

ANTONIO CARVALHO NETO  
VANDERLEI JACOB NETO

## **ANÁLISE DE EXECUÇÃO DE RESERVATÓRIOS CONDOMINIAIS DE ÁGUA POTÁVEL ENTERRADOS E EVENTUAL CONTAMINAÇÃO**

Trabalho de Perícia

Goiânia/GO  
2021

**ANÁLISE DE EXECUÇÃO DE RESERVATÓRIOS CONDOMINIAIS  
DE ÁGUA POTÁVEL ENTERRADOS E EVENTUAL CONTAMINAÇÃO**

**Santos – SP  
Agosto/2021**

**RESUMO**

Os edifícios à beira mar, sob influência direta da maresia, detêm numerosa quantidade de condomínios portadores de reservatórios inferiores enterrados que armazenam água potável. Para efeito do presente trabalho serão estudados apenas reservatórios inferiores com estrutura de concreto armado em que serão averiguadas, sobretudo, as condições de estanqueidade que possam porventura afetar a funcionalidade da estrutura e, conseqüentemente, contaminar a água reservada pela carência de atendimento às normas técnicas vigentes. O objetivo deste trabalho é a avaliação das condições de execução dos reservatórios levando-se a efeito as recomendações de execução prescritas nas normas técnicas vigentes. O presente trabalho seguirá às exigências estabelecidas nas normas técnicas, visando, sobretudo, preservar a potabilidade da água reservada. Será abordada patologia frequente bem como os riscos de contaminação inerentes ao não atendimento das diretrizes estabelecidas pelas normas técnicas competentes. Após levantamento preliminar em município litorâneo, foram realizadas diligências com o objetivo de inspecionar e reconhecer as condições de execução de tais reservatórios, com a coleta de amostras da água reservada para atestar a eficiência dos reservatórios. Por último serão apresentados os resultados dos testes laboratoriais e ainda eventual relação entre patologias frequentes e execução conforme projeto proposto e assim demonstrar a tese abordada nesta dissertação.

***Palavras-chave: Reservatório Enterrado; Potabilidade; Impermeabilização.***

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Esquema representativo de reservatório predial (Cruz Rua, 2015).....	1
FIGURA 2 – Vista em corte de um reservatório enterrado conforme NBR 5626:1998 (Augusto; Guimarães; Silva, 2016).....	5
FIGURA 3 – Detalhe da tampa do reservatório enterrado segundo a NBR 5626:1998 (autoria própria).....	5
FIGURA 4 – Principais manifestações patológicas (Tinoco; Morais, 2013) .....	6
FIGURA 5 – Classe de agressividade ambiental (CAA) (ABNT NBR 6118, 2014)....	9
FIGURA 6 – Vista em corte dos reservatórios enterrados executados em Praia Grande (autoria própria).....	13
FIGURA 7 – Vista da tampa do reservatório inferior sem rebordo mínimo de 100 mm (autoria própria).....	14
FIGURA 8 – Vista da superfície superior do reservatório sem impermeabilização (autoria própria).....	14
FIGURA 9 – Vista da corrosão da tampa de ferro fundido (autoria própria).....	15
FIGURA 10 – Vista de impermeabilização inadequada (autoria própria).....	15
FIGURA 11 – Falha na impermeabilização das paredes do reservatório e infiltração da água do solo em contato direto com a água reservada (autoria própria).....	16
FIGURA 12 – Falha na impermeabilização das paredes do reservatório e infiltração da água do solo em contato direto com a água reservada (autoria própria).....	16
FIGURA 13 – Falha na impermeabilização das paredes do reservatório e infiltração da água do solo em contato direto com a água reservada (autoria própria).....	17
FIGURA 14 – Ausência de impermeabilização na superfície superior do reservatório enterrado e sinais de oxidação da armadura da laje (autoria própria). .....	17
FIGURA 15 – Vista da água proveniente de inundação, empoçada em cima da laje do reservatório inferior (autoria própria).....	18
FIGURA 16 – Corrosão da tampa do reservatório por ausência de proteção e presença da madeira da fôrma que não foi retirada após a cura do concreto (autoria própria).....	18
FIGURA 17 – Coletas realizadas nos dias 02 e 11 de maio de 2018 (autoria própria).....	19

FIGURA 18 – Rebordo em torno da tampa do reservatório do estudo de caso B (autoria própria).....	20
FIGURA 19 – Tampa do reservatório sem devida proteção anticorrosiva (autoria própria).....	21
FIGURA 20 – Presença de folhas de Madeirit na tampa do reservatório (autoria própria).....	21
FIGURA 21 – Superfície superior do reservatório sem impermeabilização e com ferragem exposta (autoria própria).....	22
FIGURA 22 – Vista de escarificação do cobrimento de viga do reservatório (autoria própria).....	22
FIGURA 23 – Falha na impermeabilização das paredes do reservatório (autoria própria).....	23
FIGURA 24 – Água do reservatório apresentando cor marrom (autoria própria).....	23
FIGURA 25 – Coletas realizadas nos dias 02 e 11 de maio de 2018 (autoria própria).....	25
FIGURA 26 – Tabela de padrão organoléptico de potabilidade (Ministério da Saúde, 2011).....	25
FIGURA 27 – Tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde – Anexo VII da Portaria 2914 (Ministério da Saúde, 2011).....	27
FIGURA 28 – Anexo VII da portaria 2914 de 2011 – Tabela de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde (Ministério da Saúde, 2011).....	28

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Resultados do ensaio laboratorial da água reservada no Condomínio “A” realizados no dia 02 de maio de 2018 (autoria própria).....	27
TABELA 2 – Resultados do ensaio laboratorial da água reservada no Condomínio “A” realizados no dia 11 de maio de 2018 (autoria própria).....	27
TABELA 3 – Resultados do ensaio laboratorial da água reservada no Condomínio “B” realizados no dia 02 de maio de 2018 (autoria própria).....	28
TABELA 4 – Resultados do ensaio laboratorial da água reservada no Condomínio “B” realizados no dia 11 de maio de 2018 (autoria própria).....	28

## **LISTA DE SIGLAS / ABREVIATURAS**

ABNT	Associação Brasileira de Norma Técnica
NBR	Norma Brasileira
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
VMP	Valor Máximo Permitido

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	1
1.2. MOTIVAÇÃO .....	2
1.3. NORMAS TÉCNICAS COMPETENTES.....	2
1.4. VIDA UTIL, DESEMPENHO E PATOLOGIA.....	2
1.5. OBJETIVO .....	3
1.6. HIPÓTESE.....	3
<b>2. SISTEMA CONSTRUTIVO, PATOLOGIA E CONTAMINAÇÃO DE RESERVATÓRIOS ENTERRADOS EM CONCRETO ARMADO .....</b>	<b>4</b>
2.1. DIRETRIZES DE PROJETO E EXECUÇÃO DE RESERVATÓRIOS ENTERRADOS .....	4
2.2. MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA .....	6
2.3. DEGRADAÇÃO DO REVESTIMENTO INTERNO E EXTERNO EM CONCRETO ARMADO DE RESERVATÓRIO.....	9
2.4. MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EVITAR PATOLOGIA.....	10
<b>3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO DE PESQUISA.....</b>	<b>12</b>
3.1. METODOLOGIA.....	12
3.2. PLANEJAMENTO DA PESQUISA .....	12
<b>4. RESERVATÓRIOS ENTERRADOS EM CONCRETO ARMADO EXECUTADOS NO MUNICÍPIO DE PRAIA GRANDE.....</b>	<b>13</b>
4.1. ESTUDO DE CASO “A” .....	15
4.1.1 Estado geral de manutenção.....	18
4.1.2 Processo de coleta das amostras .....	19
4.2. ESTUDO DE CASO “B” .....	19
4.3.1 Estado geral de manutenção.....	23
4.3.2 Processo de coleta das amostras .....	24
<b>5. ENSAIOS REALIZADOS E RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
5.1. RESULTADOS OBTIDOS DO ESTUDO DE CASO “A” .....	27
5.2. RESULTADOS OBTIDOS DO ESTUDO DE CASO “B” .....	28
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>32</b>



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente trabalho versa sobre a avaliação das condições de instalações de reservatórios prediais inferiores enterrados, localizados em área litorânea do estado de São Paulo.

Através de visitas técnicas realizadas pelos autores do presente trabalho em cerca de 60 edifícios, constatou-se que 100% deles não atendiam integralmente às especificações de execução das normas técnicas vigentes, ressaltando a necessidade de revisão do sistema, haja vista as exigências técnicas que garantem o funcionamento adequado, potabilidade e a manutenção da vida útil do reservatório.

Tem-se que a execução e projeto de reservatórios de água potável possui grande atribuição à qualidade da água reservada.

Inicialmente, cumpre informar que a instalação de um reservatório de água potável deve se valer de premissas, tais como tipo do prédio, consumo diário da população condominial, sistema de abastecimento de projeto e determinação das vazões, bem como demais elementos constituintes do sistema de reservação.

O sistema como um todo deve atender às exigências técnicas que garantem o funcionamento adequado e a manutenção da vida útil do reservatório, tais como: preparo adequado do substrato, o qual deve ser compacto e homogêneo, sem existência de fissuras, trincas, aplicação correta do tipo de impermeabilização e, em casos específicos de reservatórios inferiores que tem contato direto com o solo, deve-se atentar ao *quantum* prescrito na NBR 9574 (ABNT, 2008) que orienta o substrato ser umedecido e ainda receber uma camada de imprimação com uma composição de polímero e cimento Portland.

