

25º. Encontro Técnico AESABESP

RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO E SUBSTITUIÇÃO DA LAJE DE COBERTURA DO RESERVATÓRIO R18 – JD. SATÉLITE, INTEGRANTE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS / SP

Gustavo Sousa Nilo Bahia Diniz⁽¹⁾

Engenheiro Civil - Escola de Eng^a Mauá;

Pós-Graduação em Eng^a de Saneamento Básico - Faculdade de Saúde Pública USP;

Pós-Graduação em Meio Ambiente e Sociedade - Fundação Escola de Sociologia e Política de São Paulo;

MBA em Gestão Empresarial – Fundação Getúlio Vargas - FGV.

Desde 2004 responde como Gerente do Setor de Produção da Sabesp, em São José dos Campos / SP.

Mauro Roberto Oshiro 2

Engenheiro Civil – Faculdade de Engenharia de São José dos Campos - FESJC;

Extensão Universitária em Estruturas de Concreto – POLI / USP

Desde 2011 responde como Engenheiro pelo Setor de Produção da Sabesp, em São José dos Campos / SP

Endereço⁽¹⁾: Rua Paulo Setúbal, 19 - Vila Adyana – São José dos Campos - SP - CEP: 12245-460 - Brasil
- Tel: +55 (12) 3904-3234 - Fax: +55 (12) 3904-3204 - e-mail: gmbdiniz@sabesp.com.br

RESUMO

Este trabalho apresenta as atividades desenvolvidas para evitar o colapso das estruturas do Reservatório R18 – Jd. Satélite, integrante do Sistema de Abastecimento de Água da cidade de São José dos Campos/SP. Os trabalhos contemplam a recuperação das estruturas de concreto pilares e paredes, e substituição da laje e vigas da cobertura deste Reservatório.

PALAVRAS-CHAVE: Reservatório, Estrutura de Concreto, Abastecimento de Água.

1. INTRODUÇÃO

O Reservatório R.18 Jardim Satélite conta com mais de 40 anos desde sua inauguração, tendo sofrido diversas intervenções sem que haja registros históricos e demais informações confiáveis para subsídio e tomada de decisões quanto a novas intervenções.

Foi constatada durante vistorias preventivas a necessidade de recuperação das estruturas de concreto, em especial sua laje de cobertura, com risco de colapso da estrutura e do abastecimento, por consequência, caso nenhuma ação fosse adotada.

Este trabalho registra a intervenção de recuperação nas estruturas de concreto, pilares, paredes, vigas e laje, e também detalhar o desenvolvimento das atividades realizadas.

2. OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é apresentar as atividades desenvolvidas para evitar o colapso das estruturas do Reservatório R18 – Jd. Satélite, integrante do Sistema de Abastecimento de Água da cidade de São José dos Campos/SP, o que inclui a recuperação das estruturas de concreto e substituição da laje de cobertura deste Reservatório. Esta atividade é essencial para garantir ininterruptamente a qualidade do produto água tratada, bem como a quantidade de água, garantindo o uso do reservatório como centro de reservação e distribuição.

3. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO ÁGUA - RESERVAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

São José dos Campos contabilizou em dez/2013, uma população com mais de 670.000 habitantes.

O sistema principal de abastecimento de água de São José dos Campos é composto por uma captação em manancial superficial – Rio Paraíba do Sul, e poços profundos, seguido de tratamento em estação convencional (floculação – decantação – filtração). Após tratamento, a água passa ao reservatório de água tratada que tem capacidade de 18.000 m³– figura 1.



FIGURA 1: Sistema principal de abastecimento de água de São José dos Campos e reservatório central

Deste reservatório saem cinco adutoras, sendo duas com diâmetro de 300 mm, duas com diâmetro de 500 mm e uma com diâmetro de 600 mm, que se dividem em quatro anéis, a saber:

- Anel Leste (em direção ao Bairro Tatetuba);
- Anel Oeste (em direção ao Bairro Jd. das Industrias);
- Anel Norte (em direção ao Bairro Altos de Santana), e
- Anel Sul (em direção ao Bairro Jd. Satélite), onde a água passa ao Reservatório de água tratada R.18 que é o centro de reservação e distribuição da Zona Sul da cidade.

