https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.001

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

# AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM RESERVATÓRIOS DE ÁGUA TRATADA EM CONCRETO ARMADO NO MUNICÍPIO DE GUARATINGUETÁ/SP

Ailton César Teles de Barros[1*], Paulo Ricardo Amador Mendes[2], Maurício de Souza Zago[3], Valdir Oliveira Bechaire[4], João Vitor Pena de Souza[5]

*Autor de contato: actbarros3@hotmail.com (marcado com um asterisco entre os autores)

[1] Engenheiro Civil, Companhia de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá, Guaratinguetá, Brasil
[2] Técnico em Sistema de Saneamento, Companhia de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá, Guaratinguetá, Brasil
[3] Técnico em Segurança do Trabalho, Companhia de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá, Guaratinguetá, Brasil
[4] Técnico em Sistema de Saneamento, Companhia de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá, Guaratinguetá, Brasil
[5] Estagiário de engenharia civil, Companhia de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá, Guaratinguetá, Brasil

## RESUMO

As estruturas das unidades de reservação e armazenamento de água precisam ser avaliadas periodicamente, de forma que haja a integridade das partes constituintes e preservem a qualidade da água a ser distribuída. Para os reservatórios construídos em concreto armado, existem elementos passíveis de deterioração por agentes de natureza líquida e/ou gasosa. A água tratada e os elementos químicos cloro e flúor empregados na complementação do tratamento de água são agentes agressivos às estruturas de concreto armado, vindo a causar avarias com o passar do tempo e alterar a qualidade da água armazenada. O trabalho desenvolvido teve como objetivo avaliar, mediante inspeção visual interna, as manifestações patológicas em estruturas de concreto armado (lajes, vigas e pilares) em reservatório de água tratada na área urbana municipal de Guaratinguetá/SP. Para o tempo de operação aproximado de 38 anos, a unidade de reservação apresenta manchas de oxidação em vigas/pilares e ferragens expostas em lajes (estrutura de cobertura) em área interna.

**Palavras-chave:** reservatório de água tratada; estrutura de concreto armado; patologia estrutural.

## *ABSTRACT*

*The structures of the water reservation and storage units need to be periodically evaluated, so that the integrity of the constituent parts is maintained and the quality of the water to be distributed is preserved. For reservoirs built in reinforced concrete, there are elements susceptible to deterioration by agents of a liquid and/or gaseous nature. Treated water and the chemical elements chlorine and fluorine used to complement the water treatment are aggressive agents to reinforced concrete structures, causing damage over time and altering the quality of the stored water. The objective of this work was to evaluate, through internal visual inspection, the pathological manifestations in reinforced concrete structures (slabs, beams and pillars) in a treated water reservoir in the municipal urban area of Guaratinguetá/SP. For an approximate operating time of 38 years, the reserve unit shows oxidation stains on beams/pillars and exposed hardware on slabs (cover structure) in the internal area.*

***Keywords:*** *treated water reservoir; reinforced concrete structure; structural pathology.*

## 1- INTRODUÇÃO

Nas condições de uso das construções, segundo Bertolini (2010), os materiais também estão sujeitos às ações físico-químicas do ambiente com o qual estão em contato. Bertolini (2010) classifica algumas dessas ações descritas abaixo:

- Ações químicas: preveem uma interação do tipo químico entre o material e as substâncias presentes no ambiente, sendo específicas para cada material.
- Transporte nos materiais porosos: no caso de materiais porosos, como os concretos, as substâncias agressivas tanto em estado gasoso como líquido, podem penetrar através dos poros e agredir o material nas áreas interna e externa.

Estes fenômenos podem, com o passar do tempo, levar a uma perda de desempenho do material, podendo comprometer a utilização da estrutura em relação às funções para as quais foi projetada, ou mesmo a sua segurança estrutural (BERTOLINI, 2010).

As consequências destas variáveis ambientais sobre o desempenho dos materiais são, conforme Bertolini (2010), função do tempo de exposição.

Caso a obra já não possa cumprir suas funções ou não possa fazê-lo pelo tempo requerido, Betolini (2010) descreve sobre a necessidade de uma intervenção de recuperação mediante a especificação de uma ou mais técnicas de intervenção que permitam, com o menor custo possível:

- Interromper a degradação em curso;
- Renovar a funcionalidade e a segurança estruturais;
- Prevenir a degradação da estrutura pelo tempo requerido.

De acordo com Souza e Ripper (1998), salvo os casos correspondentes à ocorrência de catástrofes naturais, os problemas patológicos têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais das atividades inerentes ao processo da construção civil: concepção, execução e utilização.