Depreende-se da figura 1 um esquema representativo de um reservatório predial (Cruz Rua, 2015).

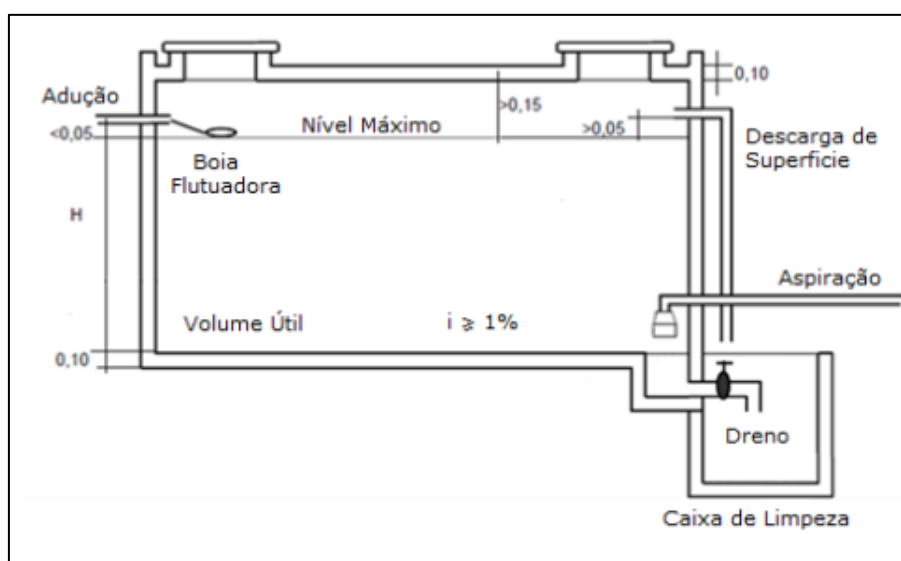


Figura 1 – Esquema representativo de reservatório predial (Cruz Rua, 2015)

## 1.2. MOTIVAÇÃO

Registra-se que o tema “análise de execução de reservatórios condominiais de água potável enterrados e eventual contaminação” foi escolhido, tendo em vista os alunos que subscrevem o presente trabalho laborarem na área de perícias judiciais e terem constatado a ocorrência de reservatórios inferiores em concreto armado executados fora das diretrizes estabelecidas pelas normas técnicas supracitadas, que podem comprometer a qualidade da água reservada e posteriormente sua potabilidade.

## 1.3. NORMAS TÉCNICAS COMPETENTES

Levar-se-á a efeito as diretrizes descritas em normas técnicas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a saber, a NBR 5674 (ABNT, 2012) – Manutenção de Edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção, NBR 6118 (ABNT, 2014) – Projetos de Estrutura de Concreto, NBR 5626 (ABNT, 1998) – Instalações Predial de Água Fria, NBR 9575 (ABNT, 2010) – Impermeabilização – Seleção e Projeto e a NBR 9574 (ABNT, 2008) – Execução de Impermeabilização, as quais estabelecem as recomendações necessárias referentes ao projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria e, especificamente para o presente trabalho, reservatórios de água.

Será estudada, sobretudo, eventual patologia inerente à deficiência de impermeabilização com estudos devidamente fundamentados nas normas técnicas vigentes, quais sejam a NBR 9574 (ABNT, 2008) e a NBR 9575 (ABNT, 2010).

Outros procedimentos prescritos e fundamentados em normas técnicas serão abordados no sentido de garantir ao reservatório adequada ventilação, iluminação, entre outros elementos necessários à manutenção do sistema.

## 1.4. VIDA ÚTIL, DESEMPENHO E PATOLOGIA

Eventual patologia pode se apresentar proveniente de diversas fontes, tais como: deficiência na impermeabilização, deterioração dos materiais de revestimento no interior e exterior dos reservatórios, carbonatação, entre outras anomalias intrínsecas ao desempenho e vida útil de um reservatório, que serão devidamente abordadas no presente trabalho, bem como medidas de prevenção com o intuito de garantir a manutenção da vida útil do reservatório e a qualidade da água reservada.

Registra-se que patologia inerente à deficiência de impermeabilização será estudada tendo em vista os fundamentos práticos e teóricos prescritos nas normas técnicas vigentes, quais sejam a NBR 9575 (ABNT, 2010) – Impermeabilização – Seleção e Projeto e a norma já citada no presente item, a NBR 9574 ABNT (2008) – Execução de Impermeabilização.

Cumprir esclarecer que a estanqueidade de reservatórios inferiores de concreto é verificada através de impermeabilização rígida a qual não suporta movimentação da estrutura impedindo assim a passagem de água do solo.

Cumprir informar que será realizada análise da água reservada através de ensaios laboratoriais que atestem parâmetros físicos tais como cor, turbidez, pH,

cloro, entre outros estabelecidos pela Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde e fundamentados na NBR 12170 (ABNT, 2009) – Materiais de Impermeabilização – Determinação da potabilidade da água após o contato, para que seja determinada ou não a contaminação da água reservada e a necessidade ou não de revisão do sistema para garantir o máximo e melhor desempenho do mesmo para os fins que se destina.

## 1.5. OBJETIVO

O objetivo do trabalho em comento é a verificação da execução dos reservatórios enterrados em concreto armado de acordo com as normas técnicas vigentes. Em casos de não conformidade, serão realizados ensaios físicos que verificarão uma possível contaminação da água reservada.

## 1.6. HIPÓTESE

O presente trabalho trará como hipóteses a existência de patologia em reservatórios de concreto armado enterrados que não estejam executados em conformidade com as normas técnicas vigentes; bem como eventual contaminação da água reservada.

Se comprovados indícios de contaminação da água reservada, pressupõe-se encontrar as seguintes causas:

- a) Contaminação através de contato com a água presente no solo saturado e a estrutura do reservatório;
- b) Contaminação através de infiltração de fluídos pela tampa do reservatório;
- c) Contaminação através de infiltração de fluídos pela laje de cobertura do reservatório;
- d) Contaminação através de aplicação de impermeabilização inadequada.

Para atestar o estudo objeto do presente trabalho será realizado estudo de caso em dois condomínios para averiguação das condições de instalação, localização, tampas de proteção, seguido de coleta de amostra da água reservada para ensaios de laboratório para caracterizar a potabilidade da água reservada.

## 2. SISTEMA CONSTRUTIVO, PATOLOGIA E CONTAMINAÇÃO DE RESERVATÓRIOS ENTERRADOS EM CONCRETO ARMADO

### 2.1. DIRETRIZES DE PROJETO E EXECUÇÃO DE RESERVATÓRIOS ENTERRADOS

Os reservatórios de água potável se fazem necessários na edificação quando se é adotado um sistema indireto de distribuição da água, ou seja, a água fornecida pela rede pública não se conecta diretamente aos ramais de distribuição da edificação.

O sistema de distribuição indireta é predominantemente utilizado em função de evitar variações na pressão e na vazão das tubulações, diferente do sistema direto de distribuição.

O reservatório inferior tem por função a captação direta da água fornecida pela concessionária local, e, através de bombas de recalque, enviar a água para o reservatório superior, localizado no ático da edificação, que se responsabiliza pelo abastecimento por gravidade das colunas de distribuição.

A forma de concepção do reservatório inferior é variada, podendo o reservatório ser executado *in loco* em concreto armado ou pré-fabricado em fibrocimento ou poliéster reforçado com fibra de vidro, cabendo ao projetista a escolha da melhor opção levando em consideração fatores técnicos/econômicos.

Cada tipo de reservatório apresenta uma norma técnica relacionada à sua execução ou fabricação, no caso do reservatório enterrado em concreto armado, as normas técnicas competentes à sua execução são a NBR 6118 (ABNT, 2014) e a NBR 5626 (ABNT, 1998).

Deve-se ressaltar que a elaboração do projeto do reservatório enterrado deve ser feita por um profissional de nível superior legalmente habilitado, atendendo o item 5.1.1.1 da ABNT NBR 5626 (ABNT, 1998) “5.1.1.1 O projeto das instalações prediais de água fria deve ser feito por projetista com formação profissional de nível superior, legalmente habilitado e qualificado.”.

