

# Reforço e Recuperação da Verticalidade de um Reservatório Elevado.

Juliane A. F. Marques

Responsável técnica da AGM Geotécnica Ltda. DSc, Prof<sup>ª</sup>. do CESMAC. Maceió, Alagoas.

Abel Galindo Marques

Diretor da AGM Geotécnica Ltda. MSc, Prof. Adjunto da UFAL – Maceió, Alagoas.

**RESUMO:** Trata-se do reforço das fundações e da recuperação da verticalidade de um reservatório elevado com 32 m de altura, capacidade de 250 m<sup>3</sup> de água e que apresentava um desaprumo de 65 cm. Destaca-se nesse trabalho, a solução original empregada para fazer o reservatório voltar à sua verticalidade inicial, sem a utilização de macacos hidráulicos. Esse reservatório, que se apoiava em 8 pares de estacas metálicas com 20 m de comprimento, voltou ao prumo normal, seccionando-se essas estacas metálicas, gradativamente, até apoiar-se completamente nas novas fundações. Estas se constituíram de 24 estacas tipo Rotativas-Injetadas (estacas escavadas de pequeno diâmetro), comprimento médio de 18 m, e sendo 3 estacas por pilar (duas trabalhando a compressão e uma a tração).

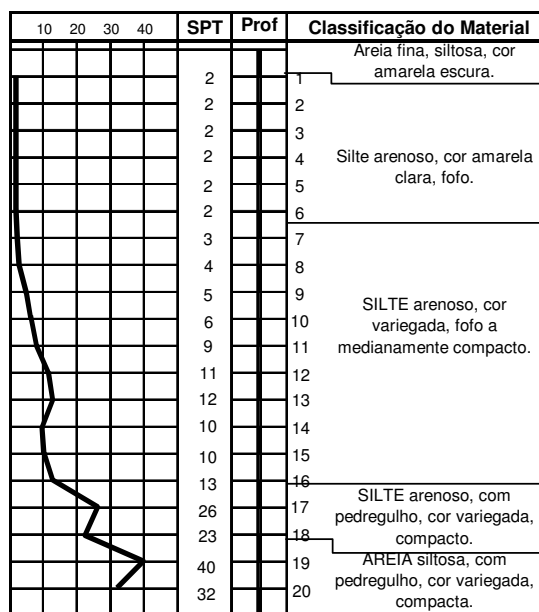
**PALAVRAS-CHAVE:** Reservatório, Reforço, Estacas Rotativas Injetadas, Estabilidade.

## 1 INTRODUÇÃO

Nova Descoberta é um município do Estado de Sergipe, que se situa a uns 80 km, na direção oeste, aproximadamente, da cidade de Aracaju, capital do Estado. O reservatório em referência, apresentado na Figura 1, foi construído num terreno localizado neste município, cujo perfil geotécnico é mostrado na Figura 2.



Figura 1. Reservatório em referência.



Obs. O NA não foi encontrado.

Figura 2. Perfil de Subsolo.

Destaca-se que um outro reservatório com dimensões um pouco menores que este, construído sobre um radier circular, exatamente neste mesmo local, desabou logo após a sua conclusão.

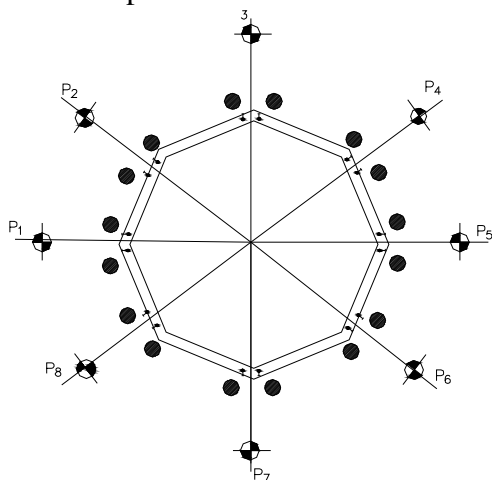
Após pouco mais de um ano dessa ocorrência, iniciou-se a construção de um novo

reservatório, com diâmetro de 6,30 m (o anterior era de 5 m) para 250 m<sup>3</sup> d'água, com altura de 30,5 m, apoiado em 16 estacas metálicas (TR-37), sendo 2 por pilar e comprimento médio de 18 m, segundo o boletim de cravação.

Oito meses após a conclusão desse segundo reservatório, observou-se que ele estava inclinado. Ele foi esvaziado e constatou-se que o seu desaprumo já era de 65 cm. Diante do problema, tomaram-se providências para que as suas fundações fossem reforçadas e que ele voltasse para sua verticalidade original.