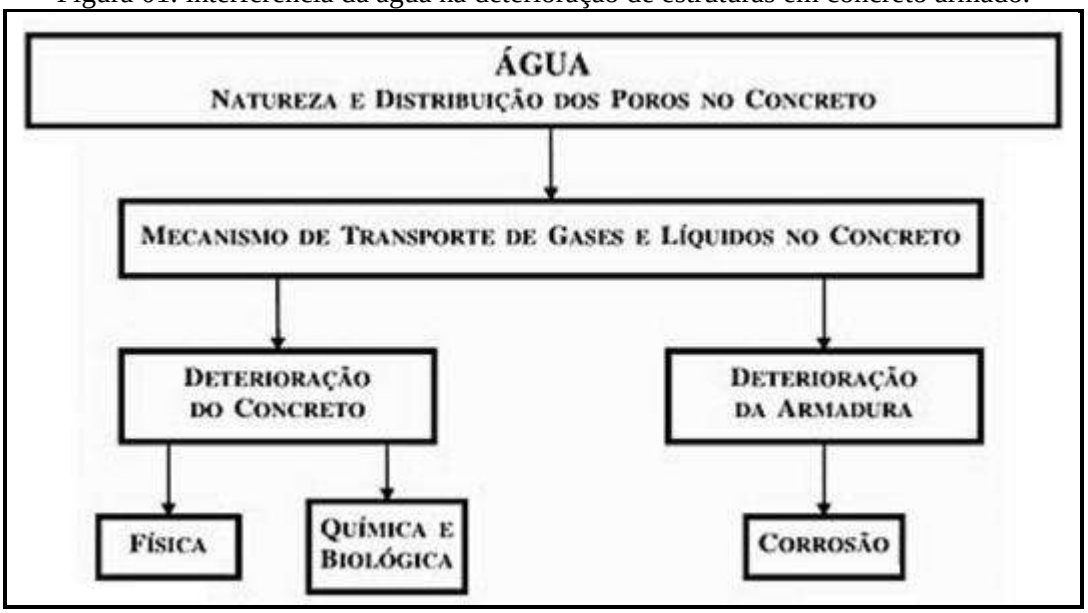
O surgimento de manifestação patológica em dada estrutura indica a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas da construção, além de possíveis falhas também no sistema de controle de qualidade a uma ou mais atividades (SOUZA e RIPPER, 1998).

Na etapa de concepção, Souza e Ripper (1998) descrevem que várias são as falhas possíveis de ocorrer durante a etapa de concepção da estrutura. Elas podem surgir, de acordo com Souza e Ripper (1998), durante o estudo preliminar (através do lançamento da estrutura), na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto de execução, também chamado de projeto final de engenharia.

Uma vez concluídas as etapas de concepção e de execução, e mesmo quando estas etapas tenham sido executadas com a qualidade adequada, as estruturas podem vir a apresentar problemas patológicos oriundos da utilização errônea ou da falta de um programa de manutenção adequado. Desta forma, o usuário (pessoa física ou jurídica), maior interessado em que a estrutura tenha um bom desempenho, poderá vir a ser, por ignorância ou por desleixo, o agente gerador de deterioração estrutural (SOUZA e RIPPER, 1998).

Souza e Ripper (1998) descrevem a inter-relação da água com a durabilidade e desempenho do elemento estrutural. A figura 01 a seguir mostra o potencial de deterioração do elemento água nas estruturas de concreto armado.

Figura 01: interferência da água na deterioração de estruturas em concreto armado.




Fonte: Souza e Ripper adaptado (1998).

Ao analisar uma estrutura de concreto comprometida, é absolutamente necessário entender o porquê do surgimento e do desenvolvimento da patologia, buscando esclarecer as causas, antes da prescrição e consequente aplicação do tratamento necessário. As causas de deterioração das estruturas de concreto podem ser classificadas como intrínsecas (inerentes às estruturas) e extrínsecas (externas ao elemento estrutural).

O subitem 5.14 da norma brasileira NBR 12.217/1994 descreve a obrigatoriedade da instalação nos reservatórios de distribuição de água dispositivos que propiciem a ventilação interna, propiciando a da entrada e saída de ar.