A norma técnica NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda evitar a execução de reservatório enterrado, tendo em vista o risco de contaminação proveniente do solo. Entretanto, em casos inevitáveis, é permitida a execução de reservatórios enterrados, seguindo os critérios do item 5.2.4.8 da referida norma:

*5.2.4.8 Em princípio um reservatório para água potável não deve ser apoiado no solo, ou ser enterrado total ou parcialmente, tendo em vista o risco de contaminação proveniente do solo, face à permeabilidade das paredes do reservatório ou qualquer falha que implique a perda da estanqueidade. Nos casos em que tal exigência seja impossível de ser atendida, o reservatório deve ser executado dentro de compartimento próprio, que permita operações de inspeção e manutenção, devendo haver um afastamento, mínimo, de 60 cm entre as faces externas do reservatório (laterais, fundo e cobertura) e as faces internas do compartimento. O compartimento deve ser dotado de drenagem por gravidade, ou bombeamento, sendo que, neste caso, a bomba hidráulica deve ser instalada em poço adequado e dotada de sistema elétrico que adverte em casos de falha no funcionamento na bomba.*

Interpretando o item 5.2.4.8, obtém-se na figura 2 a esquematização de um reservatório construído de forma adequada:

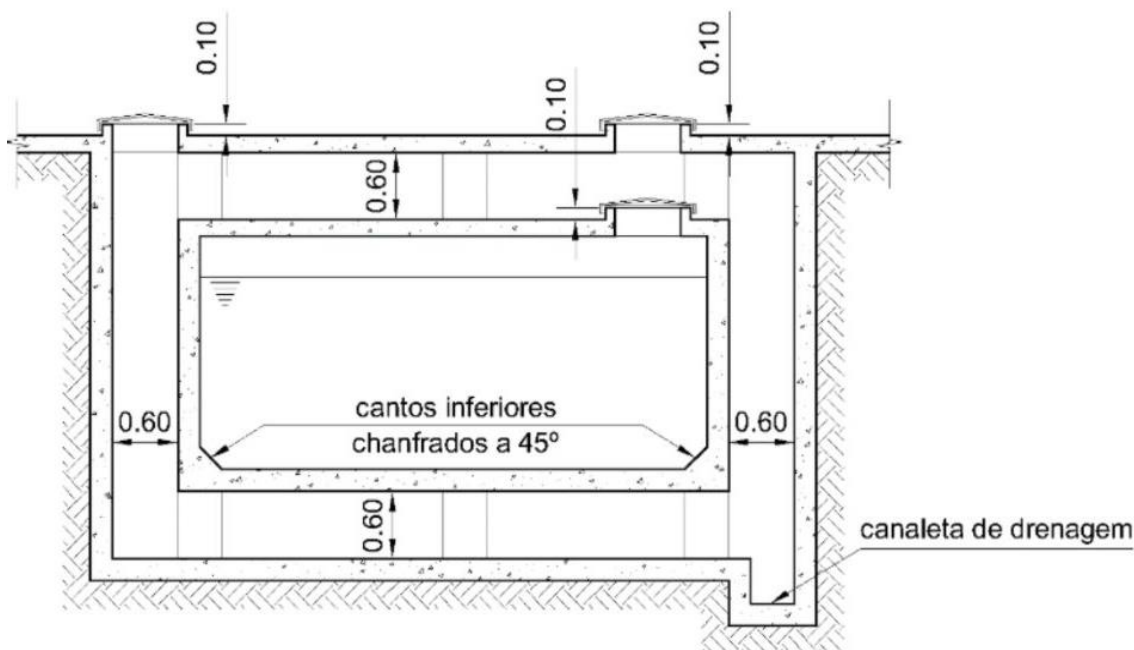


Figura 2 – Vista em corte de um reservatório enterrado conforme NBR 5626:1998 (Augusto; Guimarães; Silva, 2016).

Deve-se destacar que o item 5.6.7.2 da norma técnica NBR 5626 (ABNT, 1998) estabelece a execução de um rebordo de no mínimo 100 mm de altura em volta da tampa do reservatório inferior, a fim de evitar a possibilidade de infiltração de água pela tampa, conforme demonstrado na figura 3 e destacado no trecho a seguir:

5.6.7.2 O acesso ao interior do reservatório, para inspeção e limpeza, deve ser garantido através de abertura com dimensão mínima de 600 mm, em qualquer direção. No caso de reservatório inferior, a abertura deve ser dotada de rebordo com altura mínima de 100 mm para evitar a entrada de água de lavagem de piso e outras.

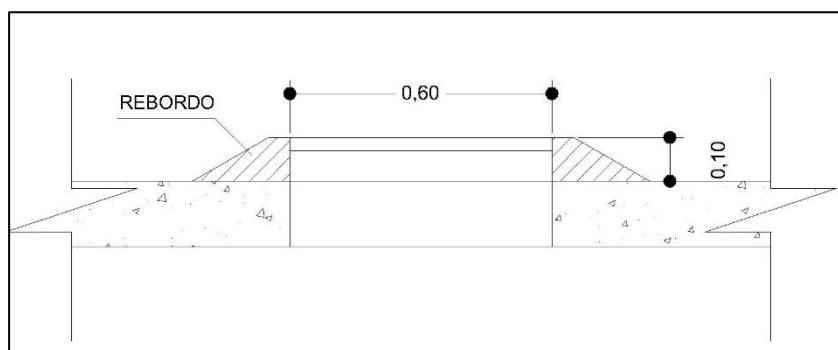


Figura 3 – Detalhe da tampa do reservatório enterrado segundo a NBR 5626:1998 (autoria própria)

Outro detalhe de suma importância na execução de um reservatório é a impermeabilização adotada. A adoção da impermeabilização deve ser feita através de um projeto de impermeabilização que atenda às normas técnicas NBR 9575 (ABNT, 2010) e NBR 9574 (ABNT, 2008).

A impermeabilização inadequada pode permitir a infiltração de materiais contaminantes ou até mesmo ocorrer a contaminação da água reservada pela própria impermeabilização, conforme adverte o item 4.5.3.2 da NBR 5626 (ABNT, 1998):

**4.5.3.2** Os materiais e sistemas utilizados na impermeabilização de reservatórios ou de outros componentes devem preservar a potabilidade da água. Cuidados especiais devem ser observados na escolha do tipo de impermeabilização a ser adotada, face ao risco de os materiais utilizados contaminarem diretamente a água, ou combinarem-se com substâncias presentes na água, formando compostos igualmente contaminantes.

Além de serem impermeabilizadas as paredes e piso, deve-se impermeabilizar também o teto do reservatório, pois a condensação da água ali reservada faz com que a água entre em contato com o material do teto e permita a oxidação da ferragem da estrutura.

## 2.2. MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA

Pode-se dizer que a ocorrência de patologia em reservatórios de água potável está relacionada basicamente com projeto, construção, exploração, estado da água nos reservatórios, contato humano com a água e objetos encontrados no interior dos reservatórios. (Cruz Rua, 2015).

Conforme Tinoco; Morais (2013), pode-se determinar a ocorrência simultânea de dois ou mais tipos de manifestações patológicas do concreto em uma mesma estrutura. A Figura 4 ilustra as principais manifestações patológicas ocorridas em reservatórios de concreto armado.

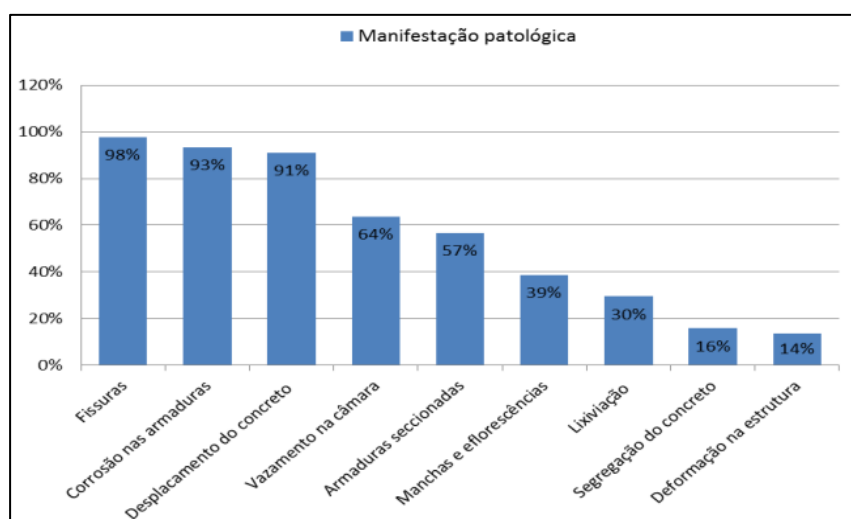


Figura 4 – Principais manifestações patológicas (Tinoco; Morais, 2013)

Segundo Cruz Rua (2015), os principais problemas identificados em cada uma das situações citadas são:

Problemas na fase de projeto:

- Reservatórios arrumados no prédio e não colocados racionalmente;
- Reservatórios integrados na estrutura do prédio fissurados dando origem a infiltrações;

- Reservatórios construídos com paredes meias com fossas de águas negras;
- Reservatórios implantados em garagens e átrios com a boca e respiros ao nível do pavimento e com tampas impróprias que não impedem a entrada nos reservatórios de poeiras e líquidos derramados nos pavimentos;
- Reservatórios de dimensões comprimento/largura desproporcionadas, com entrada e saída de água na mesma vertical originando águas paradas à distância, com placas estáveis de espuma e mosquitos;
- Reservatórios com volumes desproporcionados face às necessidades de consumo originando águas paradas;
- Reservatórios com entradas de acesso reduzidas, ao ponto de apenas permitirem acesso de crianças;
- Reservatórios implantados de modo a que o acesso às válvulas de comando de entrada de águas é feito por barco pneumático sempre disponível no interior dos reservatórios;
- Reservatórios em que o acesso às válvulas de comando de entrada de água, só pode ser feito por esvaziamento de células em série, e cujo acesso ao interior é feito através de células intermediárias;
- Reservatórios com áreas consideráveis e com altura útil reduzida, de modo a que movimentação no interior se faz apenas de joelhos;
- Reservatórios com tal dificuldade de acesso ao interior que, por incapacidade de limpeza, foram abandonados;

#### Problemas na fase de construção:

- Reservatórios com laje de fundo inclinada em sentido contrário ao do esgoto;
- Reservatórios com acabamento das superfícies interiores impróprio (muito rugoso), dando origem a aumento da área de contato com a água e como consequência maiores incrustações e dificuldade de desinfecção;
- Reservatórios sem esgoto de fundo;
- Reservatórios com tubo de pesca em mal posicionado, relativamente à laje de fundo;
- Reservatórios acessíveis a animais como ratos, pombos, moluscos, insetos, etc.;
- Reservatórios com tampas de acesso impróprias para o efeito e local;
- Reservatórios sem respiros ou com respiros ao nível do pavimento, sem qualquer proteção;
- Reservatórios com trop-plein e respiro sem sifão, ligados às condutas pluviais, ou à rede de esgoto de águas negras;
- Instalação ou ampliação de redes de água com novas canalizações contaminadas;
- Ampliação da rede de água com condutas com ninhos de ratos dando origem a entupimentos e alterando a qualidade da água;
- Reservatórios sem trop-plein;
- Superfícies de reservatórios mal impermeabilizadas, com armaduras de aço à vista, provocada por oxidação e arranque do betão;
- Reservatórios em série, ligados pelo fundo e com entrada e saída de água no primeiro reservatório gerando água permanentemente parada;
- Reservatórios sem acesso ao seu interior;
- Tubos de saída de água ao nível da laje de fundo, ou mesmo abaixo desta.