3.1. RESERVATÓRIO R.18 – JD SATÉLITE

O Reservatório R18 – Jardim Satélite tem capacidade de reservação de 8.000 m³, separado em duas células ou câmaras de 4.000 m³ cada, funcionando como centro de reservação e também como centro de transferência de água tratada (distribuição) da Zona Sul. Enquanto toda a cidade de São José dos Campos tem 72 reservatórios com capacidade total de reservação de 77.343 m³, o Sistema da Zona Sul é composto de 13 reservatórios interligados, que totalizam 19.898 m³, conforme exposto na figura 2.

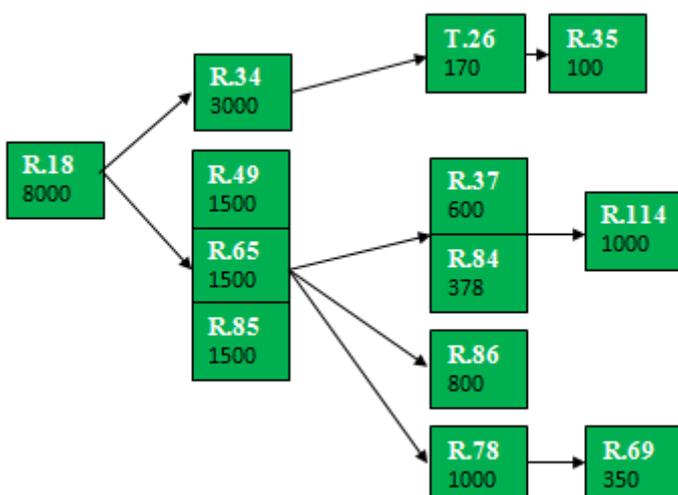


FIGURA 2: Esquemático de reservação e transferência para o abastecimento de água da Zona Sul de São José dos Campos.

Este reservatório R.18 é responsável pelo abastecimento da Zona Sul que atendem os seguintes bairros principais do município de São José dos Campos: Jardim Satélite, Parque Industrial, Chácaras Reunidas, Conjunto Industrial Eldorado, Morumbi (parte), 31 de Março, Vale do Sol, Terras do Sul, entre outros, correspondendo a 62.529 ligações de água e 79.827 economias de água (dezembro/2013). Na tabela 1 segue a relação de Ligações de Água e Economias de Água por sistemas de abastecimento atendidos pelo reservatório R.18 – Jardim Satélite.

Reservatório por Sistema	Nº Ligações	% da Região	% da Cidade	Nº Economias	% da Região	% da Cidade
	R.18 - Jd Satélite	26.503	35,3	14,84	39.853	43,0
R.34 - Bosque	10.334	13,8	5,79	13.235	14,3	5,68
R.37 - Colonial	5.866	7,8	3,29	5.961	6,4	2,56
R.49 - Jd Morumbi	14.278	19,0	8,00	14.637	15,8	6,28
R.69 - Pq Interlagos	2.866	3,8	1,61	3.401	3,7	1,46
R.86 - Res União	2.682	3,6	1,50	2.740	3,0	1,18
Total Sistema R.18	62.529		35	79.827		34

TABELA 1 - Relação de Ligações de Água e Economias de Água por sistemas de abastecimento atendidos pelo reservatório R.18 – Jardim Satélite.

4. MATERIAIS E MÉTODO PARA RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO E LAJE DE COBERTURA DO RESERVATÓRIO R.18 – JARDIM SATÉLITE

Seguindo procedimento interno da Sabesp que determina a lavagem e desinfecção dos reservatórios rotineiramente, aproveitamos essas intervenções para realizar inspeções preventivas das condições da estrutura interna dos reservatórios – anexo figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.



FIGURA 3 – Inspeção preventiva Laje de cobertura



FIGURA 4 – Limpeza e Inspeção preventiva - Vista parcial do interior da câmara



FIGURA 5 – Inspeção preventiva laje de cobertura com oxidação de armaduras.