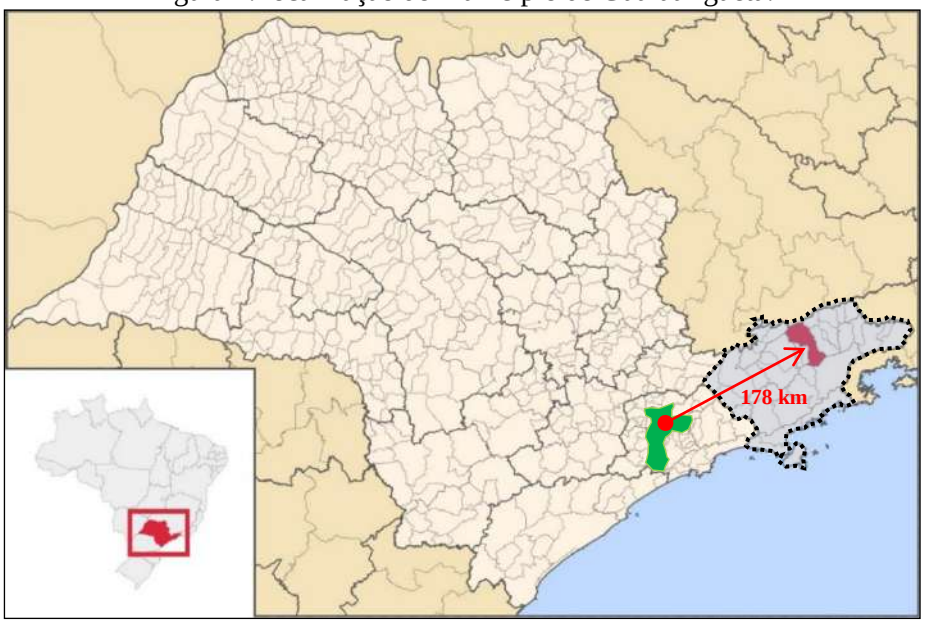
## 2- METODOLOGIA UTILIZADA

O trabalho teve como objetivo avaliar as manifestações patológicas em estruturas de concreto armado destinada ao armazenamento e à distribuição de água tratada em parte da zona urbana no município de Guaratinguetá/SP.

Como forma de realizar o estudo, adotou-se o método da inspeção visual em área interna em um dos mais importantes reservatórios de água tratada no município de Guaratinguetá/SP, detectando a manifestação patológica no elemento estrutural.

O município de Guaratinguetá localiza-se no estado de São Paulo, mais especificamente na macrorregião do Vale do Paraíba (eixo São Paulo - Rio de Janeiro) e microrregião de Guaratinguetá. Trata-se do terceiro município de maior porte nessa região, atrás de São José dos Campos e Taubaté respectivamente.
A figura 1 a seguir mostra a localização do município de Guaratinguetá no estado de São Paulo.

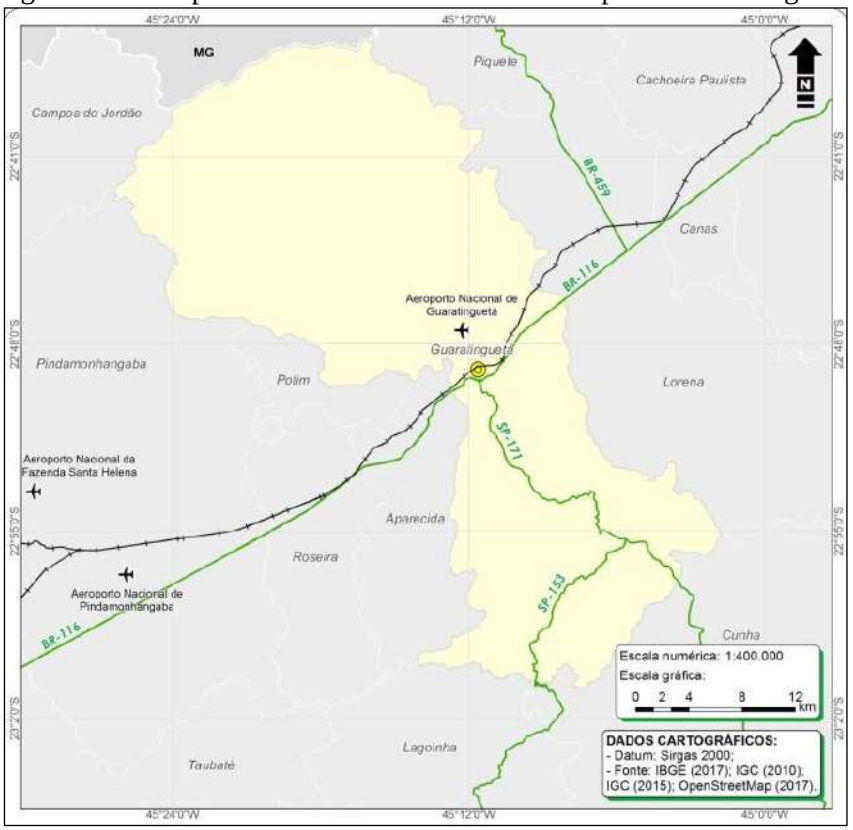
Figura 1: localização do município de Guaratinguetá.




Fonte: Wikipédia adaptado (2021).

A figura 2 a seguir mostra o município de Guaratinguetá e municípios limítrofes, assim como as infraestruturas de transporte disponíveis para acesso ao município (rodovias, ferrovias, aeroportos).

Figura 2: municípios limítrofes e acessos ao município de Guaratinguetá.




Fonte: IBGE adaptado (2017).

A figura 3 abaixo mostra a localização dos reservatórios de concreto alvo do estudo, sendo considerados o mais importante da distribuição de água tratado no município de Guaratinguetá.

Figura 3: localização dos reservatórios de estudo em Guaratinguetá.