#### Problemas na fase de exploração:

- Reservatórios em uso, completamente esquecidos, sem assistência durante anos, com lamas no fundo com dezenas de centímetros de espessura e paredes inqualificáveis;

- Reservatórios, com águas paradas durante meses ou anos, à espera de carências de água da rede pública para ligarem as bombas de abastecimento;
- Reservatórios com as superfícies interiores completamente degradadas;
- Reservatórios com os objetos mais estranhos arrastados aquando das reparações das condutas, após roturas;
- Reservatórios de utilização direta à população, como tanque de demolhar bacalhau;
- Reservatórios de grande responsabilidade, usados como piscinas;
- Reservatórios tão mal protegidos, onde vazam baldes de águas sujas, como se fora tampa de águas pluviais;
- Reservatórios expostos à temperatura de sótãos, com muito reduzida renovação de água;
- Reservatórios destapados em sótãos, sujeitos a todas as poeiras e luz;
- Reservatórios enterrados sem área de proteção;
- Recintos de reservatórios onde se guardam todos os materiais inúteis, sem qualquer precaução higiénica;
- Reservatórios demasiado ventilados, não arejados e sem proteção à luz;
- Aberturas de ventilação sem redes de proteção;
- Jardins cultivados sobre reservatórios;
- Área forrageira sobre reservatórios ou animais domésticos a pastar.

#### Problemas relacionados com o estado da água nos reservatórios:

- Água coberta por película de hidrocarbonetos;
- Películas de poeira superficial, formando camada contínua;
- Superfície da água, dando indícios de fermentações;
- Águas mal cheirosas;
- Águas com girinos, lagas e vermes vivos;
- Águas com animais de cor negra, semelhantes a “botões forrados a tecido com pelo”;
- Controle de qualidade de água, incipiente, mesmo quando assistida por entidades responsáveis.

#### Problemas criados pelo contato humano nos reservatórios:

- Ausência de cuidados e sentido de responsabilidade perante a água ou pessoal sem qualquer formação específica;
- Pessoal em contato com a água sem qualquer controlo sanitário;
- Uso do vestuário e calçado do dia-a-dia e sem luvas, quando em contato com o interior dos reservatórios;
- Ausência de qualquer limitação visual ou física, de movimentação humana nas centrais de tratamento ou bombagem, mesmo quando estas são cobertas per grelhas metálicas;
- Pessoal de autarquias a fumar e a beber, no momento de desinfecção dos reservatórios com solução de Hipoclorito;
- Lavagem do calçado dos operadores na água dos reservatórios, no fim do período dos trabalhos;(Cruz Rua, 2015)

De todos os problemas supracitados, tem-se que a estanqueidade é um fator de crucial importância em um reservatório. Sendo assim, a verificação da ocorrência de fissuração é fundamental (Paniago; Hanai, 2002).

Além disso, existem anomalias complexas de difícil planejamento tal como a retração do concreto e degradação do revestimento, tanto interno quanto externo, o qual vem a ser escopo do item que se segue.



### 2.3. DEGRADAÇÃO DO REVESTIMENTO INTERNO E EXTERNO EM CONCRETO ARMADO DE RESERVATÓRIO

Segundo Tinoco; Morais (2013), por causa dos efeitos do ambiente, um elemento de uma construção qualquer sofre, ao longo do tempo, uma decadência progressiva do seu desempenho, à medida que se alteram os materiais de que é feito.

Deve-se atentar para os efeitos do clima onde se localiza o reservatório, pois há agressividade ambiental à ser considerada para estruturas em concreto armado caracterizada em função do clima, bem como temperatura e umidade relativa do ar.

A agressividade ambiental é fator previamente determinado pela NBR 6118 (ABNT, 2014) conforme ilustrado na figura 5.

Figura 5 – Classe de Agressividade Ambiental (CAA) (ABNT NBR 6118,2014).

O concreto caracterizado como revestimento interno e externo de reservatórios enterrados, objeto do presente estudo, pode fissurar-se já nas primeiras horas ou nos

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	
<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura). <sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove. <sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.			

primeiros dias de seu lançamento conforme Bertolini (2010 apud Tinoco; Morais, 2013), sendo que a mão de obra pouco qualificada e o aumento da relação água/cimento da mistura, podem resultar em uma cura inadequada, beneficiando este processo.

Tem-se ainda que tais fissuras, mesmo quando não produzem danos relevantes à estrutura, favorecem a penetração dos agentes agressivos e tornam a estrutura mais vulnerável.

Cãnovas (1988 apud Tinoco; Morais, 2013) relata que nas regiões em que o concreto não é adequado, ou não recobre, ou recobre deficientemente a armadura, a

corrosão torna-se progressiva com a formação de óxido-hidróxido de ferro, que passam a ocupar volumes de 3 a 10 vezes superior ao volume de aço da armadura, fato que caracteriza a grande incidência de fissuras em reservatórios.

## 2.4. MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EVITAR PATOLOGIA

A título de prevenção de patologia em reservatórios enterrados de concreto armado, pode-se dizer que a melhor opção vem a ser aquela previamente determinada na NBR 6118 (ABNT, 2014) à qual em seu item 7.7 Medidas especiais e 7.8 Inspeção e manutenção preventiva diz que:

### 7.7 Medidas especiais

Em condições de exposição adversas, devem ser tomadas medidas especiais de proteção e conservação do tipo: aplicação de revestimentos hidrofugantes e pinturas impermeabilizantes sobre as superfícies do concreto, revestimentos de argamassas, de cerâmicas ou outros sobre a superfície do concreto, galvanização da armadura, proteção catódica da armadura e outros.

### 7.8 Inspeção e manutenção preventiva

**7.8.1** O conjunto de projetos relativos a uma obra deve orientar-se sob uma estratégia explícita que facilite procedimentos de inspeção e manutenção preventiva da construção.

A vida útil de um reservatório deve ser garantida levando-se a efeito tanto elementos estruturais quando elementos não estruturais tais como aqueles previstos segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), quais sejam, instalações hidráulicas, chapins, rufos, contrarrufos, instalações hidráulicas e impermeabilizações.

Deve-se, sobretudo, garantir acesso facilitado ao reservatório de forma que o serviço de manutenção seja prático e que possibilite as intervenções necessárias tanto sobre a estrutura quanto às suas partes constituintes no sentido de conservar a vida útil e eficiência operacional para a qual fora projetada.

Cumpra informar que os serviços e manutenção devem ser concebidos seguindo às diretrizes estabelecidas pela NBR 5674 (ABNT, 2012), à qual encontra-se devidamente fundamentado em seu item 6.2 Meios de Controle que diz:

#### 6.2 Meios de Controle

6.2.1 Antes do início dos serviços o executante deve providenciar:

- a) meios que assegurem condições necessárias à realização segura dos serviços de manutenção;
- b) meios que protejam os usuários das edificações de eventuais danos ou prejuízos decorrentes da execução dos serviços de manutenção;
- c) delimitações, informações e sinalização de advertência aos usuários sobre eventuais riscos;

6.2.2 Durante a realização dos serviços de manutenção, todos os sistemas

6.2.3 Não é permitida a obstrução, mesmo que temporária ou parcial, das saídas de emergência. Caso seja necessária, é imprescindível criar rotas ou providências compatíveis que devem ser implementadas, antes da obstrução.

6.2.4 A execução deve seguir o cronograma físico-financeiro.

6.2.5 Caso os serviços resultem em mudança de características técnicas da edificação, o memorial descritivo, as especificações, os respectivos projetos e o manual de uso, operação, e manutenção da edificação devem ser adequados.

6.2.6 Durante a realização dos serviços, devem ser implementados controles a fim de garantir o cumprimento dos requisitos legais, de qualidade, custo e prazo, observadas as condições contratuais.

(NBR 5674 (ABNT, 2012) – Manutenção de Edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.

