

**CONAENDI&IEV2020 - 517**  
**ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS NA INSPEÇÃO DE RESERVATÓRIO ELEVADO**  
Oliveira, MMB<sup>1</sup>, Carvalho, EA<sup>1</sup>, Prata, ALC<sup>2</sup>, Martins, COD<sup>3</sup>.

*Copyright 2020, ABENDI, PROMAI.*

*Trabalho apresentado durante o XXXVIII – Congresso Nacional de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção.*

*22<sup>a</sup> IEV – Conferencia Internacional sobre Evaluación de Integridad y Extensión de Vida de Equipos Industriales.*

*As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).*

## **SINOPSE**

---

A prática da inspeção com utilização de Ensaios Não Destrutivos visa caracterizar os elementos estruturais na busca por falhas de construção ou defeitos decorrentes do mal-uso e/ou falta de manutenção e que possam ocasionar futuras manifestações patológicas que comprometam a vida útil da estrutura. Os ensaios não destrutivos (END's) avaliam o nível de deterioração das estruturas, conferem o grau de risco e a necessidade da recuperação estrutural. O reservatório elevado objeto deste trabalho foi construído no ano de 1988 e não conta com histórico de manutenções. É certo que as manifestações patológicas identificadas são suficientes para compreender que a recuperação estrutural é necessária e urgente porém, um Laudo de Inspeção e Diagnóstico que utilize Ensaios Não Destrutivos para identificar as causas e o real estado dos elementos estruturais se torna indispensável inclusive para indicar um método de recuperação mais eficiente e, conseqüentemente, aumentar a vida útil da estrutura. Com isso, esse artigo comprovou a relevância de uma avaliação mais aprofundada da real condição das estruturas em um reservatório elevado, através da utilização dos ensaios de Pacometria e Ultrassonografia.

---

1 Graduada, Engenharia Civil – Instituto Federal de Sergipe

2 Mestranda, Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Sergipe

3 Phd, Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Sergipe

## 1. INTRODUÇÃO

---

Alguns diagnósticos sobre a ineficiência das estruturas de concreto atuais apontam, dentre outras causas, as deficiências de projeto, assim como as de construção, juntamente com a utilização de materiais inadequados, falta de conhecimento técnico e manutenção. Esses fatores comprometem toda a obra, causando danos imensuráveis, que não se restringem a apenas aspectos financeiros, mas, sobretudo, gera insegurança social e risco à vida coletiva e ao meio ambiente. Além disso, podem gerar futuras manifestações patológicas e/ou deteriorações no concreto armado que afetam a durabilidade, como fissuras e trincas, desagregação, manchas, eflorescências, corrosão, entre outros.

Tais manifestações patológicas podem ser ocasionadas ainda na fase de execução da obra, como na preparação, lançamento e cura do concreto, podem ser causadas devido ao mau uso da edificação, ou pela falta de manutenção, falta de projeto específico, como também pela exposição da estrutura ao meio em que a edificação foi construída, como por exemplo, ambientes marinhos.

Para que possam ser elaboradas especificações adequadas ou para que possam solucionar possíveis deteriorações, torna-se imprescindível conhecer o comportamento dos materiais que compõem a estrutura quando submetidos às várias condições de exposição, associando à avaliação do nível de agressividade do meio ambiente (1).

Cresce, dessa forma, a importância pelo estudo da Patologia das Construções. A patologia é a ciência da Engenharia que estuda sintomas, mecanismos, causas e origens dos chamados defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema (2). Todo esse estudo busca sempre o mesmo objetivo: a busca pela vida útil.

A título de conhecimento, a vida útil de uma estrutura pode ser definida como o tempo em que a estrutura mantém um limite mínimo de comportamento em serviço, para o qual foi projetada, sem elevados custos de manutenção e reparo (3).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas 15575 (2013) (4), vida útil é o período de tempo em que um edifício e seus sistemas continuam executando as atividades para as quais foram projetados e dimensionados considerando a correta execução dos processos de manutenção especificados no Manual de Uso, Operação e Manutenção.

Nasce, nessa perspectiva, a importância dos ensaios não destrutivos nas verificações das conformidades das construções e reformas.

Os ensaios não destrutivos são técnicas e testes aplicados a um determinado material, sem lhe causar nenhum ou pouco dano, que permite avaliar qualitativamente as propriedades do material e suas condições de funcionamento.