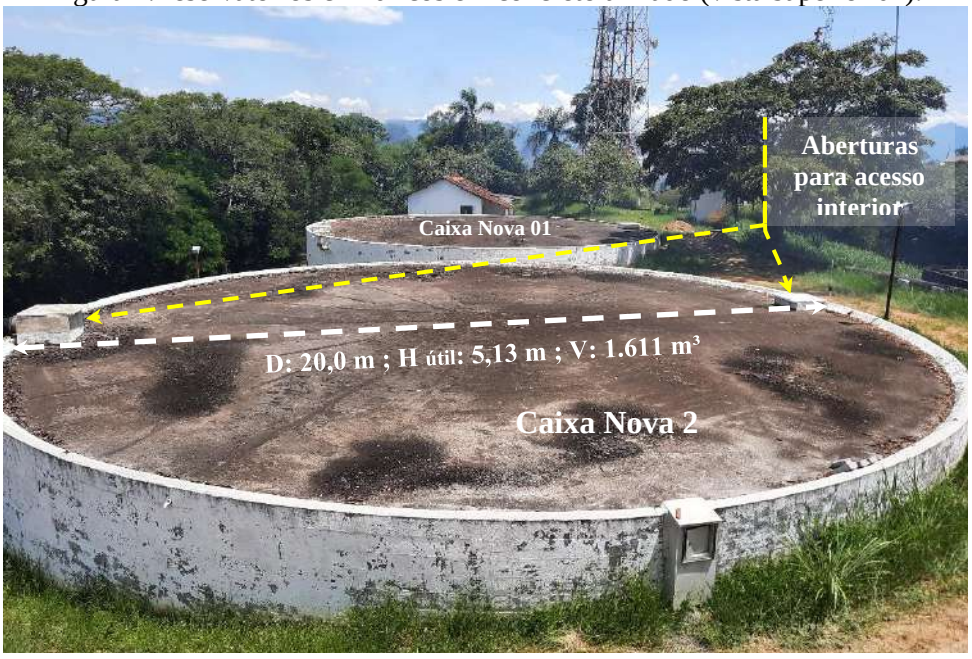



Fonte: Google adaptado (2022).

## 3- RESULTADOS OBTIDOS

Como resultado das inspeções nos reservatórios considerados para o estudo, as fotos representadas a seguir retratam as vistas externa registradas em janeiro/2022 (figuras 04 e 05) e interna registradas em maio/2017 (figuras 06 a 09) dos reservatórios cilíndricos com capacidade máxima de 1.611 m³ cada.

Figura 4: reservatórios cilíndricos em concreto armado (vista superior 01).



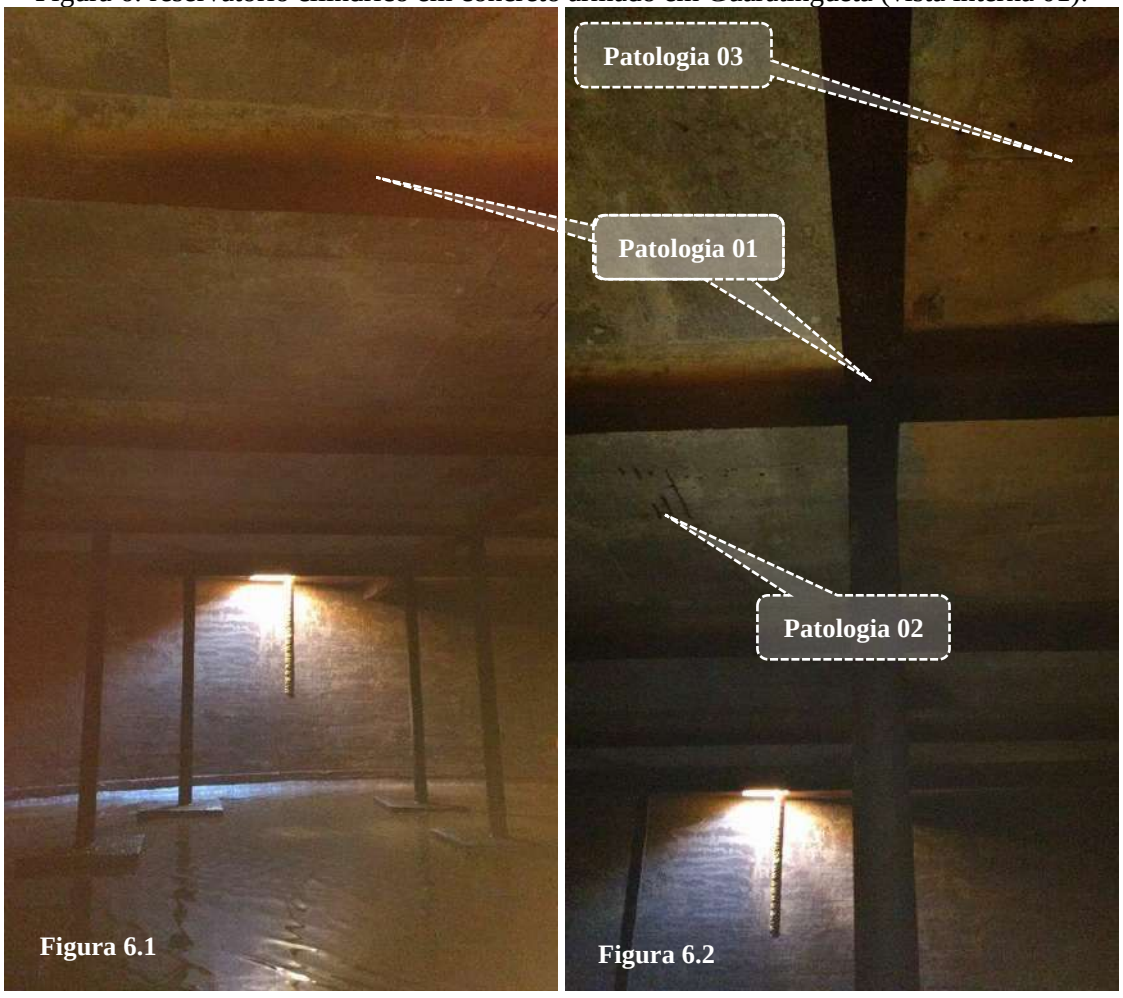

Fonte: os autores (2022).