FIGURA 6 – Parede externa: ponto com armadura exposta e oxidada, pontos com umidade e carbonatação..



FIGURA 7 – Parede externa: ponto com armadura exposta e oxidada, pontos com umidade e carbonatação..



FIGURA 8 – Material do deslocamento da capa de concreto da face interna da laje de cobertura e das vigotas.



Figura 9 - Viga com armaduras oxidadas.



Figura 10 - viga com oxidação da armadura provocando a expulsão da capa de concreto.

5. DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS PARA RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DO RESERVATÓRIO R18 (JD. SATÉLITE)

5.1 – DISPOSIÇÕES GERAIS

A execução dos serviços propostos para recuperação das estruturas do reservatório R18 exige seguir critérios rigorosos de programação pré-estabelecidos, ou seja, as frentes de serviços iniciadas tinham de estar concluídas e prontas a ponto de ter condições estruturais da célula entrar em operação no final do período de parada. Tais medidas de recuperação visam a garantir a confiabilidade operacional, a conservação do reservatório e preservação da vida útil.

As etapas principais consistem em:

- Detalhamento executivo (elaborar projeto executivo da nova laje de cobertura);
- Demolições (laje existente);
- Execução da nova laje e vigamento;
- Tratamento superficial e recuperação estrutural do concreto (recuperação externa e interna das estruturas do reservatório);
- Locação e cadastro de obras (elaboração do cadastro de obra localizada e “as built”).

5.2 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

5.2.1 – Serviços Preliminares

Para execução da laje de cobertura, foi executado antes do início das obras o projeto executivo, com detalhamento e recolhimento da respectiva ART, no prazo máximo de dois meses após emissão da autorização de serviço, para entrega definitiva.

O projeto para substituição da laje inclui o projeto para remoção/demolição da mesma.

Os projetos e a execução das estruturas obedeceram às instruções contidas na NBR 6122 e nas Normas listadas no item 8.6 do Livro Azul Sabesp – Especificações Técnicas, Regulamentação de Preços e Critérios de Medição. Obedeceram também as normas brasileiras vigentes sobre concreto armado. O recobrimento da armadura da laje deverá atender as Normas vigentes para estrutura de concreto em contato com gases agressivos.

Constaram os detalhamentos de formas (tal como beiral) e armaduras, especificação do concreto e tipo de aço.



FIGURA 12 – Demolição da laje de cobertura



FIGURA 13 – Demolição da laje de cobertura



FIGURA 14 – Demolição da laje de cobertura



FIGURA 15 – Vista da laje de cobertura



FIGURA 16 – Demolição da laje de cobertura



FIGURA 17 – Vista da laje de cobertura



FIGURA 18 – Demolição da laje de cobertura



FIGURA 19 – Vigas comprometidas

5.2.2 – Paredes, Laje de cobertura e Pilares

5.2.2.1 - Paredes (face externa)

Nas fissuras com infiltração, recomendamos a injeção desses pontos com espuma de poliuretano hidro-reativo seguida de gel de poliuretano; no caso do serviço ser executado com o reservatório descarregado, utilizar somente injeção de gel de poliuretano (preferencialmente deverá ser adotada esta segunda opção, e em caso contrário justificado a primeira opção para aprovação da Fiscalização); para tanto, proceder à marcação desses pontos com o reservatório carregado, de preferência com seu nível máximo de água. Figuras 20 e 21 anexas.

O tratamento das armaduras expostas deverá ser executado através de demarcação da área com disco de corte, esscarificação da superfície de concreto até liberação da armadura, lixamento da armadura, limpeza do local com jateamento de ar comprimido, proteção da armadura com tinta com alto teor de zinco. A recomposição da superfície de concreto deverá ser executada com argamassa polimérica de no mínimo 3,0 cm de espessura após limpeza do local com hidro-jateamento e aplicação de ponte de aderência.

Proceder à pintura com látex acrílico de forma a proporcionar uma mínima proteção às intempéries.