Neste trabalho foram utilizados os ensaios de Pacometria e Ultrassonografia e Potencial de Corrosão em elementos estruturais como pilares, vigas e lajes.

O ensaio de pacometria objetiva principalmente localizar a armadura dentro da estrutura de concreto, informando a espessura de cobrimento adotada a fim de verificar a conformidade de parâmetros a partir dos critérios utilizados nas normas vigentes. A finalidade precípua do cobrimento das estruturas de concreto armado é obter a proteção física e química para as armaduras em aço. A adoção de cobrimento insuficiente significa que a armadura se encontra desprotegida e, conseqüentemente, sujeita às ações dos agentes agressivos presentes no meio atmosférico.

Já o ensaio de ultrassom tem como um dos objetivos determinar a velocidade de propagação de ondas longitudinais obtidas por pulsos ultrassônicos. Além disso, visa também verificar a homogeneidade do concreto e a detecção de falhas internas ocorridas na concretagem.

Com isso, este trabalho traz um estudo de caso em um Condomínio Residencial apresentando a importância da aplicação dos ensaios não destrutivos em inspeções à luz da norma de desempenho NBR 15575/2013.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho foi estruturada nas seguintes etapas: a) conhecimento das características físicas e funcionais da edificação/estrutura; b) inspeção visual para identificação de não conformidades presentes que afetam sua funcionalidade e/ou durabilidade; c) realização de ensaios de caracterização como Pacometria e Ultrassonografia (Figuras 5, 6 e 7); d) elaboração de Laudo de Inspeção e Diagnóstico.

No primeiro momento foi feita a inspeção visual das condições aparentes dos elementos estruturais como pilares, vigas, lajes e cuba do reservatório (identificados nas Figuras 1, 2, 3 e 4), apresentando registro técnico fotográfico, onde foram encontradas manifestações patológicas que requeriam uma avaliação mais aprofundada e significativa a ponto de se obter dados concretos.