Figura 5: reservatórios cilíndricos em concreto armado (vista superior 02).



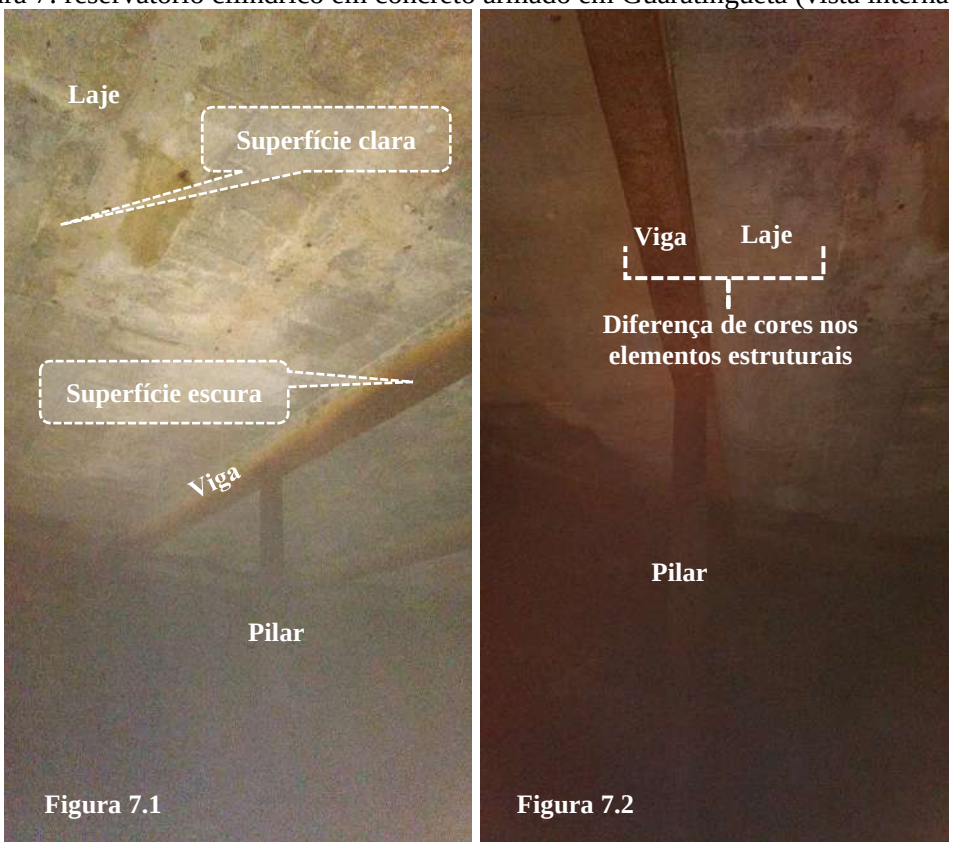

Fonte: os autores (2022).

Figura 6: reservatório cilíndrico em concreto armado em Guaratinguetá (vista interna 01).




Fonte: os autores (2022).

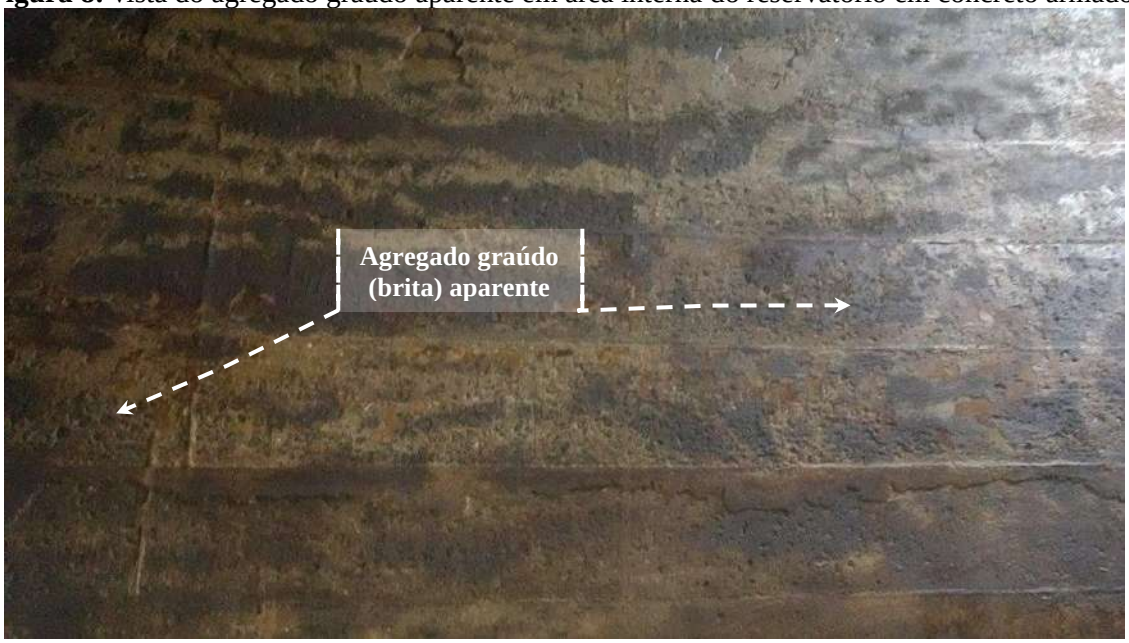
Figura 7: reservatório cilíndrico em concreto armado em Guaratinguetá (vista interna 02).