## 2 REFORÇO DAS FUNDAÇÕES

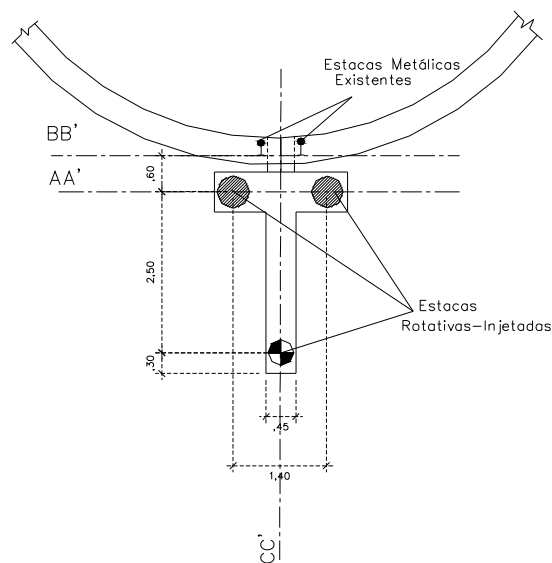
Para o reforço das fundações projetaram-se 24 estacas, tipo Rotativas-Injetadas, com bulbos (detalhes sobre essas estacas ver Marques 1997 e Marques 2004), comprimento variável entre 18 e 20 m. Dessas, 16 estacas foram projetadas para cargas de compressão de 550 kN (diâmetro de 40 cm) e 8 estacas para 200 kN de tração (diâmetro de 30 cm). O projeto geotécnico e estrutural de fundações obedeceu as recomendações das NBR 6122/96 e NBR 6118/03. A Figura 3 mostra a disposição das estacas metálicas existentes antes do reforço, e as estacas Rotativas-Injetadas que trabalharam à tração e à compressão.



- LEGENDA:
- ↓ Estaca Metálica Existente
  - Estaca de Tração
  - Estaca de Compressão

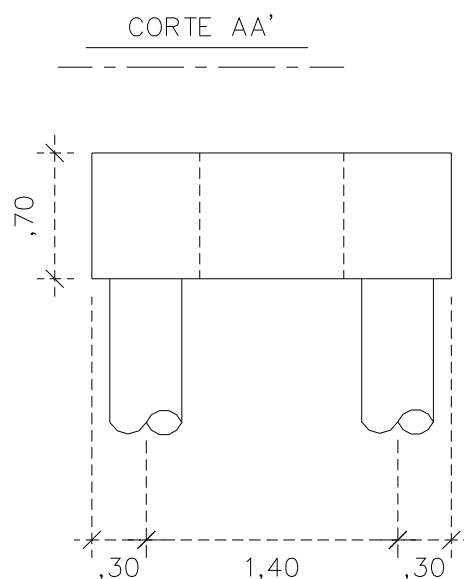
Figura 3. Disposição das 24 estacas Rotativas-Injetadas.

Nas Figuras 4 e 5, têm-se o detalhe do conjunto das estacas à compressão e à tração, em cada ponto de apoio.



Obs.: Unidades em metros.

Figura 4. Distribuição das estacas em cada ponto de apoio.



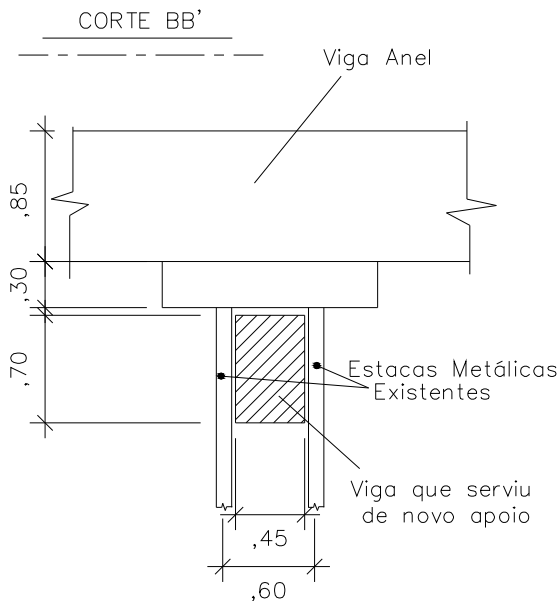
Obs.: Unidades em metros.

Figura 5. Detalhe do bloco de coroamento (corte AA').

O bloco de coroamento foi projetado em formato de uma cruz e passava sob o bloco das estacas metálicas existentes e entre elas, como é apresentado nas Figuras 6 e 7.

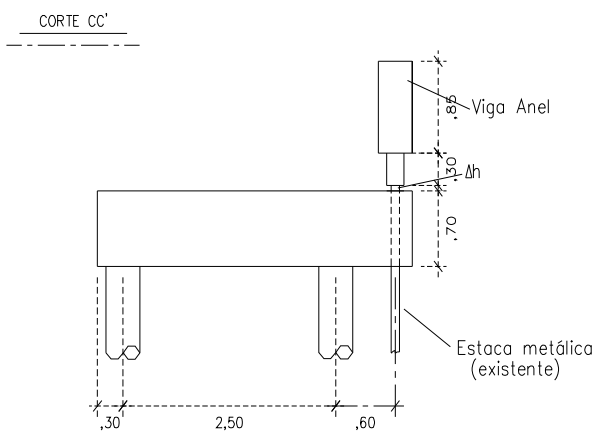
Esses novos blocos de coroamento foram posicionados (nivelados) para receber

gradativamente as cargas dos pilares no momento em que as estacas existentes fossem cortadas, ver Figura 8.