FIGURAS 20 e 21 – Parede vazamento forte após esscarificação; e vazamento estancado com espuma

5.2.2.2 - Laje de cobertura (face externa)

Visto que a laje de cobertura foi executada com painéis pré-moldados de concreto armado e, devido à generalizada exposição e oxidação das armaduras, dentre as alternativas que poderíamos utilizar para a recuperação da mesma, optamos pela sua substituição, inclusive as vigotas.

Para proteção e impermeabilização da nova cobertura, solicitamos executar regularização de base, instalação de manta asfáltica, execução de camada de proteção térmica e mecânica. Quando da execução da impermeabilização recomendamos prever caimento para o escoamento de águas pluviais. Figuras 22 e 23.

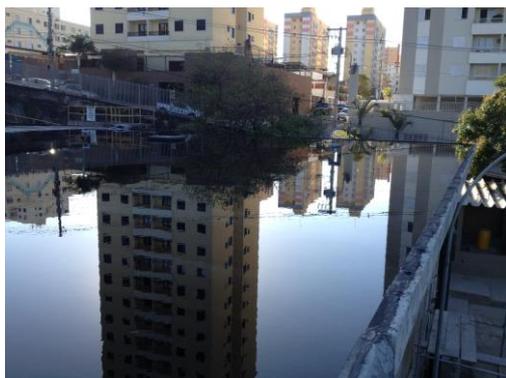


FIGURA 22 – Impermeabilização da Laje – teste



FIGURA 23 – Proteção laje cobertura

5.2.2.3 - Paredes (face interna)

Nos locais com reparos deteriorados ou com fissuras, recomendamos demarcar a área de reparo com disco de corte, escarificar o local e preencher com mastique elástico base poliuretano.

O tratamento das armaduras expostas foi executado, através de demarcação da área com disco de corte, escarificação da superfície de concreto até liberação da armadura, lixamento da armadura, limpeza do local com jateamento de ar comprimido, proteção da armadura com tinta com alto teor de zinco. Já a recomposição da superfície de concreto foi executada com argamassa polimérica de no mínimo 3,0 cm de espessura após limpeza do local com hidro-jateamento e aplicação de ponte de aderência.

Os locais com segregação do concreto foram delimitados com disco de corte, escarificados e preenchidos com graute mineral, e suas formas estanque. No entorno da tubulação de entrada de água, procedeu-se à instalação de mastique base poliuretano na interface aço/concreto.

Na mísula e base das paredes, onde há um pequeno engrossamento, ambas protegidas com pintura epoxídica, remover totalmente esta pintura epoxídica através de uma escarificação superficial para remoção total da pintura supra citada. Após a limpeza da área, executar estucamento com adesivo de resina acrílica.

Essa proteção foi estendida ao restante da área das paredes, sendo executada após limpeza e estucamento da superfície. Detalhes nas figuras de 24 a 27, abaixo.



FIGURA 24 – detalhe da recuperação Parede



FIGURA 25 – detalhe da Parede em recuperação



FIGURA 26 – Recuperação interna paredes



FIGURA 27 – detalhe da nova chegada de água

5.2.2.4 - Laje de cobertura (face interna) / vigas

Após a laje ter sido substituída, efetuou-se a pintura de verniz poliuretano para proteção da mesma.

Porém as vigas, após início da demolição da laje de cobertura, constatou-se que apresentavam fissuras no fundo e/ou pontos com armaduras expostas e oxidadas, inclusive deixando à mostra as armaduras em quantidades muito superiores às identificadas no Relatório de Inspeção Técnica, inviabilizando essa recuperação, motivo pelo qual foram também demolidas, dimensionadas e concretadas novas vigas em conjunto com a laje de cobertura. A proteção das vigas foi conferida com o mesmo material utilizado para impermeabilizar a laje de cobertura. Detalhamento de atividades figuras de 28 a 34.