Fonte: os autores (2022).

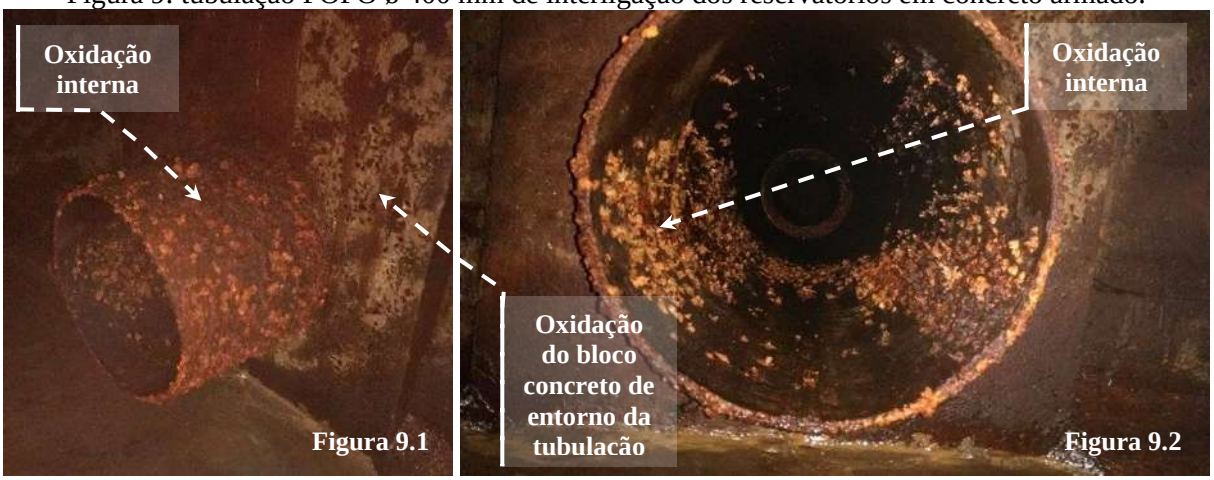
As figuras 8 e 9 apresentadas a seguir mostram outras áreas do reservatório com problemas patológicos, desde a exposição do agregado graúdo (brita) em certos trechos da água interna do reservatório e tubulação de ferro fundido (FOFO) com diâmetro nominal (DN) 400 mm, com a função de interligação de reservatórios, em estado de oxidação.

**Figura 8:** vista do agregado graúdo aparente em área interna do reservatório em concreto armado.




Fonte: os autores (2022).

Figura 9: tubulação FOFO ø 400 mm de interligação dos reservatórios em concreto armado.




Fonte: os autores (2022).

Esses dois reservatórios cilíndricos em concreto armado atendem 44,63% dos 121 bairros na área urbana municipal. A tabela 1 a seguir apresenta outras variáveis relativas ao sistema de reservação em estudo:

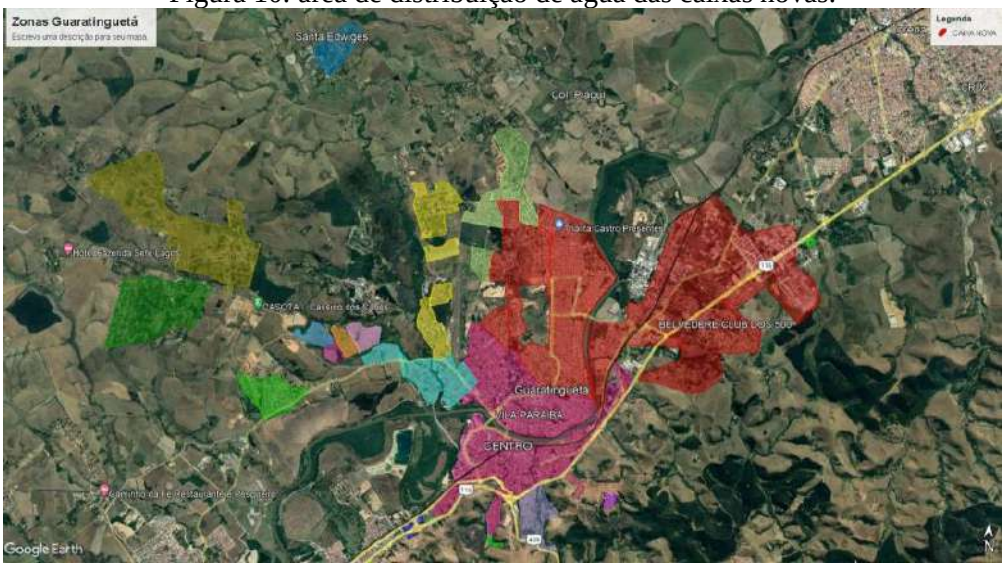
Tabela 1 – variáveis de atendimento dos reservatórios de estudo na área urbana de Guaratinguetá.