### **3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO DE PESQUISA**

#### **3.1. METODOLOGIA**

O método utilizado neste trabalho foi o de inspeção visual para averiguação das características construtivas dos reservatórios em estudo objetivando verificar a potabilidade da água reservada, através de coleta de amostras de água submetendo-as à ensaios laboratoriais que atestem os parâmetros físicos, baseando-se em pesquisas sustentadas em bibliografia pertinente.

A abordagem dos estudos ocorre de forma qualitativa do grau de contaminação da água reservada e da patologia existente nos reservatórios inferiores em concreto armado dos 2 (dois) condomínios que demonstraram maior precariedade visual no seu sistema. Acresce-se ainda informações sobre o histórico do sistema com os zeladores dos respectivos condomínios para coleta de depoimentos e informações relevantes ao tema abordado.

#### **3.2. PLANEJAMENTO DA PESQUISA**

A presente tese foi embasada em pesquisas bibliográficas como também em informações obtidas com os zeladores responsáveis pelos condomínios em estudo, os quais participaram das coletas realizadas pelos autores.

Dos condomínios selecionados, foram extraídas amostras de dois pontos do sistema, sendo:

Ponto 1 – Cavalete, de forma que ateste a qualidade da água fornecida pela concessionária responsável neste município, qual seja, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp.

Ponto 2 – Reservatório, de forma que ateste o grau de contaminação da água reservada no sistema.

A análise e os ensaios das amostras coletadas foram embasados na portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, que estabelece os parâmetros de potabilidade da água para consumo humano.

Registra-se ainda que as considerações apontadas no presente trabalho se encontram devidamente consubstanciadas e fundamentadas nos resultados dos ensaios realizados que viabilizaram a determinação dos parâmetros físicos necessários para equipará-los com os valores preconizados na portaria 2914/2011.

#### 4. RESERVATÓRIOS ENTERRADOS EM CONCRETO ARMADO EXECUTADOS NO MUNICÍPIO DE PRAIA GRANDE

As construtoras do município de Praia Grande, por via de regra, optam por executar o reservatório inferior de seus empreendimentos em concreto armado enterrado no pavimento subsolo. Acredita-se que os fatores que influenciam as construtoras a optar por este sistema estejam atrelados ao espaço limitado dos lotes da cidade de Praia Grande e o melhor custo-benefício, permitindo um melhor aproveitamento da área do terreno.

Entretanto, foi constatado pelos autores, através de inspeções visuais realizadas em aproximadamente 60 condomínios no período compreendido entre janeiro de 2013 e outubro de 2017, que 100% dos reservatórios encontravam-se com características construtivas em desacordo às normas técnicas vigentes, qual seja, NBR 5626 (ABNT,1998).

Entre as anomalias construtivas encontradas, verificou-se o contato direto entre as paredes do reservatório e o solo, situação que pode acarretar a contaminação da água reservada, haja vista que qualquer falha ou deterioração na impermeabilização viabiliza a percolação de água salobra presente no solo arenoso do município de Praia Grande/SP para o interior do reservatório.

A figura 6 representa esquematicamente a situação dos reservatórios vistoriados:

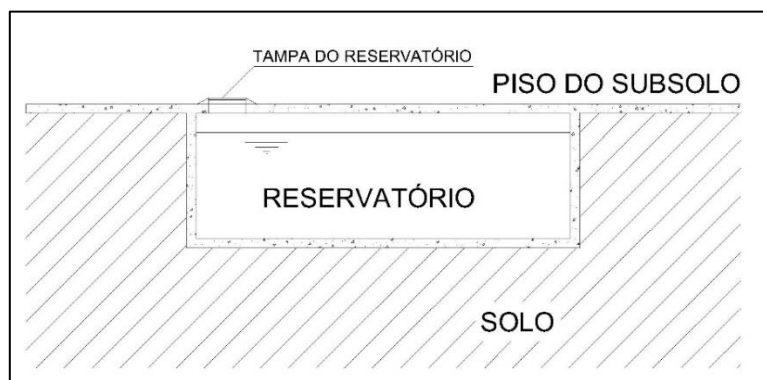


Figura 6 – Vista em corte dos reservatórios enterrados executados em Praia Grande (autoria própria)

Verificou-se também que o rebordo da tampa dos reservatórios inspecionados não apresenta altura mínima de 100 milímetros, preconizada na norma NBR 5626 (ABNT,1998), a qual em seu item 5.6.7.2 diz que:

5.6.7.2 O acesso ao interior do reservatório, para inspeção e limpeza, deve ser garantido através de abertura com dimensão mínima de 600 mm, em qualquer direção. No caso de reservatório inferior, a abertura deve ser dotada de rebordo com altura mínima de 100 mm para evitar a entrada de água de lavagem de piso e outras.

(NBR 5626 (ABNT, 1998) – Instalação Predial de Água Fria

Depreendeu-se das vistorias realizadas que ausência do rebordo mínimo de 100 mm (vide figura 7) viabiliza o risco de contaminação da água reservada através

da infiltração de agentes externos para dentro do reservatório, como no caso de limpezas realizadas na garagem, vazamento de óleos dos veículos e, até mesmo, em casos de infiltração de águas pluviais em dias de chuvas torrenciais não suportadas pelo sistema de drenagem do subsolo.



Figura 7 – Vista de tampa do reservatório inferior sem rebordo mínimo de 100 mm (autoria própria)

Da foto ilustrada na figura 8 se verifica que a superfície superior do reservatório não apresenta impermeabilização, permitindo contato direto entre a água condensada e a superfície da laje.

Verificou-se ainda que a laje de cobertura de alguns reservatórios apresenta pontos de oxidação da armadura, fato que diminui a vida útil da estrutura e permite a contaminação da água por óxido de ferro, como mostra ainda na figura 8.



Figura 8 – Vista da superfície superior do reservatório sem impermeabilização (autoria própria)

Conforme demonstrado na figura 9, as tampas dos reservatórios de ferro fundido apresentam alto índice de oxidação, tornando-se o próprio agente contaminante a água reservada.

Registra-se que tais tampas se encontram desprovidas de aplicação de produto anticorrosivo em desconformidade com as recomendações descritas no item 5.2.4.7



da NBR 5626 (ABNT,1998) “5.2.4.7 O material do reservatório deve ser resistente à corrosão ou ser provido internamente de revestimento anticorrosivo.”.



Figura 9 – Vista da corrosão da tampa de ferro fundido (autoria própria).

Foram constatados reservatórios impermeabilizados com manta asfáltica sem a presença de proteção mecânica entre a impermeabilização e a água reservada, permitindo o contato direto entre ambas, conforme figura 10.



Figura 10 – Vista de impermeabilização inadequada (autoria própria)

#### 4.1. ESTUDO DE CASO “A”

O estudo de caso “A” se trata de um edifício vertical residencial localizado a menos de 100 metros de distância da orla da praia, no bairro Nova Mirim, no município de Praia Grande/SP. O edifício é composto de 13 pavimentos, sendo: subsolo, térreo, mezanino e 10 (dez) pavimentos tipo, totalizando 56 apartamentos com acabamento de padrão médio e idade de construção de 7 (sete) anos.

Durante a inspeção técnica visual realizada no dia 24 de janeiro de 2018, no reservatório inferior localizado no pavimento subsolo, foram detectados vícios construtivos e anomalias críticas, que levaram os autores a questionar a potabilidade da água ali reservada.

No reservatório inferior do Condomínio “A”, foi constatada irregularidade na impermeabilização das paredes do reservatório, que foi executada através da aplicação de pintura impermeabilizante à base de resinas termoplásticas e cimentos aditivados. Depreendeu-se de inspeção visual que a impermeabilização realizada não foi suficientemente eficaz e bem aplicada para garantir a estanqueidade do reservatório.

Além disso, verificaram-se fissuras na superfície do concreto que permitem a percolação de agentes externos para dentro do reservatório, uma vez que este não foi construído dentro de um compartimento com afastamento mínimo de 60 centímetros como previsto pela NBR 5626 (ABNT, 1998); causando, portanto, a infiltração de água do solo, carreando os resíduos existentes nele para dentro do reservatório pelas fissuras no concreto, como consta nas figuras 11, 12 e 13.



Figura 11 – Falha na impermeabilização das paredes do reservatório e infiltração da água do solo em contato direto com a água reservada (autoria própria).



Figura 12 – Falha na impermeabilização das paredes do reservatório e infiltração da água do solo em contato direto com a água reservada (autoria própria).





Figura 13 – Falha na impermeabilização das paredes do reservatório e infiltração da água do solo em contato direto com a água reservada (autoria própria).

Foi constatada ainda a ausência de impermeabilização na superfície superior do reservatório, o que deixou a estrutura desprotegida em relação à água aditivada de cloretos, adicionados na Estação de Tratamento de Água, que evapora dentro do reservatório e condensa na laje de cobertura causando a deterioração do concreto e a corrosão da armadura da laje; deixando a água reservada sujeita a contaminações pelo óxido de ferro produzido pela corrosão da armadura, como mostra a figura 14.



Figura 14 – Ausência de impermeabilização na superfície superior do reservatório enterrado e sinais de oxidação da armadura da laje (autoria própria).

Fluídos que se concentram na laje do subsolo, como óleo, graxa, gasolina e água proveniente de inundação, também são agentes possivelmente contaminantes da água reservada, uma vez que não há impermeabilização na laje de cobertura do reservatório; sendo que, em um dos dias de coleta de amostras, após dois dias de chuvas torrenciais, o subsolo encontrava-se com vestígios de água proveniente de inundação empocada na laje em questão, como mostra a figura 15.



