. et al. Monitoramento de estruturas de concreto armado através de ensaios ultrassônicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 72942-72960, 2021.
- ROCHA, J. H. A.; PÓVOAS, Y. V. Detecção de corrosão em concreto armado com termografia infravermelha e ultrassom. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, p. 53-68, out. 2019.
- SANDES, N. R. **Inspeção de pontilhão urbano em concreto armado segundo a NBR 9452: 2019 – inspeções de OAEs.** 2020. 101 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju, Aracaju, 2020.
- SOEIRO, J. M. et al. **Ensaio não destrutivo** – Ensaio de ultrassom e pacômetro na avaliação da qualidade do concreto armado. In: *CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA*, 2018, Maceió. Anais [...]. Maceió-AL, 2018.
- VIEIRA, A. C. **Análise da esclerometria no controle tecnológico do concreto.** 2021. 14 f. Artigo (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário UNIFACIG, 2021.