| Grandeza | Quantitativo (%) | Categoria de Consumo | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Residencial | Comercial | Industrial | Público |
| Ligação | 42,14% | 43,81% | 22,65% | 57,78% | 26,07% |
| Economia | 41,34% | 42,79% | 22,65% | 59,77% | 29,39% |
| Volume | 46,55% | 45,04% | 23,10% | 97,37% | 48,89% |

Fonte: SAEG (2022)

A figura 10 abaixo apresenta as áreas de atendimento do sistema de reservação de água tratada na área urbana de Guaratinguetá. A área destacada na cor vermelha corresponde aos bairros atendidos pelos reservatórios de concreto armado considerados no estudo.

Figura 10: área de distribuição de água das caixas novas.




Fonte: empresa (2022).

As figuras 11 e 12 a seguir apresentam modelos de reservatórios de água tratada executados em concreto armado, onde é possível visualizar os sistemas de ventilação nas estruturas de cobertura. Os respiros são dispositivos responsáveis pelo alívio da pressão interna mediante o enchimento e esvaziamento ao longo do dia, assim como evitar a concentração de vapores químicos de cloro e flúor (compostos voláteis) entre a lâmina d'água e o fundo da laje superior (área interna do reservatório).

Figura 11: sistema de ventilação em reservatório de concreto armado na Guarulhos/SP.




Fonte: Click Guarulhos (2020).

Figura 12: sistema de ventilação em reservatório de concreto armado na Peruíbe/SP.




Fonte: Enplan (2020).

**4- ANÁLISE E DISCURSÃO DOS RESULTADOS**

Diante do exposto, ficaram visíveis algumas manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado dos reservatórios de estudo (área interna), desde a remoção da camada nata cimento por processo abrasivo (ação da água durante o enchimento e esvaziamento) e também por oxidação em trecho inferior das vigas de sustentação da cobertura (laje plana).

As análises das manifestações patológicas estão descritas nos subitens a seguir por tipo de estrutura.

### 4.1- Estrutura de cobertura (laje)

Conforme é visível na figura 6.2, existe um trecho de ferragem exposta na estrutura (área interna). Essa abertura torna-se caminho mais que suficiente para o ingresso dos agentes físico-químicos para a corrosão das demais partes da estrutura.

O formato do elemento estrutural (superfície plana) instalado nos reservatórios cilíndricos não permite o escoamento da água em caso de evaporação, ficando aderida por certo tempo ao elemento estrutural. Com isso, ocorre o ingresso desta umidade ao concreto através dos poros, fragilizando a proteção da armadura com o passar do tempo. Diferentemente ocorre para os reservatórios com as superfícies em casca esférica, denominadas cúpulas. É mais difícil o contato da água (líquida) com o elemento estrutural devido à diferença de altura com a lâmina d'água. Existe apenas a interface vapor químico e umidade interna com o elemento estrutural.

### 4.2- Estrutura de sustentação da cobertura (vigas)

Percebe-se que a parte inferior das vigas de sustentação da laje de cobertura (figuras 6 e 7), em sua maior parte apresenta manchas escuras, típica de ferro em estado de oxidação. Possivelmente, durante o enchimento do reservatório, ocorrem a atuação dos seguintes agentes físico-químicos: 1- contato direto da água tratada com a base inferior das vigas; 2- atuação do composto gasoso formado pelos elementos químicos cloro e flúor, produtos empregados no tratamento da água para a desinfecção (agente bactericida) e o combate à cárie dentária. Através de análise visual, não é possível dizer qual dos agentes atuantes (líquido ou gasoso) está ocasionando maior contribuição para a ação deletéria da estrutura do reservatório.

### 4.3- Estrutura lateral interna (parede)

A figura 8 apresentada anteriormente evidencia a exposição do agregado graúdo (brita) nas várias partes da lateral do reservatório, também constituído em concreto armado. O fenômeno visto se assemelha a um processo de abrasão, tratando-se da remoção do componente nata cimento da superfície da estrutura.

### 4.4- Componentes acessórios/auxiliares

A figura 9 exposta anteriormente mostra a tubulação FOFO, de interligação dos reservatórios, em estado de oxidação, assim como a estrutura de concreto adjacente à tubulação (figura 9.1)

Já as figuras 11 e 12 mostram modelos de reservatórios em concreto armado em variados locais no estado de São Paulo, em que é empregado o dispositivo de ventilação (respiro) em diversos formatos (alvenaria e metálico respectivamente). Trata-se de dispositivo instalado na cobertura do reservatório, conforme descreve o subitem 5.14 da NBR 12.217/1994, com a função de permitir a entrada e saída de ar da unidade de reservação.