Figura 15 – Vista da água proveniente de inundação, empoeçada em cima da laje do reservatório inferior (autoria própria).

Durante a inspeção visual, foram constatadas também anomalias na tampa do reservatório; sendo que, a tampa instalada foi fabricada de ferro fundido e não possui o devido revestimento anticorrosivo como estabelece a NBR 5626 (ABNT, 1996); e, ainda, não foi feita totalmente a retirada das fôrmas após a cura do concreto, como mostra a figura 16, que podem ocasionar a contaminação da água reservada por óxido de ferro e por proliferação de fungos na madeira.



Figura 16 – Corrosão da tampa do reservatório por ausência de proteção e presença da madeira da fôrma que não foi retirada após a cura do concreto (autoria própria).

#### 4.1.1 Estado geral de manutenção

Foi mostrada pelo zelador do Condomínio “A”, a documentação comprobatória das manutenções/limpezas realizadas periodicamente nos reservatórios de água, ocasião em que se constatou que o serviço de limpeza é realizado por empresa especializada e habilitada, que o executa o serviço em média a cada 6 (seis) ou 8 (oito) meses.

Deve-se ressaltar que segundo o Manual do Proprietário da SINDUSCON/SP, o sistema de impermeabilização tem garantia de 5 (cinco) anos devendo, após este período, passar por manutenções preventivas e, se necessário, corretivas para

garantir um bom desempenho do mesmo; sendo que, até o momento não há registros de manutenção da impermeabilização do reservatório por parte do Condomínio A.

Através de informações obtidas com o zelador do Condomínio “A”, nos foi informado que já nos primeiros meses após a entrega do empreendimento em abril de 2012, o reservatório inferior já demonstrou seus primeiros sinais de infiltrações.

#### 4.1.2 Processo de coleta das amostras

As amostras para ensaio laboratorial foram colhidas em 2 (dois) dias distintos, sendo:

- 02 de maio de 2018 (quarta-feira) – Período da manhã;
- 11 de maio de 2018 (sexta-feira) – Período da manhã;

Tendo em vista tratar-se de um município turístico e com população flutuante, foram selecionadas datas para coleta das amostras para que fossem obtidas as situações mais extremas do uso dos reservatórios; ou seja, coleta de água no fim da semana onde fossem coletadas amostras que se encontravam em repouso por dias devido ao baixo consumo condominial, e após um feriado prolongado onde o consumo é alto, para que fosse possível ter amostra da água que se encontrava em situação contrária.

As coletas das amostras foram realizadas pelos autores com auxílio de um Becker de vidro e com o uso de luvas de látex para evitar o contato direto com a água e, então, uma possível contaminação desta (figura 17). Em seguida a água coletada foi conservada em frasco de vidro esterilizado, embalada e transportada para o laboratório, de forma que todo o processo levou cerca 3 (três) horas.

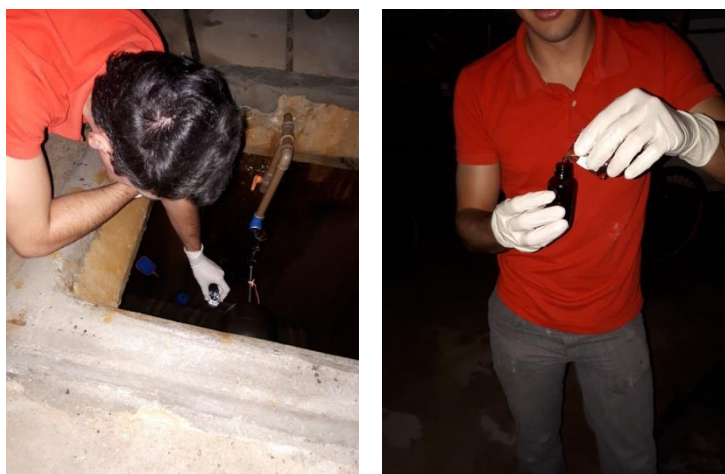


Figura 17 – Coletas realizadas nos dias 02 e 11 de maio de 2018 (autoria própria).

#### 4.2. ESTUDO DE CASO “B”

O estudo de caso “B” se trata de um edifício vertical residencial multifamiliar, localizado a 50 metros de distância da orla da praia, no bairro Aviação, no município

de Praia Grande/SP. Tal edifício é composto por 23 pavimentos, sendo: subsolo, térreo, garagem 1, garagem 2, pavimento de lazer e 18 (dezoito) pavimentos tipo, com acabamento de alto padrão e idade de construção de aproximadamente 09 (nove) anos.

A inspeção técnica visual no reservatório inferior do condomínio foi realizada no dia 19 de maio de 2017. Deve-se ressaltar que o reservatório se encontra embaixo de vagas de garagem e áreas de circulação de veículos, propiciando a infiltração de óleos e graxas no reservatório se sua impermeabilização estiver comprometida.

Durante a inspeção da tampa, foi constatado que há um rebordo com mais de 100 milímetros de altura (Figura 18), atendendo, assim, as disposições prescritas na NBR 5626 (ABNT,1998). Foi informado aos autores, através de informações obtidas com o zelador do condomínio, que o rebordo foi construído após a entrega do empreendimento, em função de recorrentes ocorrências de inundações no subsolo em dias de chuvas torrenciais, permitindo a infiltração de água pela tampa. Foi informado pelo zelador, que, após a instalação do rebordo, não houve mais ocorrências de infiltrações de água de chuva pela tampa do reservatório.



Figura 18 – Rebordo em torno da tampa do reservatório do estudo de caso B (autoria própria).

A tampa do reservatório instalada é feita de ferro fundido e não possui o devido revestimento anticorrosivo como estabelece a NBR 5626 (ABNT, 1996) podendo contaminar o reservatório inferior através do óxido de ferro produzido no processo de corrosão, como mostra a figura 19.





Figura 19 – Tampa do reservatório sem devida proteção anticorrosiva (autoria própria).

Outra anomalia constatada foi a presença de folhas de Madeirit ao redor da tampa do reservatório, utilizadas como forma para execução do rebordo da tampa e, desde então, não foram removidas, fato que viabiliza a contaminação da água por proliferação de fungos na madeira, vide figura 20:



Figura 20 – Presença de folhas de Madeirit na tampa do reservatório (autoria própria).

Ao vistoriar o interior do reservatório, foram constatados 2 (dois) pontos de ferrugem exposta. O primeiro encontrava-se na laje de cobertura do reservatório (figura 21), aparentemente causado pela falta de impermeabilização na superfície superior do reservatório, o que deixou a estrutura desprotegida em relação à água aditivada de cloretos, que evapora dentro do reservatório e condensa na laje de cobertura causando a deterioração do concreto e a corrosão da armadura da laje.



Figura 21 – Superfície superior do reservatório sem impermeabilização e com ferragem exposta (autoria própria).

O segundo ponto de oxidação era visível em uma viga do reservatório, onde o revestimento foi propositalmente removido para que fosse possível a passagem da tubulação do reservatório, tal vício construtivo permitiu a corrosão precoce da ferragem da viga e, conseqüentemente, deixa o reservatório vulnerável a contaminação da água por óxido de ferro (figura 22):



Figura 22 – Vista de escarificação do revestimento de viga do reservatório (autoria própria).

Ainda na vistoria interna do reservatório, foi constatado que a impermeabilização já estava totalmente deteriorada, não cumprindo mais com a função proposta, permitindo assim que a água e resíduos presentes no solo possam entrar em contato com a água reservada (figura 23).



Figura 23 – Falha na impermeabilização das paredes do reservatório (autoria própria).

Ainda durante a inspeção visual, foi observado que a água reservada apresentava cor de tons de marrom e alto índice de turbidez, fato que evidencia a solução de ferro dissolvido na água reservada (Figura 24).



Figura 24 – Água do reservatório apresentando cor marrom (autoria própria).

Todas as anomalias e vícios acima descritos levaram os autores a questionarem a potabilidade da água ali reservada e selecionar o condomínio em questão para realizar os exames físicos.

#### **4.3.1 Estado geral de manutenção**

Foi apresentada pelo zelador do Condomínio B, a documentação comprobatória das manutenções/limpezas realizadas periodicamente nos reservatórios de água; sendo que, o serviço de limpeza é realizado por empresa especializada e habilitada, que o executa em média a cada 7 (sete) e 9 (nove) meses.

Tal como informado no item 4.1.1. do presente trabalho, o sistema de impermeabilização tem garantia de 5 (cinco) anos conforme Manual do Proprietário da SINDUSCON/SP e que, após este período, deve passar por manutenções

preventivas e, se necessário, corretivas para garantir um bom desempenho do mesmo; sendo que, até o momento não há registros de manutenção deste sistema do reservatório por parte do Condomínio B.

#### 4.3.2 Processo de coleta das amostras

As amostras de água do Condomínio “B” foram colhidas nos mesmos dias e seguindo o mesmo procedimento que o Condomínio “A”, descrito no item 4.1.2 do presente trabalho, qual seja:

- 02 de maio de 2018 (quarta-feira) – Período da manhã;
- 11 de maio de 2018 (sexta-feira) – Período da manhã;

Tal como o item 4.1.2 deste trabalho, foram selecionadas datas para coleta das amostras para que fossem obtidas as situações mais extremas do uso dos reservatórios; conforme coleta realizada e ilustrada na figura 25.



