

INSPEÇÃO E RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL DE UM RESERVATÓRIO D'ÁGUA

Vicente Custódio Moreira de Souza¹, Adriana de Assis Ragone², Maria Inês Ribeiro de Souza³

RESUMEN: Este trabajo muestra los aspectos principales del diseño de la recuperación de un tanque de agua localizado en la Universidad Federal Fluminense, en Niterói, Río de Janeiro. También trata de la inspección en terreno llevada a cabo para detectar los defectos y el deterioro de la estructura, y de los ensayos no destructivos realizados para evaluar las causas del deterioro. Esta estructura fue construida en la década de 1950 y no se le realizó mantenimiento desde su construcción, a pesar de que está contruida en un ambiente muy agresivo. Adicionalmente, varios errores de diseño y construcción han contribuido al deterioro de la estructura y a la reducción de su durabilidad. El diseño de la recuperación toma en cuenta estos factores, con el fin de garantizar la durabilidad de la estructura reparada.

DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

A estrutura em questão é um reservatório d'água elevado em concreto armado, com capacidade para 72 m³ de água, sobre fundação direta, sob o qual foram construídos, a nível do solo, um depósito e um banheiro. A estrutura é composta por 4 pilares, com dimensões 22 cm x 55 cm, um anel intermediário em laje, com 13 cm de espessura e o reservatório propriamente dito. Esta estrutura, em virtude de sua idade e da falta de manutenção, apresenta sinais de deterioração bastante avançada, principalmente no que diz respeito à corrosão das barras das armaduras, comprometendo a sua integridade e a segurança das pessoas que utilizam o local, especialmente por se tratar de uma estrutura localizada em uma área destinada ao funcionamento da Escola de Nutrição da Universidade Federal Fluminense. A Figura 1 mostra uma visão geral da estrutura.

O trabalho aqui descrito não é um caso isolado de baixa durabilidade de estruturas de concreto armado. Quando se trata de prédios ou estruturas de propriedade de órgãos públicos o problema se agrava, pois entraves burocráticos e dificuldades orçamentárias contribuem decisivamente para a falta de manutenção e até mesmo para a execução de trabalhos emergenciais que se façam necessário. Nesta estrutura, por exemplo, a deterioração já atingiu um grau tão elevado que a área em sua volta foi interditada, pois há perigo de ruína iminente, como já ficou caracterizado por pequenos acidentes ocasionados pelo deslocamento do concreto que danificou veículos estacionados no pátio ao lado do Castelo.

Os serviços foram divididos da seguinte forma: levantamento geométrico da estrutura; inspeção, ensaios e mapeamento das anomalias; e projeto de recuperação, com especificação dos serviços a serem realizados.

LEVANTAMENTO GEOMÉTRICO DA ESTRUTURA

O levantamento geométrico da estrutura foi necessário em virtude de que não havia projeto da estrutura em arquivo. A Figura 2 mostra o esquema estrutural do Castelo D'água. Este levantamento, em virtude da altura da estrutura e da sua concepção geométrica, foi feito utilizando-se de equipamentos de segurança normalmente utilizados em práticas de montanhismo, de forma a não colocar em risco a integridade física de nenhum membro da equipe técnica.

INSPEÇÃO, ENSAIOS E MAPEAMENTO DAS ANOMALIAS

As vistorias foram realizadas com a finalidade de fazer um levantamento completo dos sintomas patológicos da estrutura do Castelo. Paralelamente, foram realizados ensaios para determinar a resistência do concreto e a sua homogeneidade e a profundidade de carbonatação existente nos elementos estruturais, que poderia ser um dos fatores responsáveis pela corrosão das barras de aço das armaduras. Posteriormente foram também realizados ensaios de teor de cloretos, que mostraram não ser este um agente que estivesse contribuindo para a deterioração estrutural. O ataque de cloretos, que existia, não era de cloretos incorporados à massa do concreto, mas sim de cloretos presentes na atmosfera marinha onde se localiza a estrutura.

¹ PhD, MSc, Engenheiro Civil, Professor Titular, Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Rua Passo da Pátria, 156, CEP 24210-240, Niterói, RJ, e-mail desouza@civil.uff.br

² MSc, Engenharia Civil, Engenheira, Rua Passo da Pátria, 156, CEP 24210-240, Niterói, RJ, e-mail ragone@civil.uff.br

³ Engenharia Civil, Aluna do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Rua Passo da Pátria, 156, CEP 24210-240, Niterói, RJ, e-mail ines@civil.uff.br

a. Ensaio de penetração de pinos. Foi realizada avaliação da resistência do concreto através de ensaios de penetração de pinos (ASTM C 803), conforme mostrado na Figura 3.