FIGURA 28 – Demolição das Vigas



FIGURA 29 – Preparação de armação e formas



FIGURA 30 – Preparação de armação e formas



FIGURA 31 – Concretagem da laje



FIGURA 32 – Comparativo das tampas de acesso



FIGURA 33 – Recuperação laje superior



FIGURA 34 – Proteção superfície interna seca

5.2.2.5 - Pilares

O tratamento das armaduras expostas foi executado através de demarcação da área com disco de corte, escarificação da superfície de concreto até liberação da armadura, lixamento da armadura, limpeza do local com jateamento, de ar comprimido, proteção da armadura com tinta com alto teor de zinco. A recomposição da superfície de concreto foi executada com argamassa polimérica após limpeza do local com hidrojateamento e aplicação de ponte de aderência.

Se fez necessário proteger as faces dos pilares e bases com verniz poliuretano após limpeza e estucamento das superfícies. Ver figuras de 35 a 37.



FIGURA 35 – Preparação dos Pilares



FIGURA 36 – Preparação dos Pilares



FIGURA 37 – Preparação de armação e formas

5.2.2.6 - Informações de alguns produtos utilizados na recuperação

✓ **Tratamento flexível com injeção de espuma à base de poliuretano hidroativo.**

Produto bicomponente isento de solventes, de baixa viscosidade e penetração em trincas com abertura > 0,2 mm.

Após contato com água deve reagir entre 30 a 60 segundos e expandir seu volume cerca de 40 vezes (em local não confinado), ter boa aderência em superfícies úmidas e boa resistência química.

✓ **Tratamento flexível com injeção de gel à base de poliuretano**

Produto bicomponente apropriado para uso em estruturas em contato com água potável, isento de solventes, de baixa viscosidade e penetração em trincas com abertura > 0,1 mm.

Quando em contato com água não deve formar espuma, ter boa aderência em superfícies úmidas e boa resistência química.

✓ **Impermeabilização com manta asfáltica modificada com polímeros e estruturada com poliéster E=4,0mm**

Manta à base de asfalto modificado com polímeros e estruturada com uma armadura não tecida de filamento de poliéster, tipo II, classe C com espessura de 4 mm, com acabamento de polietileno.

✓ **Revestimento impermeabilizante mineral de alta resistência química espessura de 5 mm**

Sistema de proteção de superfície de concreto com revestimento de base mineral isento de aluminato tricálcico (C₃A) para proteção contra ambientes agressivos e sulfatos deverá atender aos desempenhos mínimos descritos a seguir:

- Resistência química comprovada a ambientes e líquidos com pH variando entre 3,5 e 14,;
- Resistências elevadas a águas agressivas – DIN 4030 e DIN 1045, parte 2;
- Impermeável a água – NBR 10787 e DIN 1048;
- Resistente à penetração de cloretos;
- Resistência ao ataque de sulfatos – isento de aluminato tricálcico (C₃A);
- Resistência a temperaturas elevadas;
- Resistência à ação dos raios UV;
- Aderência em superfícies de concreto > 1,5MPa
- Volume total de poros aos 28 dias < 12,0%
- Volume total de poros aos 90 dias < 10,0%

- Resistência à compressão aos 28 dias > 45 MPa
- Aderência em superfícies úmidas;
- Espessura mínima de 5mm, com alta resistência contra impacto;
- Resistência à abrasão DIN EN 598;
- Aberto a difusão de vapor d'água proveniente do concreto e do lençol freático – SD (*steam diffusion*) $H_2O \leq 4,0m$ (DIN 52615)
- Aplicação em superfícies verticais, horizontais e *overhead*;
- Aplicação com ferramentas manuais ou com equipamentos de projeção;
- Disposição dos rejeitos amigável ao meio-ambiente;
- Fácil manutenção.

✓ **Impermeabilização com resina epóxi base aquosa aberta à difusão de vapor de água**

O produto deverá permitir aplicação em substratos levemente úmidos, ser aberto à difusão do vapor de água e oferecer elevada resistência química e mecânica.

Resistência ao arranque aos 7 dias de aproximadamente 5 MPa.

✓ **Graute mineral**

Microconcreto de alta resistência inicial e final, composto por cimento Portland, agregados controlados e aditivos especiais, desenvolvido especificamente para reparos em estruturas de concreto, auto-adensável com excelente aderência a substrato de concreto.