Figura 25 – Coletas realizadas nos dias 02 e 11 de maio de 2018 (autoria própria).



## 5. ENSAIOS REALIZADOS E RESULTADOS

O presente trabalho versa sobre a análise da execução dos reservatórios inferiores em concreto armado, cujo estudo foi realizado através de inspeção visual fundamentado nas normas técnicas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a saber, a NBR 5674 (ABNT, 2012) – Manutenção de Edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção, NBR 6118 (ABNT, 2014) – Projetos de Estrutura de Concreto, NBR 5626 (ABNT, 1998) – Instalações Predial de Água Fria, NBR 9575 (ABNT, 2010) – Impermeabilização – Seleção e Projeto e a NBR 9574 (ABNT, 2008) – Execução de Impermeabilização.

Além disso, objetivando avaliar a potabilidade da água reservada foram realizados ensaios laboratoriais para identificar possíveis contaminações, tendo em vista o avançado estágio depreciativo das características construtivas identificadas nas vistorias realizadas e ilustradas no item 5 do presente trabalho.

Registra-se que o Ministério da Saúde através da portaria 2914 de 2011 estabelece os padrões de potabilidade de água destinada ao consumo humano, quais sejam: cor, pH, turbidez, flúor, cloro e coliformes, vide a seguir:

### COR

Conforme disposto no artigo 39 da portaria nº 2914 (Ministério da Saúde, 2011) “Art. 39 - A água potável deve estar em conformidade com o padrão organoléptico de potabilidade expresso no Anexo X a esta Portaria.”, sendo que na figura 26 encontra-se o parâmetro importado pelo referido anexo:

ANEXO X			
Tabela de padrão organoléptico de potabilidade			
Parâmetro	CAS	Unidade	VMP <sup>(1)</sup>
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	7664-41-7	mg/L	1,5
Cloro	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente (2)		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,01

Figura 26 – Tabela de padrão organoléptico de potabilidade (Ministério da Saúde, 2011)

### pH

A faixa de valores permitidos para o pH da água potável deve compreender os valores entre 6,0 e 9,0 conforme recomendação disposta na alínea 1 do artigo 39 da portaria 2914 (Ministério da Saúde, 2011) “§ 1º - Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.”.

## COLORO

Registra-se que o teor máximo de cloro residual livre seja de 2,0 mg/l conforme parágrafo 2 do artigo 39 da portaria 2914 (Ministério da Saúde, 2011) “§ 2º - Recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento seja de 2 mg/L”; sendo o mínimo de 0,2 mg/L.

## FERRO

No tocante aos valores máximos permitidos de ferro tem-se conforme alínea 4 do artigo 39 da portaria 2914 de 2011, vide a seguir:

§ 4º - Para os parâmetros ferro e manganês são permitidos valores superiores ao VMPs estabelecidos no Anexo X desta Portaria, desde que sejam observados os seguintes critérios:

I - os elementos ferro e manganês estejam complexados com produtos químicos comprovadamente de baixo risco à saúde, conforme preconizado no art. 13 desta Portaria e nas normas da A B N T;

II - os VMPs dos demais parâmetros do padrão de potabilidade não sejam violados; e;

**III - as concentrações de ferro e manganês não ultrapassem 2,4 e 0,4 mg/L, respectivamente (grifo nosso)**

## TURBIDEZ

Os parâmetros de turbidez estão relacionados no artigo 30 da portaria 2914 (Ministério da Saúde, 2011), a saber:

Art. 30 - Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez expresso no Anexo II e devem ser observadas as demais exigências contidas nesta Portaria.

§ 1º - Entre os 5% (cinco por cento) dos valores permitidos de turbidez superiores ao VMP estabelecido no Anexo II a esta Portaria, para água subterrânea com desinfecção, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 uT, assegurado, **simultaneamente, o atendimento ao VMP de 5,0 uT em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).** (grifo nosso)

## FLUOR

Segue a figura 27 que ilustra o padrão de potabilidade para substâncias químicas contidas no Anexo VII da portaria 2914 (Ministério da Saúde, 2011), onde encontra-se os valores máximos permitidos para o elemento flúor, a saber:

ANEXO VII			
Tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde			
Parâmetro	CAS (1)	Unidade	VMP (2)
INORGÂNICAS			
Antimônio	7440-36-0	mg/L	0,005
Arsênio	7440-38-2	mg/L	0,01
Bário	7440-39-3	mg/L	0,7
Cádmio	7440-43-9	mg/L	0,005
Chumbo	7439-92-1	mg/L	0,01
Cianeto	57-12-5	mg/L	0,07
Cobre	7440-50-8	mg/L	2
Cromo	7440-47-3	mg/L	0,05
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5
Mercurio	7439-97-6	mg/L	0,001
Níquel	7440-02-0	mg/L	0,07
Nitrato (como N)	14797-55-8	mg/l	10

Figura 27 – Tabela de padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde – Anexo VII da Portaria 2914 (Ministério da Saúde, 2011).

Isto posto, tem-se que as coletas de amostras de água reservada de ambos os condomínios objeto do presente estudo foram submetidas à ensaio laboratorial, ocasião em que se obteve resultados dos parâmetros acima relacionados e inerentes à potabilidade da água.

Diante disso, passaremos à análise dos resultados obtidos em laboratório e compará-los com os valores máximos permitidos e recomendados pelo Ministério da Saúde através da Portaria 2914 de 2011.

### 5.1. RESULTADOS OBTIDOS DO ESTUDO DE CASO “A”

Conforme exposto no item 4.1.1. Processo de Coleta das amostras do Condomínio “A”, foram realizadas coletas de amostra da água reservada nos dias 02 e 11 de maio de 2018, onde se obteve os resultados registrados nas tabelas 1 e 2 a seguir:

05 DE MAIO DE 2018			COR	pH	TURBIDEZ	FLÚOR	COLORO	CONDUTIVIDADE	FERRO
CONDOMÍNIO "A"	AMOSTRA I	CAVALETE	8,6	7,26	0,82	0,64	2,5	48,19	0,04
CONDOMÍNIO "A"	AMOSTRA II	RESERVATÓRIO	5,5	7,38	0,41	0,64	2,1	52,9	0,03

Tabela 1 – Resultados do ensaio laboratorial da água reservada no Condomínio “A” realizados no dia 02 de maio de 2018 (autoria própria).

11 DE MAIO DE 2018			COR	pH	TURBIDEZ	FLÚOR	COLORO	CONDUTIVIDADE	FERRO
CONDOMÍNIO "A"	AMOSTRA I	CAVALETE	4,0	7,3	0,25	0,67	2,4	54,1	0,02
CONDOMÍNIO "A"	AMOSTRA II	RESERVATÓRIO	4,2	7,32	0,3	0,67	1,7	55,4	0,04

Tabela 2 – Resultados do ensaio laboratorial da água reservada no Condomínio “A” realizados no dia 11 de maio de 2018 (autoria própria).

Dos resultados acima tem-se que as amostras coletadas no dia 02 de maio de 2018 encontram-se dentro dos parâmetros recomendados pela portaria 2914 de 2011,

com exceção do teor de cloro residual que superou a concentração máxima recomendada de 2,0 mg/l.

Resultados semelhantes, ou seja, dentro dos padrões estabelecidos pela portaria foram verificados nos resultados das amostras coletadas no dia 11 de maio de 2018, sendo certo que, no tocante ao cloro residual que nas coletas realizadas no dia 02 de maio de 2018 excederam o valor máximo permitido de 2,0 mg/l, verificou-se que a segunda coleta obteve resultado dentro dos parâmetros em sua totalidade somente para a água reservada. Já a amostra de água do cavalete manteve-se com valor acima do máximo permitido de 2,0 mg/l.

Entretanto, tais valores excedidos de cloro não oferecem riscos à saúde, vez que se encontram bem abaixo do valor o qual se ultrapassado passa a oferecer riscos à saúde humana, conforme verifica-se na tabela do anexo VII da portaria 2914 de 2011 que trata do Valor Máximo Permitido (VMP) para consumo humano para essa substância, conforme figura 28 a seguir:

DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO <sup>(6)</sup>			
Ácidos haloacéticos total	(6)	mg/L	0,08
Bromato	15541-45-4	mg/L	0,01
Clorito	7758-19-2	mg/L	1
Cloro residual livre	7782-50-5	mg/L	5
Cloraminas Total	10599-903	mg/l	4,0

Figura 28 – Anexo VII da portaria 2914 – Tabela de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde (Ministério da Saúde, 2011).

## 5.2. RESULTADOS OBTIDOS DO ESTUDO DE CASO “B”

Da mesma sorte, as coletas de amostra de água no Condomínio “B” foram realizadas nos dias 02 e 11 de maio de 2018, conforme item 4.2.1. Processo de Coleta das amostras do Condomínio “B”, ocasião em que se obteve os resultados registrados nas tabelas 3 e 4 a seguir:

05 DE MAIO DE 2018			COR	pH	TURBIDEZ	FLÚOR	CLORO	CONDUTIVIDADE	FERRO
CONDOMÍNIO “B”	AMOSTRA I	CAVALETE	9,9	7,35	1,83	0,64	2,3	50,13	0,04
CONDOMÍNIO “B”	AMOSTRA II	RESERVATÓRIO	3,3	7,41	0,36	0,64	2,3	48,33	0,01

Tabela 3 – Resultados do ensaio laboratorial da água reservada no Condomínio “B” realizados no dia 02 de maio de 2018 (autoria própria).

11 DE MAIO DE 2018			COR	pH	TURBIDEZ	FLÚOR	CLORO	CONDUTIVIDADE	FERRO
CONDOMÍNIO “B”	AMOSTRA I	CAVALETE	12	7,39	2,8	0,65	2,5	55,2	0,11
CONDOMÍNIO “B”	AMOSTRA II	RESERVATÓRIO	11	7,35	1,9	0,65	1,7	55,6	0,1

Tabela 4 – Resultados do ensaio laboratorial da água reservada no Condomínio “B” realizados no dia 11 de maio de 2018 (autoria própria).

Depreende-se dos resultados acima que as amostras coletadas no dia 02 de maio de 2018 encontram-se dentro dos parâmetros recomendados pela portaria 2914 de 2011, com exceção do teor de cloro residual que superou a concentração máxima recomendada de 2,0 mg/l.

Tal como os resultados obtidos para o Condomínio “A”, o Condomínio “B” também teve resultados dentro dos padrões estabelecidos pela portaria no dia 11 de maio de 2018 e que no tocante ao cloro residual que nas coletas realizadas no dia 02 de maio de 2018 excederam o valor máximo permitido de 2,0 mg/l, verificou-se que a segunda coleta obteve resultado dentro dos parâmetros em sua totalidade somente para a água reservada. Já a amostra de água do cavalete manteve-se com valor acima do máximo permitido de 2,0 mg/l.

Conforme descrito no item 5.1 os valores de cloro que ultrapassaram 2,0 mg/l não oferecem risco à saúde, pois estão abaixo do valor de 5,0 mg/l que se ultrapassado ofereceria riscos à saúde humana e caracterizando o não atendimento aos padrões de potabilidade.

Cumprir informar que foram realizadas outras coletas anteriores às estas apresentadas no presente trabalho e que não puderam ser computadas em virtude da obtenção de resultados incoerentes pelo laboratório devidamente habilitado, o qual não autorizou ser identificado.

## 6. CONCLUSÃO

Diante de todo o exposto, pode-se dizer que as diligências e estudos realizados pelos autores tratam de inspeção visual que permitiram a avaliação dos reservatórios da edificação no tocante a execução, desempenho e manutenção elaborada, baseando-se na hipótese de riscos oferecidos à saúde humana em virtude das anomalias constatadas e devidamente detalhadas no corpo do presente trabalho.

O presente trabalho foi realizado valendo-se do mapeamento das anomalias identificadas através de inspeções visuais e posterior ensaios de laboratório dos parâmetros físicos, com o intuito de fazer um levantamento das manifestações patológicas dos reservatórios.

Trata-se de manifestações patológicas inerentes à construção e manutenção, evidenciadas nas fotos acostadas no capítulo 4 – Reservatórios Enterrados em Concreto Armado Executados no Município de Praia Grande, onde registrou as seguintes patologias:

- 1) Tampa do reservatório inferior sem rebordo mínimo de 100 mm – figura nº 7;
- 2) Superfície superior do reservatório sem impermeabilização – figuras nº 8, 12, 13, 14 e 21;
- 3) Oxidação da armadura em estágio avançado – figura nº 10, 14 e 21;
- 4) Impermeabilização Inadequada – figuras nº 10, 11, 12, 13 e 23;
- 5) Corrosão da tampa do reservatório – figura nº 9, 16 e 19;
- 6) Fôrmas que não foram retiradas quando da construção do reservatório – figura nº 20;
- 7) Escarificação do cobrimento da viga do reservatório – figura nº 22.

As anomalias supracitadas promovem suspeitas de eventual contaminação da água reservada, haja vista ter sido constatado através das diligências, as características construtivas dos reservatórios de ambos os condomínios objeto do presente trabalho estarem em desconformidade com as normas técnicas fundamentadas para a função estrutural e de estanqueidade dos reservatórios, quais sejam, a NBR 6118 (ABNT, 2014) – Projetos de Estrutura de Concreto, NBR 5626 (ABNT, 1998) – Instalações Predial de Água Fria, NBR 9575 (ABNT, 2010) – Impermeabilização – Seleção e Projeto e a NBR 9574 (ABNT, 2008) – Execução de Impermeabilização.

Outras normas empregadas em edificações e que tratam de manutenção e conservação de elementos e sistemas construtivos também devem ser atendidas, para evitar o comprometimento da vida útil e perda de desempenho da edificação, tais como a NBR 5674 (ABNT, 2012) – Manutenção de Edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção.

Registra-se que as vistorias realizadas evidenciaram características construtivas em desconformidade com as normas técnicas, bem como a falta de conservação e manutenção adequada. Tem-se ainda que os ensaios laboratoriais foram realizados no sentido de investigar os parâmetros físicos representativos da água potável e preconizados pelo Ministério da Saúde através da portaria 2914 de 2011 cujos resultados atestam a potabilidade da água reservada em ambos os condomínios.

Entretanto, muito embora, os parâmetros físicos obtidos da análise laboratorial resultassem dentro dos parâmetros preconizados pelo Ministério da Saúde, pode-se dizer que tais parâmetros não garantem a potabilidade da água e ausência total de contaminação, vez que não foi possibilitado à estes autores a realização de ensaios biológicos e demais dispositivos da portaria 2914, que tratam de investigação de microrganismos patogênicos tais como coliformes totais e Escherichia coli e de recoleta (quando necessários), que não são verificados em ensaios de parâmetros físicos.

Além disso, em virtude da constatação visual de óleos e graxas na água reservada bem como da coloração identificada na figura nº 24, recomenda-se a realização de ensaios químicos para identificação qualitativa e quantificação precisa de eventuais elementos existentes na água reservada, tais como cromatografia associada à um espectrômetro de massa, considerado o melhor método para detecção de poluentes orgânicos em amostras ambientais como água e efluentes.

Cumprir informar que um cromatógrafo a gás é utilizado para separação de elementos presentes em uma determinada amostra e o espectrômetro de massa utilizado para detecção.

Trata-se de ensaios que irão identificar elementos e agentes externos tais como carbonato de cálcio responsável pelo fenômeno de carbonatação nas barras de ferro das armaduras como também teor de cloreto que também contribui para a oxidação do ferro, haja vista a oxidação da armadura estar em estágio avançado de depreciação conforme ilustrado às figuras nº 9, 10, 11, 12, 21 do presente trabalho.

A sugestão de análise mais consubstanciada se faz necessária, dando continuidade a este trabalho, vez que os parâmetros físicos não se mostram, ao menos no presente caso, seguro o suficiente para garantir a potabilidade da água, tendo em vista a ocorrência de diversas anomalias identificadas e devidamente detalhadas no corpo do presente estudo.

Tem-se que tais anomalias comprometem o desempenho e funcionalidade estrutural do reservatório gerando assim aumento do custo de manutenção e recuperação, perda da vida útil e desempenho, e, tendo em vista tratar-se de um elemento estrutural portador de matéria de consumo humano, gera riscos de danos contra a saúde à medida que viabiliza a contaminação da água reservada.

Outrossim, procurou-se no presente trabalho expor o estágio avançado de deterioração das estruturas estudadas em virtude de inconformidades técnicas de projeto e execução como também pela falta de manutenção adequada que compromete a garantia da vida útil e a função pela qual a estrutura foi proposta.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12170**. Materiais de Impermeabilização – Determinação da potabilidade da água após o contato. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13752**. Perícias de Engenharia. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**. Instalações Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**. Manutenção de Edificação - Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projetos de Estrutura de Concreto. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574**. Execução de Impermeabilização. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575**. Impermeabilização – Seleção e Projeto. Rio de Janeiro, 2010.

AUGUSTO, G. R. P.; GUIMARÃES, L. A. M.; SILVA, J. A. **Proposta de Manual Técnico com Diretrizes para Projeto e Execução de Reservatórios em Edifícios Residenciais**. Universidade Santa Cecília, 2016.

AUGUSTO, G. R. P; JUNIOR, J. A. S; GUIMARÃES, L.A.M. **Manual Técnico Para Projeto e Execução de Reservatórios Prediais**. Disponível em: <<http://cursos.unisanta.br/civil/arquivos/Manual-Reservatorios-9,5.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2017.

BRASIL. **Portaria nº 2914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 14 de dezembro de 2011. Seção 1, pt. 1.

CRUZ RUA, A. M. A. **Reservatórios Prediais para Consumo Humano e outros Fins: Critérios de Dimensionamento e Características Construtivas**. 2015. v1. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto. Portugal.

PANIAGO, D. G.; HANAI, J. B. **Análise estrutural de reservatórios enterrados de argamassa armada com telas de aço soldadas**. 2002. n. 19, p. 21-49. Cadernos de Engenharia de Estruturas. São Carlos.



SINDICATO DA CONSTRUÇÃO. **Manual do proprietário**. 3. ed. São Paulo, 2015.

TINOCO, H. F. da F.; de MORAIS, A. S. **Reservatórios em concreto armado: principais manifestações patológicas, diagnóstico e soluções para reabilitação e reforço**. 2013. n. 13. IX Congresso Internacional sobre Patologia Y Recuperación de Estructuras. João Pessoa.