Os resultados dos ensaios são os mostrados na Tabela 1, o que leva a uma resistência estimada do concreto de 18,0 MPa.



Figura 1: Visão geral da estrutura

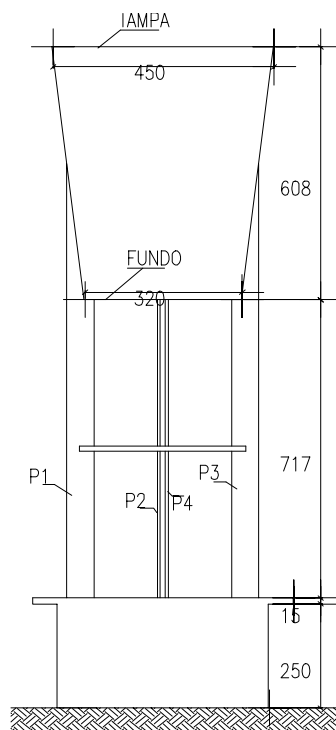


Figura 2: Esquema da estrutura do Castelo D'água

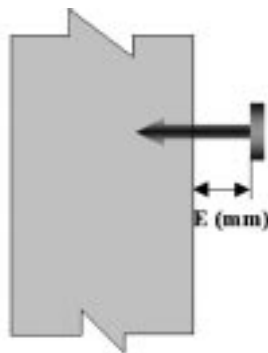


Figura 3: Esquema de penetração de pinos

b. Ensaio de esclerometria. Foi realizado ensaio de energia de reflexão, baseado na ASTM C 805, utilizando o equipamento em um ângulo α igual a 0° . Nestas condições, obteve-se o índice esclerométrico médio de 45,375, correspondendo a uma resistência de 43,3 MPa, valor este que deve ser multiplicado por um coeficiente de idade que, para a estrutura em questão, é de 0,65. Assim, a resistência estimada para o concreto através do ensaio de esclerometria é de 28 MPa. Este resultado, entretanto, foi desconsiderado em função dos resultados obtidos através do ensaio de penetração de pinos, mais confiável, já que o ensaio de esclerometria mede mais a dureza superficial do que a resistência do concreto propriamente dita.

c. Ensaio de pulso ultrasônico. Os ensaios de iso-velocidade realizados, baseados na ASTM C 597, mostraram que o concreto se apresentava homogêneo.

Tabela 1: Resultado do ensaio de penetração de pinos na estrutura

	P1	P2	P3	P4	Laje (anel superior)
E1	24.7	12.7	22.5	27.7	29.3
E2	18.0	13.5	27.7	25.0	22.7
E3	22.6	24.3			

Tabela 2: Resultado dos ensaios de esclerometria

Elementos Estruturais	Valores de Dureza Superficial				
Pilar P1 (menor dimensão)	46	44	53	48	45
Pilar P1 (maior dimensão)	45	48	44	40	48
Pilar P2 (menor dimensão)	44	40	44	43	47
Pilar P2 (maior dimensão)	44	48	44	46	45
Pilar P3 (menor dimensão)	46	44	46	44	46
Pilar P3 (maior dimensão)	44	36	44	44	45
Pilar P4 (menor dimensão)	49	55	41	44	50
Pilar P4 (maior dimensão)	45	50	44	48	44

d. Ensaio para determinação da profundidade de carbonatação. Foi realizada uma análise do grau de carbonatação do concreto da estrutura, através da utilização de fenolftaleína. Foi encontrada carbonatação intensa nas proximidades dos encontros de elementos estruturais, mas, de uma forma geral, constatou-se uma baixa penetração da carbonatação, mostrando que as barras das armaduras estavam imersas em meio alcalino, não sendo a carbonatação, portanto, a responsável pela corrosão destas barras.

As vistorias permitiram levantar as seguintes anomalias nos elementos estruturais:

- (i) **Pilares** - Foram observadas fissuras longitudinais que indicaram a corrosão das armaduras, conforme mostrado na Figura 4. Embora o ensaio de determinação da profundidade de carbonatação nos elementos estruturais tenha revelado que o concreto dos pilares possuía pH alcalino, as barras da armadura apresentavam-se com processo de corrosão instalado, em virtude de seus pequenos cobrimentos (em alguns casos menores que 1,0 cm). Todos os pilares (P1, P2, P3 e P4) apresentavam armaduras expostas e com perda de seção, principalmente nas regiões em contato com as lajes de cobertura da área reservada para depósito/banheiro e com o anel intermediário. Quanto ao pilar P2, o processo de corrosão estava tão adiantado que ele apresentava estribos seccionados até uma altura de aproximadamente 50 cm a partir da laje de cobertura do depósito/banheiro.
- (ii) **Laje (anel intermediário)** - As armaduras positivas apresentavam-se expostas e com alto grau de corrosão, estando mesmo várias barras rompidas (Figura 5). Isto se devia basicamente a dois fatores: ausência de pingadeiras e cobrimento insuficiente (em alguns pontos, inexistente), caracterizando falhas tanto de projeto como de construção.
- (iii) **Reservatório elevado** - A parte inferior do reservatório apresentava pontos com perda da camada de cobrimento, com exposição e oxidação de armaduras. A superfície lateral externa apresentava infiltrações, além de alguns pontos com perda de cobrimento, exposição e oxidação de armaduras (Figura 6). A tampa do reservatório apresentava-se em bom estado de conservação, porém a abertura destinada à visita encontra-se deteriorada (Figura 7). A análise dos resultados dos ensaios e dos levantamentos de campo permitiu detectar a necessidade de se proceder a uma recuperação em toda a estrutura. Não houve necessidade de reforço, visto que o concreto apresentou boa resistência à compressão e as armaduras existentes mostraram-se suficientes, conforme cálculo realizado, para resistir às solicitações. Porém, a armadura transversal dos pilares apresentava perda acentuada de seção, sendo então necessário a sua complementação. Devido ao grande percentual de barras de armaduras oxidadas e ao custo elevado de uma recuperação deste elemento estrutural, optou-se por demolir o anel intermediário e, em seu lugar, construir uma viga de seção 20 cm x 40 cm. Para a realização dos trabalhos de recuperação é necessário prever um fornecimento de água alternativo, através de uma caixa d'água de volume suficiente para a demanda local.



Figura 4: Aspecto da deterioração dos pilares



Figura 5: Aspecto da deterioração da laje do anel intermediário



Figura 6: Aspecto da deterioração da laje de fundo e paredes do reservatório



Figura 7: Aspecto da deterioração da laje superior do reservatório

PROJETO DE RECUPERAÇÃO

O projeto de recuperação consiste em uma série de especificações dos serviços a serem realizados, com exceção das vigas que substituirão o anel intermediário, cujas armaduras foram totalmente detalhadas. A relação de serviços (e suas especificações) é a seguinte:

Serviços preliminares. Os serviços preliminares consistem de mobilização e instalação do canteiro de obras, e colocação de andaimes tubulares tipo "torre", onde deverão ser montadas as plataformas de madeira necessárias para a realização dos serviços.

Pilares. Os serviços a serem realizados são os seguintes: remoção de argamassa superficial de acabamento; corte do concreto até a profundidade de 5 cm; apicoamento superficial nos trechos onde a armadura se encontrar em bom estado de conservação; limpeza das armaduras; limpeza das superfícies de concreto com jato de areia úmido a alta pressão; lavagem das superfícies com jato d'água; colocação de armadura de complementação; colocação de fôrmas; aplicação de microconcreto de alto desempenho ou grout, de forma a que o cobrimento das armaduras seja de 2,5 cm, no mínimo; e acabamento de pedreiro com desempenadeira de madeira.

Fundo e paredes do reservatório d'água. Os serviços são os seguintes: remoção da argamassa superficial de acabamento; corte do concreto até a profundidade de 1 cm além das armaduras ou o diâmetro da barra – o que for maior; apicoamento superficial nos trechos onde a armadura se encontrar em bom estado de conservação; limpeza das armaduras; limpeza das superfícies com jato de areia úmido a alta pressão; lavagem das superfícies com jato d'água; injeção das fissuras com resina epoxi de baixa viscosidade; re-impermeabilização interna da caixa; aplicação de grout para reconstituição da seção ou de argamassa de cimento e areia modificada com epoxi, de forma a que o cobrimento das armaduras seja de 2,5 cm; e acabamento de pedreiro com desempenadeira de madeira.

Tampa do reservatório d'água. São os seguintes os serviços a serem realizados: remoção da argamassa superficial de acabamento, nas faces superior e inferior da laje; apicoamento superficial; lavagem das superfícies com jato d'água; e aplicação de argamassa autonivelante.

Substituição do anel intermediário. Todos os serviços aqui especificados deverão ser realizados para cada trecho do anel, ou seja, entre cada dois pilares, sendo que poderão ser realizados simultaneamente em dois trechos diametralmente opostos, para evitar a desestabilização da estrutura do Castelo. Os serviços são os seguintes: demolição da laje do anel; preparação das superfícies dos pilares para o recebimento das novas armaduras (corte e apicoamento seguidos de limpeza); colocação das fôrmas em posição; colocação das armaduras; aplicação de resina epoxi na seção de ligação e concretagem imediatamente após. A Figura 8 mostra o projeto das vigas.

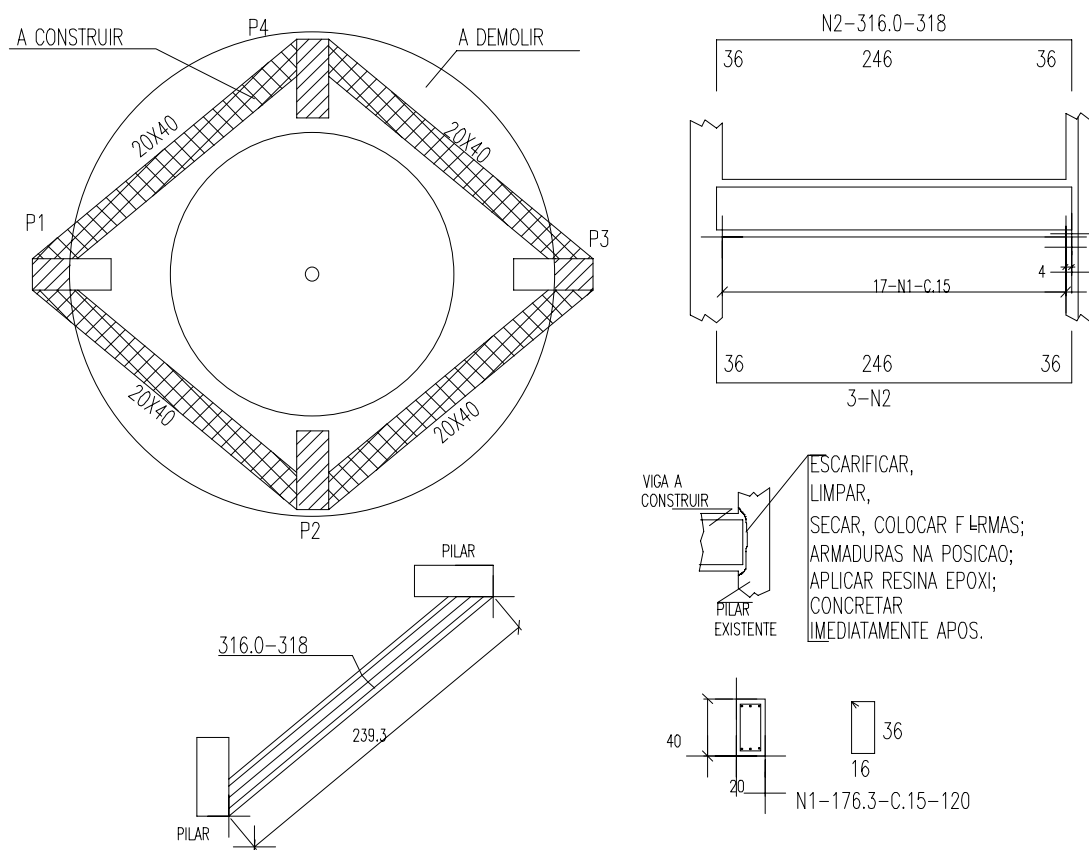


Figura 8: Detalhe das vigas intermediárias

CONCLUSÕES

Neste trabalho mostrou-se o nível de deterioração que uma estrutura de um Castelo D'água pode atingir por falta de manutenção e em virtude de erros congênitos de projeto e de execução. Mostrou-se ainda um projeto para recuperação da estrutura, com todos os cuidados necessários para o prolongamento de sua vida útil. Apenas obras em concreto armado bem projetadas e construídas e com manutenção permanente podem ter sua vida útil garantida nos dias de hoje, em virtude do alto grau de agressividade do meio ambiente de centros urbanos, especialmente daqueles nas proximidades do mar. Quando se trata de estruturas sob a responsabilidade de órgãos públicos, mesmo sendo este órgão uma universidade, o problema se agrava, já que não há uma política de manutenção eficiente, que implica em vistorias periódicas e pequenos reparos que podem prolongar a vida útil destas estruturas.

REFERÊNCIAS

- Ragone, A.A., Araujo, A.E.P., Alexandre, I.F., Souza, M.I., Pereira, V.C.N. (1998) “Recuperação estrutural do Castelo D'água do Mequinho”, Trabalho Final de Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto, Universidade Federal Fluminense, Niteroi, 33 p.
- De Souza, V.C.M., Ripper, T. (1998). Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto, PINI, São Paulo, 250 p.