Obs.: Unidades em metros.

Figura 6. Detalhe do bloco de coroamento (corte BB').



Obs.: Unidades em metros

Figura 7. Detalhe do bloco de coroamento (corte CC').

### 3 RECUPERAÇÃO DA VERTICALIDADE

A idéia inicial para se recuperar a verticalidade do reservatório, sem traumas, era preencher o espaço existente entre o novo bloco de coroamento e o já existente, que chegava a próximo de 10 cm, com argamassa de baixa

resistência, que seria retirada após o corte das estacas metálicas, à medida que o reservatório iria se apoiando nos dormentes de madeira, colocados sob a viga anel, nos trechos entre os blocos de coroamento existentes. No campo, essa solução se mostrou impraticável, porque as áreas que sobravam, entre os pilares após a execução dos novos blocos de coroamento, eram muito pequenas.

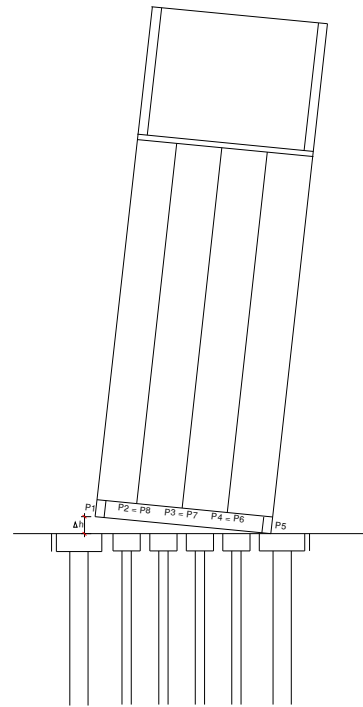


Figura 8. Esquema do desaprumo e recuperação da verticalidade do reservatório.

Com base na NBR 8800/86 e, principalmente, na experiência de operações com cortes de maciço de grandes estruturas metálicas verticais, decidiu-se utilizar esse conhecimento para cortar, de forma alternada, as 14 estacas metálicas (duas não precisavam ser cortadas, pois o espaço entre o novo e o antigo bloco de coroamento era zero). Assim, à medida que o maçarico cortava as estacas metálicas que sustentavam determinado pilar, este descia 3 a 4 mm. Esta operação durou mais de uma semana, pois tinha que ser executado de forma muito cuidadosa e lenta.

Pequenas fissuras que poderiam ocorrer nas vigas de travamento que interligavam pilares diametralmente opostos, de fato se concretizaram. Como essas fissuras eram

inofensivas ao que essas vigas se destinavam, dispensou-se o reforço delas.

Ao final, devido a sua deformação elástica, diante dos esforços que ocorreram durante a operação de reaprumo, o reservatório ficou com desaprumo insignificante máximo de 4 cm, que corresponde a 0,125% da sua altura.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises de estabilidade do reservatório mostraram que na direção vertical, a carga máxima atuante, de compressão, na estaca era de 420 kN e a resistente projetada foi de 550 kN (a carga de tração atuante calculada foi de 170 kN e a projetada de 200 kN). Na direção horizontal os novos blocos de coroamento ficaram impedidos de deslocamentos horizontais, visto que as estacas de trilho foram cortadas uns 15 cm abaixo do fundo do bloco de coroamento já existente e os novos blocos ficaram entre essas estacas que foram seccionadas. Além do mais, as estacas trilhos do bloco, que foi considerado como referência para o nivelamento dos novos blocos de coroamento, não foram cortadas.

Quanto ao tombamento, as análises mostraram que a linha de ação da resultante das cargas verticais e horizontais passava a 60 cm do eixo vertical do reservatório, e que o momento contra o tombamento era aproximadamente 3,5 vezes maior que o de tombamento (ação dos ventos). Dessa forma concluiu-se que não havia nenhum risco do reservatório ficar simplesmente apoiado nos blocos de coroamento.

Assim, no estudo realizado para o reaprumamento do reservatório, destaca-se a simplicidade da solução e o custo operacional que foi bem menor que o das outras soluções analisadas.

#### REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (2003).: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento: NBR 6118/03. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS

- TÉCNICAS - ABNT (1996).: Projeto e Execução de Fundações: NBR 6122/96. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (1986).: Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios: NBR 8800/86. Rio de Janeiro.
- MARQUES, J.A.F. (2004). *Estudos de Estacas Escavadas de Pequeno Diâmetro, com Bulbos, Instrumentadas em Profundidade, em Terrenos Sedimentares*. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 319p.
- MARQUES, J.A.F. (1997). *Execução e Previsão de Capacidade de Carga de Estacas Rotativas-Injetadas*. EESC, São Carlos, dissertação (mestrado), 124p.