5.2.2.7 – Fiscalização e Acompanhamento Técnico

Realizada Fiscalização e Acompanhamento Técnico antes e durante todo o desenrolar das atividades de recuperação do reservatório R18. Segurança do trabalho – figura 38, Fiscalização e Acompanhamento Técnico – figura 39.



FIGURA 38 – Segurança: item Obrigatório



FIGURA 39 – Inspeção/Acompanhamento Técnico e Fiscalização da obra

6 – RESULTADOS

Após o término das obras, que duraram pouco mais de um ano, em que as atividades de recuperação se deram isoladamente câmara por câmara, de modo a manter regularizado o abastecimento da Zona Sul de São José dos Campos, os Engenheiros e equipe envolvida nas atividades quer seja da Recuperação das estruturas do Reservatório R.18, quer seja da equipe envolvida nas atividades de abastecimento de água, ambos identificaram todo o desenrolar da obra e suas consequências foram mínimas a sociedade e clientes da Sabesp, sendo caracterizado como um verdadeiro sucesso.

No desenvolvimento do novo projeto estrutural da laje e vigas, aumentou-se o recobrimento da armação, eliminando a causa principal de deterioração da laje antiga.

Foram eliminados os pontos de oxidação, recuperada a laje e vigas de sustentação, recuperado e reforçado os pilares, implementado tratamento impermeabilizante nas estruturas de concreto submersas e não submersas, e principalmente não houve acidentes com os colaboradores em todo o transcorrer da obra. Abaixo figuras 40 e 41 comparativas do antes e depois da obra.



FIGURA 40 – Parede externa antes da obra



FIGURA 41 – Parede externa após obra

7 – CONCLUSÃO

Podemos afirmar que as atividades precedentes ao início dos serviços de recuperação das estruturas de concreto e substituição da laje de cobertura deste Reservatório foram tão importantes quanto as atividades durante a execução em si. O planejamento bem elaborado garantiu a execução dos serviços de maneira tranquila e dentro dos padrões exigidos para uma obra deste porte.

Outro fator decisivo trata-se de mão de obra habilitada e empresa qualificada para sua execução, pois somente uma empresa especializada neste ramo de atividade consegue atender ao padrão elevado exigido em contrato.

A Fiscalização com controle de qualidade em todas as etapas de realização também influenciou positivamente no bom termo das atividades, evitando acidentes e garantindo a condução dos serviços dentro das exigências que as Normas Técnicas estabelecem.

Importante salientar que as boas tratativas entre a operação do sistema de água e a executora das obras devem sempre presar pelo atendimento ao cliente em termos de quantidade e garantia da qualidade da água tratada e distribuída, pois o Cliente este sim é e deve ser sempre o foco principal de atenção de um bom prestador de serviços.

8 – RECOMENDAÇÃO

Para obras deste porte e importância recomendamos:

- inicialmente a assessoria de profissionais qualificados na elaboração de relatório técnico com as condições estruturais do reservatório a sofrer intervenção, bem como nas recomendações de recuperação das estruturas comprometidas, e elaboração do Projeto/Pacote Técnico licitatório de recuperação.
- Garantir a contratação de empresa qualificada e habilitada para execução dos serviços.
- Efetuar a fiscalização diária e constante das obras, sempre registrando as atividades desenvolvidas;
- utilizar materiais e insumos de primeira qualidade, e que sejam referência no mercado nesse tipo de serviço.
- contar com apoio da assessoria de profissionais qualificados para avaliar se a contratada está executando adequadamente os serviços, bem como auxiliar nas adversidades encontradas durante a execução dos serviços.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Relatório N° 2668/07 – Reservatório R18 – São José dos Campos. SABESP, Superintendência de Manutenção Estratégica, Departamento de Engenharia de Manutenção - MME / Inspeção Civil.
2. Especificações Técnicas, Regulamentação de preços e Critérios de Medição – Volume I. SABESP, 3ª Edição, 2010.
3. Procedimento SABESP PE RH 0003 - Segurança, Medicina e Meio Ambiente do Trabalho em Obras e Serviços Contratados.
4. Formulário Auxiliar de Avaliação de Contratada - FE-RH0018 - Contratações de Obras e Serviços de Engenharia.