Estes dispositivos facilitam a expulsão dos vapores químicos gerados pela turbulência da água (produtos cloro e flúor), além de evitar a criação de pressão interna durante o enchimento e o esvaziamento. Já o reservatório cilíndrico considerado para o estudo em Guaratinguetá não possui esse dispositivo. Possivelmente, na fase de concepção das unidades de reservação, não atentaram para a real necessidade da instalação deste dispositivo.

## 5- CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

Dentre as várias medidas mitigadoras passíveis de adoção para o cenário local em estudo, a mais adequada, a título operacional e custo financeiro, seria a instalação dos dispositivos de ventilação nas lajes superiores dos dois reservatórios cilíndricos, corporativamente conhecidos como “Caixas Novas”. Essa medida utilizaria mão-de-obra para a realização de alguns furos equidistantes em raio médio na laje de cobertura para a instalação das tubulações e o posterior preenchimento com armamassa no entorno da tubulação com a laje (vedação). O dimensionamento das aberturas atenderia o subitem 5.14.2 da NBR 12.217/1994, em que considera a máxima vazão de saída de água do reservatório. Precisaria nessa etapa realizar a radiografia em determinados trechos do elemento estrutural plano (laje), na linha do raio médio, a fim de não cortar a ferragem no ato da perfuração com serra copo ou emprego do martelete (puncionamento).

A medida descrita acima não solucionará o problema já instaurado nos elementos estruturais mediante a instalação dos dispositivos de ventilação nas lajes superiores, tendo em vista essa possível falha de projeto com a não instalação destes nas unidades de reservação. Para tanto, reduzirá e muito a velocidade de degradação dos elementos estruturais na laje superior tendo em vista a atuação em menor grau de um agente envolvido no processo patológico (evitar a concentração de vapor químico em área interna do reservatório) mediante a ocorrência da ventilação.

Outra medida passível de adoção, de forma a evitar o contato da água (agente líquido) com os elementos estruturais, é a suspensão temporária do recalque da água tratada até estes reservatórios quando ocorrer o atingimento do nível máximo de nível d’água, mediante a retração no consumo de água em certos horários do dia e/ou estações do ano. Por várias vezes, não ocorre o desligamento dos dispositivos eletromecânicos de recalque, ocasionando perdas de água e gerando a interface da água com o elemento estrutural.

Como medida complementar as descritas anteriormente seria o tratamento da superfície de fundo da laje superior (área interna ao reservatório). Para tal ação, estas unidades de reservação deverão estar completamente vazias (de modo alternado) para que as equipes especializadas neste trabalho de manutenção possam atuar. Esta ação sacrificaria muito o sistema de distribuição de água em determinadas áreas na zona urbana, além de ser bem mais custosa a recomposição das partes avariadas e a adoção de revestimento interno (uso de concreto projetado e/ou manta polimérica sobre a superfície recuperada).

## 6- AGRADECIMENTOS

É sempre importante compartilhar conhecimento técnico na área de formação, ainda mais em evento de renomada importância na área patológica. Agradeço a oportunidade de poder expor o problema existente na localidade de trabalho, e constante em meios de análises e conversações e no âmbito técnico.

## 7- REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12217: **Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994.

BERTOLINI, L.. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção.** - - São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 414 p.

LIBÂNIO, M.. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água. -** 3ª Edição – Campinas, SP: Editora Átomo, 2010, 494 p.

**Parque Cecap volta a ter reservatório de água de 5 mil metros cúbicos.** Disponível em: < https://www.clickguarulhos.com.br/2020/01/23/exclusivo-parque-cecap-volta-a-ter-reservatorio-de-agua-de-5-mil-metros-cubicos/ > Acesso em: 29 de jan. de 2022.

**Reservatório de água Sabesp – Peruíbe/SP.** Disponível em: < https://www.enplan.com.br/produto/abastecendo-a-populacao > Acesso em: 25 de jan. de 2022.

SENA, G. O., NASCIMENTO, M. L. M., NETO, A. C. N.. **Patologia das construções.** – Salvador: 2B Educação, 2020. 256 p.

SOUZA, V. C. M., RIPPER, T.. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto armado.** – São Paulo: Pini, 1998. 257 p.

TINOCO, H. F. F., MORAIS, A. S.. **Reservatórios em concreto armado: principais manifestações patológicas, diagnóstico e soluções para reabilitação e reforço.** Disponível em: < http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/A1_041.pdf > Acesso em: 29 de jan. de 2022.

TSUTIYA, M. T.. **Abastecimento de Água**. - 3ª Edição – São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006, 643 p.

TORRES, A. S., SILVA, V. M. B., PALIGA, C. M.. **Análise das manifestações patológicas em reservatórios elevados na cidade de Pelotas/RS.** Disponível em: < https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/37740 > Acesso em: 25 de jan. de 2022.