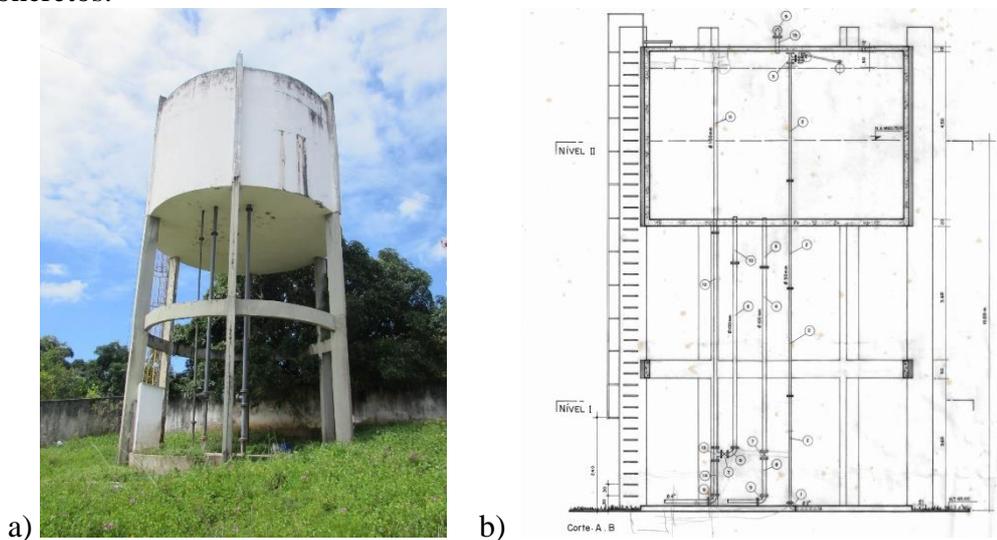


Figura 1: a) Foto do reservatório elevado; b) Corte da planta baixa

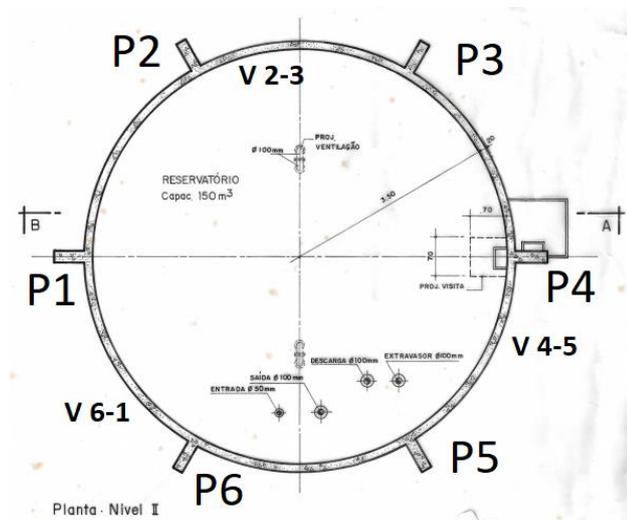


Figura 2: Planta baixa



Figura 3: Ambas manifestações patológicas encontradas nos pilares



Figura 4: Estado de degradação encontrado na parede do reservatório



a) b)  
Figura 5: a) Ensaio de Pacometria b) Ensaio de Ultrassom pelo método direto, ambos na base dos pilares



a) b)  
Figura 6: a) Ensaio de pacometria; b) Ensaio de Ultrassom pelo método indireto, ambos na viga a 4,10m de altura



a) b)  
Figura 7: a) Ensaio de pacometria; b) Ensaio de Ultrassom pelo método indireto, ambos na parede do reservatório

Os ensaios foram realizados segundo um plano de ensaios por amostragem e foram executados: a) nos pilares; b) no anel de vigas intermediário; c) na parede da cuba do reservatório; d) na laje do fundo da cuba.

Todos os ensaios seguiram os procedimentos normativos vigentes como: BS1881-204:1988 Testing concrete: Recommendations on the use of eletromagnetic covermeters (5) e NBR 8802:2013 Concreto Endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica (6).

### 3. RESULTADOS

Considerando a data de construção do reservatório elevado em questão, ou seja, há 32 anos, tem-se que a norma vigente e, portanto, aplicável ao caso, era a NB-1/60 (7). Assim sendo, o cobrimento mínimo adequado para componentes estruturais, v.g. vigas e pilares, deve ser considerada no valor referencial de 2cm. Confira-se a seguir na Figura 8.

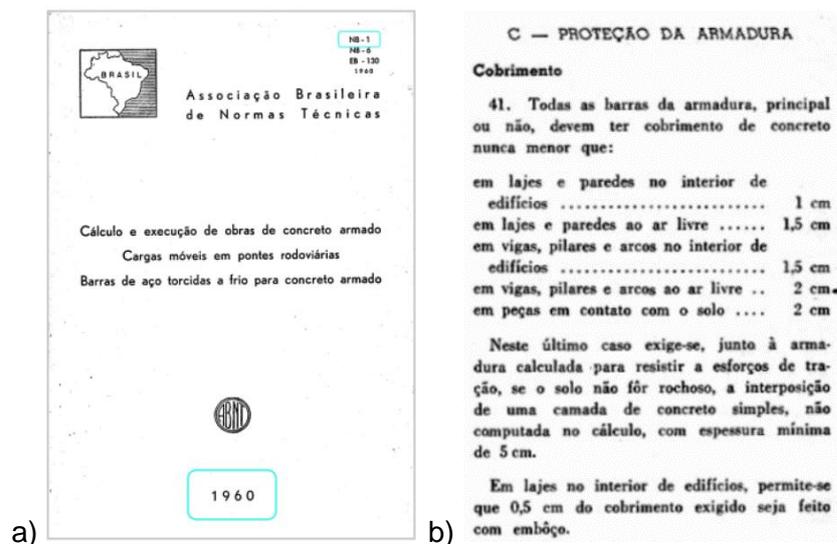


Figura 8: a) Capa; b) Item que aborda cobrimento, ambos da norma NB-1/60

Na realização do ensaio de pacometria, verificou-se que a média dos cobrimentos encontrados nos elementos estruturais inspecionados encontram-se de acordo com o necessário dimensionado pela norma à época vigente (20mm), exceto por um lado de um pilar. Confira-se nas Tabelas 1 e 2 a seguir:

ENSAIO DE PACOMETRIA			
MÉDIA DOS COBRIMENTOS (mm)			
		FACE 1	FACE 2
BASE	P1	20	20
	P2	26,1	30,5
	P3	19,7	38,2
	P4	22,4	38,7
	P5	27,8	36,3
	P6	25	30

Tabela 1 – Média dos cobrimentos encontrada no ensaio de pacometria na base dos pilares.

ENSAIO DE PACOMETRIA		
MÉDIA DOS COBRIMENTOS (mm)		
MEIO (Altura de 4,10m)	P2	26,33
	P4	36,33
	P6	27
	V 2-3	33
	V 4-5	29,625
	V 6-1	45,125
PAREDE EXTERNA	PONTO 1	64,5
	PONTO 2	62,67
LAJE DO FUNDO	PONTO 1	26

Tabela 2 – Média dos cobrimentos encontrada no ensaio de pacometria em demais elementos estruturais.

Verifica-se, então, que foram adotados cobrimentos suficientes de acordo com a norma vigente à época (NB-1/60), embora não estejam em conformidade com a norma atualmente vigente (NBR 6118:2014) (8) mas que remete à interpretação que a falta de cobrimento não foi exatamente um fator determinante para as manifestações patológicas encontradas.

Já o ensaio de Ultrassonografia foi realizado após o ensaio de pacometria nos mesmos componentes estruturais. Na execução do serviço, identificou-se velocidades médias inferiores a 3.000m/s. Tal constatação sugere a presença de heterogeneidade, vazios e/ou ninhos de concretagem, o que reforça a percepção da inspeção visual dos elementos que apresentavam tal fato também em sua exterioridade. Na tabela 3 verificam-se os resultados encontrados.

ENSAIO DE ULTRASSOM		
MÉDIA DAS VELOCIDADES ULTRASSÔNICAS (m/s)		
BASE	P1	542
	P2	3945,075
	P3	3995,9
		2010,1
	P4	3905,195
	P5	4019,325
P6	3841,15	
MEIO (Altura de 4,10m)	P2	2106,3
	P4	3298,9
	P6	3200,95
	V 2-3	2403,7
	V 4-5	2649,17
	V 6-1	2552,85
PAREDE DO RESERVATÓRIO	PONTO 1	2759,57
	PONTO 2	2373,3
LAJE DO FUNDO	PONTO 1	3554,5

Tabela 3 – Médias das velocidades encontradas no ensaio de ultrassom

Os resultados acima dispostos, mostraram que 62,5% dos elementos inspecionados apresentaram resultado desfavorável, sugerindo que o concreto possui homogeneidade insatisfatória, isto é, com possível presença de vazios e falhas de concretagem nos locais amostrais inspecionados.

Elucidando o que foi exposto acima, utilizando dos resultados encontrados no pilar P3, tem-se que o mesmo pilar apresentou oscilações bruscas na base de sua estrutura. Demonstrando, dessa forma, a presença de ninhos de concretagem, fator este visto também em outros pilares e elementos estruturais.

Ainda em referência aos resultados encontrados, os pilares P2, P4 e P6 também apresentaram discrepâncias nos resultados feitos na base de sua estrutura e em uma altura de 4,10m, demonstrando a heterogeneidade de sua estrutura.

#### 4. CONCLUSÃO

É nítido e irrefutável que, pela inspeção visual, pelo menos um dos pilares da estrutura se encontrava completamente inseguro, ensejando grave vulnerabilidade da área circundante e risco de ruína total. O que não era sabido, apenas pela inspeção visual, era a situação de demais pilares que, visualmente, encontravam-se em boas condições ou, na maioria deles, com corrosão apenas na base dos pilares (situação esperada devido ser uma área considerada mais úmida).

Com a aplicação dos ensaios, o diagnóstico da heterogeneidade do concreto em quantidade considerável nas áreas inspecionadas foi obtido para que o plano de recuperação estrutural fosse elaborado com maior precisão e segurança.

Com isso, fica claro a importância da utilização dos Ensaio Não Destrutivos em Inspeções para elaboração de Laudos com maior confiabilidade e segurança.

#### 4. REFERÊNCIAS

---

- (1) Brandão, A. M. S.; Pinheiro, L. M. (1999). Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto. Cadernos de Engenharia de Estruturas. n.8. EESC. Universidade de São Paulo. São Carlos.
- (2) Souza, V.C.M.; Ripper, T. Patologia, recuperação e reforço das estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1998.
- (3) Comité Euro-international du beton (1989). Durable concrete structures: CEB design guide. 2.ed. CEB Bulletin d'Information, n.182.
- (4) ABNT NBR 15575: Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- (5) BS1881-204:1988 Testing concrete: Recommendations on the use of electromagnetic covermeters
- (6) ABNT NBR 8802:2013 Concreto Endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica
- (7) NB-1/60 Cálculo e execução de obras de concreto armado. Cargas móveis em pontes rodoviárias. Barras de aço torcidas a frio para concreto armado.
- (8) ABNT NBR 6118:2014 Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento