

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE
CAMPUS ARACAJU
DIREÇÃO DE ENSINO
COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

GABRIELLY SANTOS NASCIMENTO EMIDIO

**ELABORAÇÃO DE GUIA DE INSPEÇÃO PARA RESERVATÓRIOS ELEVADOS
DE CONCRETO ARMADO**

MONOGRAFIA

ARACAJU
2022

GABRIELLY SANTOS NASCIMENTO EMIDIO

**ELABORAÇÃO DE GUIA DE INSPEÇÃO PARA RESERVATÓRIOS ELEVADOS
DE CONCRETO ARMADO**

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Bacharel, da
Coordenação do Curso de Engenharia Civil, do
Instituto Federal de Sergipe – Campus Aracaju.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique de
Carvalho

ARACAJU

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Geocelly Oliveira Gambardella / CRB-5 1815,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Emidio, Gabrielly Santos Nascimento.

E53e Elaboração de guia de inspeção para reservatórios elevados de
concreto armado. / Gabrielly Santos Nascimento Emidio. – Aracaju, 2022.

64 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Prof. Dr. Carlos Henrique de Carvalho.
Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto
Federal de Sergipe, 2022.

1. Inspeção. 2. Reservatório elevado. 3. Guia. 4. Matriz GUT. I.
Carvalho, Carlos Henrique de. II. Título.

CDU 691.328(81)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE

CAMPUS ARACAJU

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia N° 213

**ELABORAÇÃO DE GUIA DE INSPEÇÃO PARA RESERVATÓRIOS ELEVADOS
DE CONCRETO ARMADO**

GABRIELLY SANTOS NASCIMENTO EMÍDIO

Esta monografia foi apresentada às 19 horas do dia 07 de fevereiro de 2022 como requisito parcial para a obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

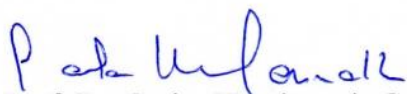


Profª. M.Sc. Andréa Santana Teixeira Lins
(IFS – Campus Aracaju)

**JORGE ROBERTO
SILVEIRA:3568730
4800**

Assinado de forma digital por
JORGE ROBERTO
SILVEIRA:35687304800
Dados: 2022.02.10 08:24:41
-03'00'

Prof. Jorge Roberto Silveira
(UFS – Campus São Cristóvão)



Prof. Dr. Carlos Henrique de Carvalho
(IFS – Campus Aracaju)
Orientador

gov.br

Documento assinado digitalmente
Pablo Gleydson de Sousa
Data: 15/02/2022 15:07:43-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Pablo Gleydson de Sousa
(IFS – Campus Aracaju)
Coordenador da COEC

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e saúde concebida até os dias de hoje.

Ao meu orientador Carlos Henrique, por toda a compreensão e por todo o conhecimento compartilhado. Sou sua eterna admiradora.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Sergipe, por todos os ensinamentos que foram essenciais nessa trajetória.

À M&C Engenharia, em especial Emerson e Francisco, por terem cedido informações a respeito do meu estudo de caso. Meu muito obrigada.

Aos meus pais, Silvanira e George, que sempre se esforçaram pra me dar a melhor educação possível. Sem vocês nada disso teria acontecido.

Aos demais familiares, especialmente minha madrinha e minha avó. Toda a dedicação de vocês para comigo não foi em vão.

Aos meus amigos, por toda a torcida e ajuda durante essa trajetória.

A todos, meus mais sinceros agradecimentos.

EPÍGRAFE

*“Sua única limitação é aquela que você
impõe em sua própria mente.”*

Napoleon Hill.

RESUMO

EMIDIO, Gabrielly Santos Nascimento. **Elaboração de guia de inspeção para reservatórios elevados de concreto armado**. 64 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – Campus Aracaju. 2022.

O trabalho objetivou elaborar um guia de inspeção para reservatórios elevados em concreto armado, identificando todas as manifestações patológicas, além do grau de prioridade. Para essa identificação, utilizou-se a matriz GUT, que avalia o grau de Gravidade, Urgência e Tendência. Apresenta a priori um levantamento sobre inspeção predial e todos os fatores que a permeiam, desde o grau de inspeção até os fatores que afetam a durabilidade de uma estrutura. A posteriori foi elaborado o guia de inspeção e aplicado em estudo de caso em um reservatório situado no município de São Cristóvão – Sergipe. Os resultados mostram a eficiência do GUT em inspeções além de mostrar a eficácia do checklist elaborado.

Palavras-chave: Inspeção; Reservatório elevado; Guia; Matriz GUT.

ABSTRACT

EMIDIO, Gabrielly Santos Nascimento. **Preparation of inspection guide for elevated reinforced concrete reservoirs**. 64 p. Monograph (Bachelor of Civil Engineering) – Federal Institute of Education, Science and Technology of Sergipe – Campus Aracaju. 2022.

The work aimed to develop an inspection guide for elevated reservoirs in reinforced concrete, identifying all pathological manifestations, in addition to the degree of priority. For this identification, the GUT (SUT) matrix was used, which evaluates the degree of Severity, Urgency and Tendency. It presents a priori a survey on building inspection and all the factors that permeate it, from the degree of inspection to the factors that affect the durability of a structure. A posteriori, the inspection guide was prepared and applied in a case study in a reservoir located in the municipality of São Cristóvão – Sergipe. The results show the efficiency of the GUT in inspections in addition to showing the effectiveness of the elaborated checklist.

Keywords: Inspection; Elevated reservoir; Guide; GUT Matrix

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Reservatórios térreos: apoiado, semienterrado e enterrado.	24
Figura 2: Reservatório elevado com estrutura de sustentação	24
Figura 3 – Efeito do vento nos reservatórios de concreto	26
Figura 4: Cargas atuantes devido à pressão da água.....	27
Figura 5: Placa de concreto depassivado com idade de 37 anos	30
Figura 6: Reservatório elevado de água – São Cristóvão/SE	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Níveis de inspeção.	19
Quadro 2: Classe de agressividade ambiental pela NP EM 206 (2016).....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da qualidade do concreto em relação à velocidade de propagação de ondas ultrassônicas.....	20
Tabela 2: Tradução de valores de ensaio de resistividade	22
Tabela 3: Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobertura nominal para $D_c = 10\text{mm}$	29
Tabela 4: Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto.....	31
Tabela 5: Classe de agressividade ambiental - CAA	32
Tabela 6: Classificação de anomalias e falhas.....	36
Tabela 7: Classificação do grau de risco para composição de prioridade das irregularidades.....	37
Tabela 8: Matriz GUT	42

LISTA DE SIGLAS

- ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural
- CAA – Classe de Agressividade Ambiental
- ELD – Estado Limite de Durabilidade
- ELS – Estado Limite de Serviço
- ELU – Estado Limite Último
- GUT – Gravidade, Urgência e Tendência
- IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia
- IBAPE-SP - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo
- NBR – Norma Brasileira
- PLS – Projeto de Lei do Senado

LISTA DE SÍMBOLOS

CaCO_3 – Carbonato de Cálcio

Ca(OH)_2 – Hidróxido de Cálcio

CO_2 – Dióxido de Carbono

H_2O – Água

kN/m^3 – Quilonewton por metro cúbico

C_{nom} – Cobrimento nominal

C_{min} – Cobrimento mínimo

D_c – Tolerância de execução

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	Objetivos Primários.....	16
1.1.2	Objetivos Secundários	16
1.2	JUSTIFICATIVA.....	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	INSPEÇÃO PREDIAL	18
2.2	NIVEIS DE INSPEÇÃO.....	18
2.3	INSPEÇÃO COM ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS	19
2.3.1	Pacometria.....	19
2.3.2	Ultrassom.....	20
2.3.3	Esclerometria	21
2.3.4	Carbonatação	21
2.3.5	Termografia	22
2.3.6	Extração De Testemunho	22
2.3.7	Resistividade	22
2.3.8	Teor de Cloretos	23
2.4	MODELOS DE ESTRUTURAS DE RESERVATÓRIOS EM CONCRETO ARMADO.....	23
2.5	MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO	25
2.5.1	Efeito De Retração e Temperatura	25
2.5.2	Efeito Do Vento.....	26
2.5.3	Efeito De Cargas Atuantes	26
2.6	CARACTERÍSTICAS QUE INFLUENCIAM NA DURABILIDADE DO RESERVATÓRIO.....	27
2.6.1	Cobrimento Da Armadura	28
2.6.2	Composição Do Concreto De Cobrimento.....	30
2.6.3	Agressividade Do Meio	31
2.7	CLASSIFICAÇÃO DE ANOMALIAS E FALHAS	35
2.8	CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE RISCO ATRAVÉS DA MATRIZ GUT ..	37
2.9	IMPERMEABILIZAÇÃO	38
3	METODOLOGIA	39
4	RESULTADOS	41
4.1	OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES PRELIMINARES E ANÁLISE DE DOCUMENTAÇÃO – ANAMNESE.	41
4.2	INSPEÇÃO EM CAMPO.....	41
4.3	CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE RISCO	43
4.4	INTERVENÇÃO COM ENSAIOS.....	43
4.5	AVALIAÇÃO DE GRAU DE PRIORIDADE	44

4.6	RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS	44
4.7	ESTUDO DE CASO	44
5	CONCLUSÃO	46
6	REFERÊNCIAS.....	48
7	ANEXOS	51

1 INTRODUÇÃO

Analisando a evolução histórica do ser humano, tem-se que a água é o principal fator para o desenvolvimento de uma sociedade. Com o passar do tempo, a população apresenta cada vez mais exigências quanto a potabilidade e facilidade de acesso.

Em locais em que não há fonte hídrica nas proximidades, é imprescindível a reservação da água em reservatórios. Por isso, é de extrema importância garantir que os mesmos apresentem estrutura de qualidade e durabilidade adequada para atender à necessidade dos consumidores.

Paralelo a isso, sabe-se que o concreto armado é um dos modelos de construção mais utilizados no mundo, podendo ser executado de diferentes formas e possuindo fácil acesso. Entretanto, com o passar do tempo apresenta deteriorações, com causas que vão desde a variações climáticas até a condições de exposição, que juntos acarretam na perda de desempenho da estrutura.

Falando de reservatórios, que é o foco desse trabalho, tem-se que são importantes intermediadores entre o sistema de abastecimento e o consumidor e é necessário assegurar que o mesmo apresente integridade para não comprometer a qualidade da água.

Para assegurar a integridade de estruturas de concreto e garantir sua durabilidade, é necessário um plano periódico de inspeção que muitas vezes é negligenciado. Segundo o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de engenharia - IBAPE (2012), inspeção predial é uma ferramenta que analisa a edificação sistemicamente, classificando as não conformidades de acordo com sua origem.

Nesse sentido, o seguinte trabalho tem como intuito elaborar um guia de inspeção que apresenta todas as etapas de um processo de inspeção em um reservatório elevado de concreto armado, identificando patologias presentes e definindo seu grau de risco.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Principal

Esse estudo tem como objetivo primário elaborar um guia de inspeção para reservatórios elevados de concreto armado.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Detectar manifestações patológicas presentes nos reservatórios;
- Determinar o grau de prioridade para intervenções;

1.2 JUSTIFICATIVA

Nas inspeções de reservatórios em concreto armado torna-se importante observar os aspectos que o tangenciam, fazendo uma rigorosa análise que vai desde o seu modelo estrutural até as anomalias presentes face degradação, para que seja garantida o pleno desempenho da vida útil conforme requisitos normativos vigentes. Como se trata de reservatório de água potável, é imperioso considerar-se fatores que levam a perda de reservação, inclusive comprometimento da potabilidade da água.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para atender a sua funcionalidade, as unidades de reservação são operadas visando atender a regularização entre adução e distribuição, regularização da pressão na rede de distribuição e composição de reserva para combate a incêndio e situações emergenciais (HELLER e PADUA; 2016).

Entendendo a importância dessas unidades de reservação para a sociedade consumidora, fatores que levam a degradação desses elementos e que possam contribuir para o surgimento de manifestações patológicas fundamentarão esse trabalho e discursões posteriores.

2.1 INSPEÇÃO PREDIAL

Conforme a NBR 16747 (2020), inspeção predial é “o processo de avaliação das condições técnicas, de uso, operação, manutenção e funcionalidade da edificação e de seus sistemas construtivos”.

Já a norma de Inspeção Predial do IBAPE SP (2016) define inspeção predial como “análise isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação”.

A inspeção é usada para identificação de deficiências sistêmicas presentes em uma edificação, detalhada em cada um dos elementos construtivos a fim de apontar o grau de risco presente em cada um deles, elaborando uma lista de prioridades técnicas para o processo de manutenção. Finalizando a inspeção, consegue-se subsidiar um plano de manutenção efetiva para a estrutura que auxilie os usuários de acordo com as necessidades presentes.

Sendo assim, a etapa de inspeção é de extrema importância em toda estrutura, afim de analisar todos os seus elementos construtivos e observar possíveis perda de desempenho (Estado Limite de Durabilidade - ELD), vida útil (Estado Limite Ultimo - ELU), funcionalidade (Estado Limite de Serviço - ELS), segurança e operação, considerada a necessidade dos usuários.

2.2 NIVEIS DE INSPEÇÃO

Para a PLS 491 (2011), apesar de ser direcionada para edificações, pondera que os níveis de inspeção predial são a classificação de acordo com a complexidade do laudo a ser elaborado, levando em consideração o número de profissionais envolvidos no processo e a profundidade de análise dos fatos.

Com o intuito de classificar a complexibilidade de cada inspeção, e também para facilitar na elaboração de orçamento dos serviços, a literatura classifica os níveis de inspeção como sendo três, trazidos no quadro 1:

Quadro 1: Níveis de inspeção.

Níveis de Inspeção		
	Classificação	Profissionais
Nível 1:	Utilizado em edificações com baixa complexibilidade técnica , de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos.	É necessário profissional habilitado em apenas uma especialidade.
Nível 2:	Utilizado em edificações de média complexibilidade técnica .	Os profissionais precisam ser habilitados em uma ou mais especialidades.
Nível 3:	É uma auditoria técnica . São utilizados em edificações de alta complexibilidade técnica .	Profissionais habilitados e de mais de uma especialidade.

Fonte: PLS nº491 (2011)

2.3 INSPEÇÃO COM ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Objetivando auxiliar na inspeção de estruturas fornecendo informações de maior confiabilidade, os ensaios não destrutivos podem subsidiar na interpretação de laudos de inspeção. Segue ensaios mais utilizados atualmente na inspeção de estruturas de concreto armado.

2.3.1 Pacometria

O ensaio de pacometria consiste no uso do aparelho chamado pacômetro, que determina através de ondas eletromagnéticas de baixa frequência a posição das barras de aço em relação a face exterior do elemento estrutural. Além dessa

funcionalidade, também pode determinar o cobrimento de concreto e o diâmetro das barras de aço.

Para Duarte (2016), as principais aplicações do pacômetro consiste em:

- Localizar barras para ensaios subsequentes: esclerometria, ultrassom, resistividade;
- Localizar pontos de extração de corpo de prova de concreto;
- Levantar densidade da armadura para avaliação e cálculo de reforço estrutural;
- Identificar cobrimento para análise de pontos críticos de corrosão;
- Verificar se a execução da obra está de acordo com o projeto.

2.3.2 Ultrassom

Os ensaios de ultrassom são realizados baseados na NBR 8802 (2019) e tem como função verificar a homogeneidade do concreto nos elementos estruturais através da velocidade de propagação de ondas ultrassônicas.

Esse ensaio consegue avaliar defeitos no concreto, como fissuras e índice de vazios, fatores que causam variações na velocidade dos pulsos. A qualidade do concreto em relação a velocidade de propagação da onda está listada na tabela 1.

Tabela 1: Classificação da qualidade do concreto em relação à velocidade de propagação de ondas ultrassônicas

Velocidade de onda ultrassônica (m/s)	Qualidade do concreto
$V > 4500$	Excelente
$3500 < V < 4500$	Ótimo
$3000 < V < 3500$	Bom
$2000 < V < 3000$	Regular
$V < 2000$	Ruim

Fonte: RINCÓN, CARRUYO, HELENE (1998)

2.3.3 Esclerometria

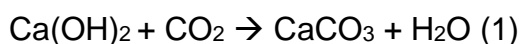
Segundo a NBR 7584 (2012), o ensaio esclerométrico, efetuado pelo martelo de Schmidt, consiste em um método de avaliação superficial para determinar a dureza superficial do concreto. O método mede a resistência superficial do concreto através de impactos realizados sob a área ensaiada.

A região a ser ensaiada já deve ter passado por um ensaio prévio de pacometria, pois áreas que contenham barras de aço apresentam resultados inconclusivos.

Áreas com alto índice de carbonatação também devem ser evitadas nesse ensaio, pois as mesmas apresentam elevada resistência superficial, e assim os valores apresentados pelo esclerômetro serão insatisfatórios.

2.3.4 Carbonatação

A corrosão por carbonatação se dá a partir da diminuição do PH da zona despassivadora da armadura. A reação ocorre a partir da penetração de CO₂ no concreto que, com presença de água, reage com o Hidróxido de Cálcio (CH), formando outros componentes, como o Carbonato de Cálcio (CRAUSS, 2010), colocado na equação 1 a seguir:



A carbonatação por si só não influi na qualidade do concreto. Concreto carbonatado é mais resistente contra a penetração de agentes agressivos que os concretos não carbonatados. Ocorre que o CaCO₃ formado ocasiona a diminuição da alcalinidade da solução presente nos poros do concreto, que conseqüentemente reduz a estabilidade química da película passivadora do aço (HELENE, 1993).

Fatores intrínsecos como umidade, temperatura e concentração de CO₂ no ambiente influenciam na velocidade de carbonatação (OLIVEIRA, 2017). Já fatores extrínsecos que afetam a carbonatação são, entre outros, porosidade do concreto, (fissuras) já que quanto mais poroso mais facilitada é a entrada de CO₂.

A despassivação do concreto, e posterior corrosão do aço, ocorre predominantemente em ambientes que tenham umidade relativa do ar entre 60% e 98% (CRAUSS, 2010).

2.3.5 Termografia

O ensaio de termografia consiste na medição das ondas de calor presentes em uma superfície. Zonas com alteração desses fluxos de calor acusam áreas de anomalias, como infiltrações ou vazios que muitas vezes não são visíveis a olho nu.

Esse ensaio é muito utilizado em inspeções preditivas para observar se há vazamentos internos na estrutura.

2.3.6 Extração De Testemunho

Testemunhos são peças de formato cilíndrico que são extraídos do concreto através de corte por sonda radioativa ou disco. Esse ensaio tem como principal objetivo a avaliação da resistência do concreto da peça extraída, mas também pode avaliar fatores como compacidade do concreto, homogeneidade e deterioração do concreto (VIEIRA FILHO, 2007).

A extração de testemunho é um método de ensaio destrutivo regido pela NBR 7680 (2015) que retira corpos de prova de concreto de elementos estruturais para posterior ensaio em laboratório. Além da resistência à compressão, também pode-se estudar características intrínsecas, como porosidade. É um importante aliado em obras de recuperação, já que através deste é possível obter características do concreto endurecido para obter dados que mostrem perda de resistência de acordo com tempo da edificação.

2.3.7 Resistividade

A resistividade elétrica no concreto é um fator muito importante no processo de durabilidade da estrutura, pois quanto maior a resistividade menor a propensão a corrosão do aço.

Segundo Cascudo (2005), duas são as formas de medição de resistividade: a primeira pelo método de Werner e a segunda pelo método dos três eletrodos, que é o método utilizado pela norma brasileira.

A partir dos resultados obtidos no ensaio, é possível identificar se a armadura apresenta potencial para corrosão. Abreu (1998) elaborou uma relação entre o risco de corrosão com o valor da resistividade obtido, mostrado na tabela 2.

Tabela 2: Tradução de valores de ensaio de resistividade

Resistividade elétrica (Ohm.m)	Risco de corrosão
> 200	desprezível
100 a 200	baixa
50 a 100	alta
< 50	muito alta

Fonte: Abreu (1998)

2.3.8 Teor de Cloretos

O ensaio de teor de cloretos consiste na medição da profundidade de penetração de cloretos no concreto. Esse ensaio é importante, pois é um grande indicador de ocorrência de corrosão no aço. Quanto maior a profundidade da penetração, maior a possibilidade de corrosão.

Os cloretos penetram no concreto através da água e do transporte de íons. Dentre os métodos mais severos, podemos citar um ambiente de molhagem e secagem constante, pois a partir dele ocorre uma elevada concentração de sais no interior do concreto (Pereira, Cincotto, 2001).

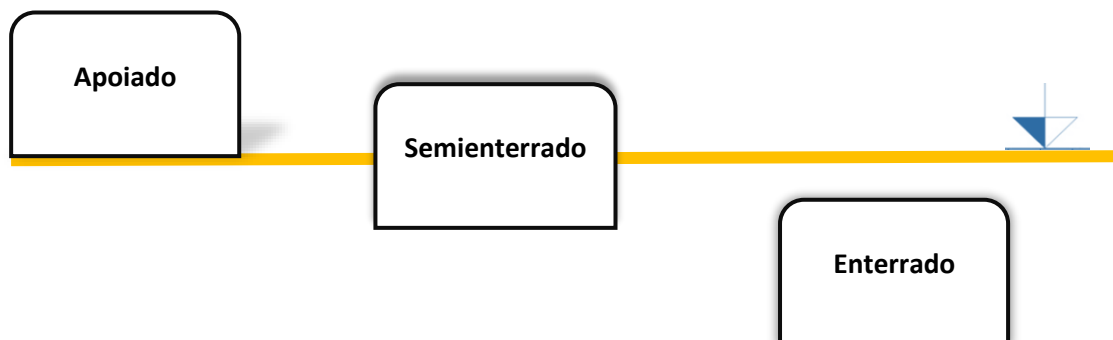
Apesar de ser semi-destrutivo, esse ensaio é de fácil execução e necessita apenas de reparo superficial.

2.4 MODELOS DE ESTRUTURAS DE RESERVATÓRIOS EM CONCRETO ARMADO

Do ponto de vista estrutural, reservatórios são estruturas com função de armazenar líquidos. Como são extremamente moldáveis por possuírem estrutura de concreto armado, eles podem assumir tamanhos e formas variadas, que serão analisados de acordo com o local e espaço disponível para a execução da obra. Os modelos mais comuns são os de forma quadrada, retangular e circular. A escolha da forma varia, pois precisa ser levado em consideração o volume que se deseja alojar no mesmo. Além do volume, também devem ser levados em consideração o custo final e os recursos disponíveis para a obra.

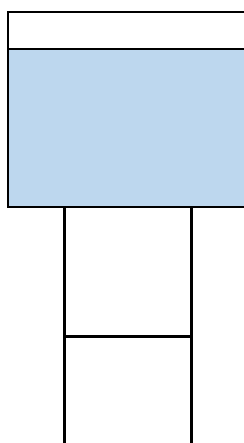
Além das formas, os reservatórios de concreto também podem ser classificados quanto a sua posição em relação ao solo. Os fatores a se observar para saber a altura ideal de um reservatório são, entre outros: dimensão da tubulação existente na cidade, pressão necessária de chegada nos pontos e perda de carga. Observado isso, podem ser térreos, que se dividem em apoiados, semienterrado e enterrado, conforme mostrado na Figura 1, ou podem ser elevados, e estes precisam de uma estrutura de base para sustentação, exemplificado na Figura 2.

Figura 1: Reservatórios térreos: apoiado, semienterrado e enterrado.



Fonte: O autor (2021)

Figura 2: Reservatório elevado com estrutura de sustentação



Fonte: O autor (2021)

A preferência quanto a escolha do reservatório se dá pela cota do terreno, sendo que em regiões com cota mais alta é preferível o uso de reservatórios apoiados, para que ele funcione por meio de gravidade, dispense o uso de bombas hidráulicas e assim diminua o custo da obra.

Vale lembrar que reservatórios com a finalidade de armazenamento de água potável não podem ter contato com o solo, de modo a preservar suas características, como odor, cheiro, gosto ou toxicidade. Então, segundo a norma NBR 5626 (2020), se não puderem ser cumpridas as exigências, deverá ser feito um compartimento para alocação do reservatório, e o mesmo deve ter distância de 60cm entre a parede externa do reservatório e a parede interna do compartimento, bem como entre o reservatório e o fundo do terreno. Além de proteger contra intoxicação da água, isso também facilita inspeções e manutenções futuras.

Os reservatórios elevados são usados quando a cota do terreno em si não é um pressuposto suficiente para fornecer uma vazão necessária para os locais abastecidos por ele. Já quanto ao sistema construtivo, ele utiliza um sistema

estrutural similar ao de edifícios. Contém vigas que descarregam as cargas nos pilares, e esses a descarregam nas fundações. Segundo Araújo (2014), o reservatório se apoia nos pilares da caixa da escada do edifício e a altura desse reservatório não deve ser superior a 2,5m para que possam ser evitados esforços exagerados, mesmo que parte do reservatório fique em balanço para que se atinja a capacidade mínima de 500L.

2.5 MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

2.5.1 Efeito De Retração e Temperatura

Os efeitos de retração e temperatura são comuns em todas as estruturas de concreto armado, e características como localização e tamanho da estrutura influenciam na intensidade desses fatores, o que leva a crer que os reservatórios elevados tem os efeitos dessas variações potencializados.

Segundo Araújo (2014), em virtude das grandes dimensões dos reservatórios, os efeitos de variação térmica são maiores, e os efeitos de altas temperaturas na tampa causa fissurações, o que o leva a defender a construção de reservatórios divididos em células menores ou com isolamento térmico da laje.

Para Laranjeiras (2021), as fissuras geradas pelo efeito de retração são um tema de suma importância na engenharia e no bom desempenho dos engenheiros projetistas pelos seguintes motivos:

- São danos recorrentes em reservatórios que contém algum tipo de líquido e sua inobservância tem causado problemas em várias construções;
- Inexiste normas nacionais que tratem sobre o controle de fissurações em reservatórios de concreto armado.
- Não é um assunto que os engenheiros possuem grande domínio, e por isso acaba sendo negligenciado por muitos projetistas.

“A maior dificuldade do problema é a análise dos esforços gerados pela retração e temperatura, que não é uma análise linear, mas sim não-linear, uma vez que sua grandeza depende grandemente da rigidez dos elementos, sob influência da fissuração. Quando temerosos dos efeitos da retração e da temperatura, os engenheiros interpõem juntas de movimento nas estruturas para não ter que enfrentá-los.” (LARANJEIRAS, 2021)

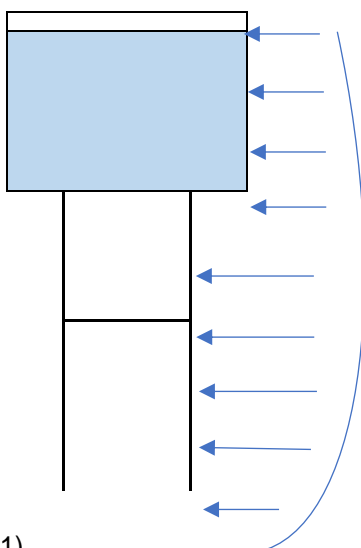
O autor ainda relata alguns problemas em incorporar esse assunto na fase de projeto. Mostra que são problemas que acabam ocorrendo meses após a entrega da obra, levando a falsa sensação de que não há nenhum problema na estrutura. Mostra também a resistência de muitos engenheiros em incorporar a “armadura mínima de tração sob deformações impostas”, presente na NBR 6118

(2018), e que muitos acabam fazendo uma falsa associação dessa com a “armadura de pele”.

2.5.2 Efeito Do Vento

O efeito do vento, que se manifesta perpendicularmente na estrutura, (Figura 3), deve ser considerado em reservatórios elevados devido à sua altura. A NBR 6118:2018 (Projeto de estruturas de concreto – procedimento) determina que o cálculo para essa variante deverá ser feito de acordo com a NBR 6123:2013 (Forças devidas ao vento em edificações), já que possui regras mais específicas. A ação do vento em estruturas elevadas é mostrada na figura 3.

Figura 3 – Efeito do vento nos reservatórios de concreto



Fonte: O autor (2021)

A preocupação com ação dos ventos é nula em reservatórios apoiados, mas nos elevados é um fator que precisa ser considerado devido ao seu índice de esbeltez, que diz o quanto uma estrutura de concreto é mais ou menos vulnerável ao efeito da flambagem.

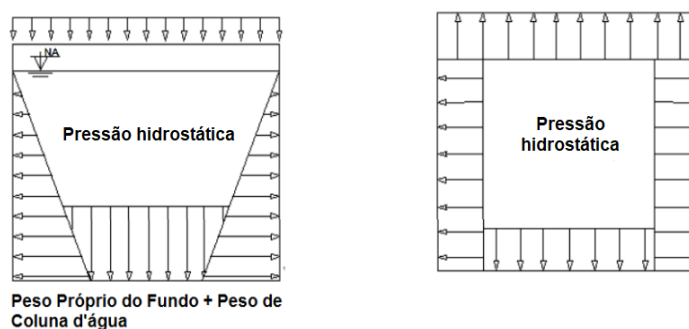
2.5.3 Efeito De Cargas Atuantes

Ao analisar o efeito de cargas atuantes em um reservatório elevado, é importante observar as cargas que apresentam peso fixo na estrutura, para que possa ser levado em consideração no ato do dimensionamento. Segundo a NBR 6120 (2019), cargas que atuam com valores constantes ou de pequena variação são consideradas cargas permanentes, e são exemplos delas o peso próprio e a pressão hidrostática da água.

O peso próprio em uma estrutura é a soma de todos os materiais que a compõem. Em um reservatório de concreto armado, considera-se o peso específico aparente de 25kN/m^3 (NBR 6120/2019).

Já a pressão hidrostática da água é uma força atuante nas paredes do reservatório e possuem atuação triangular, sendo a força do fundo da parede maior que a força atuante próximo a tampa, conforme mostrado na figura 4.

Figura 4: Cargas atuantes devido à pressão da água



a) corte vertical

b) corte horizontal

Fonte: Resmin (2017)

2.6 CARACTERÍSTICAS QUE INFLUENCIAM NA DURABILIDADE DO RESERVATÓRIO

No que tange à vida útil de uma estrutura, é importante observar os requisitos mínimos que devem ser atendidos. A capacidade resistente (ELU) e o desempenho em serviço (ELS) da estrutura são alguns parâmetros trazidos pela NBR 6118 (2014). Já o requisito durabilidade (ELD) é citado, mas não detalhado, pela NBR; porém, é de suma importância observar seus requisitos face as características do concreto.

A capacidade resistente está atrelada a sua condição de ruptura; ou seja, a estrutura precisa ser rígida a ponto de resistir a esforços de curto, médio e longo prazo, garantindo sempre uma margem de segurança, evitando o Estado Limite Ultimo. O desempenho em serviço (ELS) consiste em manter a estrutura em condições de uso durante o tempo de vida útil para a qual foi projetada, sem que haja falhas que comprometam o uso. E, por último, a durabilidade (ELD), com a função de resistir ao ataque dos agentes agressivos ambientais.

A vida útil compreende em

“...período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.” (NBR 6118, 2014)

Com o objetivo de aumentar a durabilidade da estrutura, considera-se em projeto parâmetros de degradação relacionados ao compósito do concreto armado estrutural.

2.6.1 Cobrimento Da Armadura

O cobrimento da armadura é a camada de concreto que fica localizada entre o ambiente externo e a face externa da armadura. Além de resistir às forças de tração e compressão, seu principal objetivo é proteger a armadura do ataque agressivo ambiental. A camada de cobrimento é uma das medidas de proteção contra o processo de corrosão eletroquímica nas armaduras, portanto na vida útil da estrutura.

O calculista deve atender a requisitos estabelecidos na NBR 6118 (2014) em relação a concepção do cobrimento mínimo (Equação 2) e na fase de execução a gestão da produção não pode prevaricar com a espessura projetada.

$$C_{nom} = C_{mín} + D_c \quad (2)$$

Onde:

C_{nom} = Cobrimento nominal

$C_{mín}$ = Cobrimento mínimo

D_c = Tolerância de execução

O cobrimento nominal é calculado a partir do cobrimento mínimo, estabelecido em norma e mostrado na Tabela 3, mais a tolerância de execução. Com isso, a armadura precisa ser dimensionada e espaçada respeitando os limites de cobrimento.

Tabela 3: Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para Dc = 10mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (CAA)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/Pilar	30	35	45	55

a) Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

b) Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

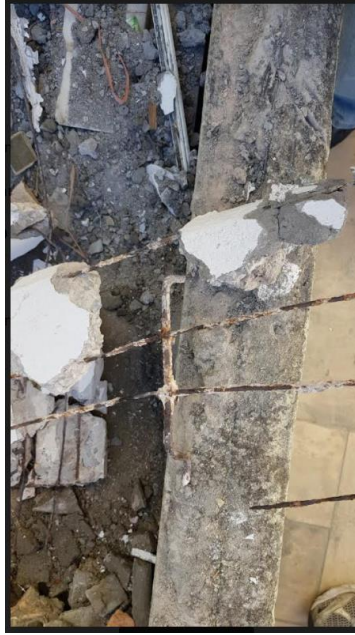
c) Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

d) No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118 (2014), tabela 7.2.

A figura 5 mostrada abaixo destaca dois opostos em uma estrutura de concreto armado, com idade de 37 anos. De um lado o cobrimento de um concreto que garantiu a existência da armadura sem corrosão. Na mesma peça, evidencia-se a despassivação do mesmo concreto que colocou a armadura em exposição a ataques ambientais.

Figura 5: Placa de concreto depassivado com idade de 37 anos



Fonte: Carvalho (2020)

2.6.2 Composição Do Concreto De Cobrimento

De acordo com a NBR 6118 (2014), além de ter uma espessura mínima fixada, a qualidade do concreto de cobrimento é de grande relevância face a durabilidade de uma estrutura.

Para garantir o desempenho de durabilidade, é necessário utilizar ensaios comprobatórios (porosidade, resistência a compressão, penetração de cloretos, entre outros) que possam afirmar a qualidade do concreto de acordo com o tipo de agressividade fixada em projeto. Por haver uma grande concordância entre a relação água/cimento e a resistência a compressão do concreto e sua durabilidade, não sendo possível realizar esses ensaios, os requisitos da tabela 4 mostrada abaixo, fixada na NBR 6118 (2014), podem ser utilizados.

Tabela 4: Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto.

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV ^c
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

- a) O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.
b) CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
c) CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: NBR 6118 (2014), tabela 7.1.

A umidade presente nos poros do concreto endurecido influi diretamente na difusão de agentes agressivos, já que a difusão é o meio pelo qual os cloretos percolam no concreto, e quanto maior a porosidade no concreto de cobrimento, maior será a difusão de gases. Acontece que a difusão do CO₂ em ambientes aquosos é 10⁴ vezes maior que em ambientes gasosos (HELENE, 1993), levando a crer que em reservatórios de concreto armado a penetração de elementos exógenos é facilitada se não houver um concreto de cobrimento adequado.

2.6.3 Agressividade Do Meio

A agressividade ambiental, segundo a NBR 6118 (2014), são as condições em que a estrutura está submetida, levando em consideração ações químicas e físicas e desconsiderando ações mecânicas, além de variações volumétricas de natureza térmica ou de retração hidráulica.

Quando a armadura de aço não possui um bom concreto de cobrimento a envelopando, a mesma fica sujeita a ações do meio, como corrosão, que pode prejudicar a estabilidade da estrutura. A corrosão pode acontecer de diversas formas, porém em ambientes com maior agressividade, como regiões litorâneas, a corrosão se dá na sua maior parte por reações de oxirredução. Por isso, em função da agressividade do meio, a norma brasileira estabelece algumas classificações que será utilizada no ato do cálculo de cobrimento mínimo da armadura, bem como na qualidade do concreto que será utilizado. A Classe de agressividade ambiental segundo a NBR 6118 (2014) esta exposta na tabela 5.

Tabela 5: Classe de agressividade ambiental - CAA

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 ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingo de maré	

a) 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).

b) 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.

c) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118 (2014), tabela 6.1

Há quem considere os parâmetros da norma brasileira insatisfatórios. Para Veras (2020), os requisitos mínimos exigidos pela norma são insuficientes até em estruturas de 30 anos, para a qual foram projetadas; conseqüentemente também são insuficientes em estruturas de 50 anos, que é o tempo de vida útil das estruturas atualmente. Um país como a Inglaterra, que possui extensão territorial semelhante à do estado da Bahia, utiliza a norma Europeia (BN EM, 2016), que explicita 18 classes de agressividade, que estão detalhadas na tabela a seguir.

Quadro 2: Classe de agressividade ambiental pela NP EN 206 (2016)

Designação da classe	Descrição do ambiente	Exemplos informativos de condições em que poderão ocorrer as classes de exposição
1 Nenhum risco de corrosão ou ataque		
X0	Para concreto sem armadura ou elementos metálicos embebidos: todas as exposições, exceto em situação de gelo/degelo, abrasão ou ataque químico. Para concreto com armadura ou elementos metálicos embebidos: muito seco	Concreto no interior de edifícios com uma umidade do ar ambiente muito baixa.

2 Corrosão induzida por carbonatação

Quando o concreto, armado ou contendo outros metais embebidos, se encontrar exposto ao ar e a umidade, a exposição ambiental deve ser classificada como se segue:

XC1	Seco ou permanentemente úmido	Concreto no interior de edifícios com uma umidade do ar ambiente baixa. Concreto permanentemente submerso em água.
XC2	Úmido, raramente seco	Superfícies de concreto sujeitas a contato prolongado com água. Um grande número de fundações.
XC3	Umidade moderada	Concreto no interior de edifícios com uma umidade do ar moderada ou elevada. Concreto no exterior protegido de chuva
XC4	Alternadamente úmido e seco	Superfícies de concreto sujeitas a contato com água, não incluídas na classe de exposição XC2.

3 Corrosão induzida por cloretos não provenientes da água do mar

Quando o concreto armado ou contendo outros metais embebidos se encontrar em contato com a água, que não é água do mar, contendo cloretos, incluindo sais descongelantes, a exposição ambiental deve ser classificada como se segue:

XD1	Umidade moderada	Superfícies de concreto expostas a cloretos transportados pelo ar.
XD2	Úmido, raramente seco	Piscinas. Elementos de concreto expostos a águas industriais contendo cloretos.
XD3	Alternadamente úmido e seco	Elementos de pontes expostos a pulverizações contendo cloretos. Pavimentos. Lajes de parques de estacionamento

4 Corrosão induzida por cloretos presentes na água do mar

Quando o concreto armado ou contendo outros metais embebidos se encontrar em contato com cloretos provenientes da água do mar ou exposto ao ar transportando sais marinhos, a exposição ambiental deve ser classificada como se segue:

XS1	Exposto ao sal transportado pelo ar, mas não em contato direto com a água do mar.	Estruturas próximas da costa ou na costa.
XS2	Permanentemente submerso.	Elementos de estruturas marítimas.
XS3	Zonas sujeitas aos efeitos das marés, da rebentação e da neblina marítima.	Elementos de estruturas marítimas.

5 Ataque gelo/degelo com ou sem produtos descongelantes

Quando o concreto, enquanto úmido, se encontrar exposto a um significativo ataque por ciclos de gelo/degelo, a exposição ambiental deve ser classificada como se segue:

XF1	Saturação moderada em água, sem produto descongelante.	Superfícies verticais de concreto expostas a chuva e ao gelo.
-----	--	---

XF2	Saturação moderada em água, com produto descongelante	Superfícies verticais de concreto de estruturas rodoviárias expostas ao gelo e a produtos descongelantes transportados pelo ar.
XF3	Saturação elevada em água, sem produtos descongelantes.	Superfícies horizontais de concreto expostas a chuva e ao gelo.
XF4	Saturação elevada em água, com produtos descongelantes ou com água do mar.	Estradas e tabuleiros de pontes expostos a produtos descongelantes. Superfícies de concreto expostas a pulverização direta contendo produtos descongelantes e expostas ao gelo. Zonas sujeitas aos efeitos da rebentação de estruturas marítimas expostas ao gelo.

6 Ataque químico

Quando o concreto se encontrar exposto ao ataque químico proveniente de solos naturais e águas subterrâneas, a classificação deve ser feita da seguinte forma:

XA1	Ambiente químico ligeiramente agressivo, de acordo com a EN 206-1.
XA2	Ambiente químico moderadamente agressivo, de acordo com a EN 206-1.
XA3	Ambiente químico altamente agressivo, de acordo com a EN 206-1.

Fonte: NP EN 206 (2016)

O item 6.4.3 da NBR 6118 (2014) diz que dada a necessidade de classificação ambiental e tendo posse de dados pertinentes a essa agressividade, pode-se considerar classificações mais agressivas que as estabelecidas no quadro 6.1. Ou seja, utilizar normas estrangeiras na classificação de agressividade não fere a validade do dimensionamento em obras brasileiras.

2.7 CLASSIFICAÇÃO DE ANOMALIAS E FALHAS

Anomalias e falhas são não conformidades que resultam na perda de vida útil da edificação. Podem ser causadas por má execução de projeto e/ou por

tempo de degradação da estrutura atrelado a falta de manutenção. Segundo o Projeto de Lei nº 491 (2011), anomalias são vícios construtivos de projeto, materiais e execução. Já as falhas são vícios na manutenção do plano, de procedimentos e de operação.

Essas patologias podem ser definidas através da tabela 6 abaixo:

Tabela 6: Classificação de anomalias e falhas

Anomalias		Falhas	
Endógena:	São vícios de projeto, materiais e execução da construção.	De planejamento:	Oriundas do programa de manutenção.
Exógena:	A partir de danos causados por terceiros.	De execução:	Oriundas dos procedimentos e insumos.
Natural:	São danos causados pela natureza.	Operacionais:	Provenientes dos registros e controles técnicos.
Funcional:	Provenientes da degradação natural do sistema.	Gerenciais:	Desvios de qualidade e custos.

Fonte: PL 491 (2011), pag. 19 e 20.

Posterior à observância dessas patologias e os possíveis impactos que podem ser causados pela utilização desse reservatório, faz-se necessário classificar o reservatório quanto ao grau de risco.

2.8 CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE RISCO ATRAVÉS DA MATRIZ GUT

A matriz GUT é uma importante ferramenta gerencial que tem como objetivo definir a prioridade na tomada de decisão, com base na Gravidade, Urgência e Tendência. Na aplicação da mesma em laudos periciais de reservatórios, é necessário listar todos os elementos com patologias pré-existentes e analisar cada um individualmente. Após isso, definir uma nota para cada um deles, de acordo com as tabelas abaixo. Ao final da definição da pontuação, elementos com maior nota terão prioridade no processo de manutenção de cada matriz. A tabela 7 mostra os critérios a serem analisados na atribuição da pontuação.

Tabela 7: Classificação do grau de risco para composição de prioridade das irregularidades

GRAU	GRAVIDADE	PESO
Total	Risco de morte, impacto irrecuperável com perda excessiva de desempenho, prejuízo financeiro muito alto	5
Alta	Perigo de lesão aos usuários, danos recuperáveis ao meio ambiente e à edificação.	4
Média	Risco à saúde dos usuários ocasionado pela degradação de sistemas, avarias ao meio ambiente reversíveis, perda financeira média.	3
Baixa	Sem risco de saúde aos usuários, baixa degradação ao meio ambiente, necessidade de substituição de alguns sistemas, perda financeira baixa	2
Nenhuma	Sem risco de saúde ou plenitude física, mínima deterioração do ambiente, nenhum dano de valor.	1
GRAU	URGÊNCIA	PESO
Total	Acontecimento imediato, necessidade de interdição do imóvel sem prazos extras	5
Alta	Acontecimento na iminência de acontecer, urgente intervenção.	4
Média	Adversidade prevista para breve, necessidade de intervir rapidamente.	3
Baixa	Inicialização de um incidente, intervenção ainda em forma de planos.	2
Nenhuma	Adversidade imprevista, mas necessário acompanhamento para futuras manutenções.	1
GRAU	TENDÊNCIA	PESO
Total	Progresso da manifestação imediato, podendo haver piores a qualquer instante.	5
Alta	Evolução da situação prestes a ocorrer.	4
Média	Evolução a médio prazo.	3
Baixa	Possível evolução a longo prazo. Poderá vir a ocorrer. Situação de demora.	2
Nenhuma	Situação estabilizada, sem evolução do caso.	1

Fonte: Adaptada de Braga, Brandão, Ribeiro e Diógenes (2019)

2.9 IMPERMEABILIZAÇÃO

Segundo a NBR 9575/2010, impermeabilização é o conjunto de técnicas capaz de proteger uma construção de ataques de fluidos, vapores e umidade. Portanto, é importante salientar que é um procedimento que garante durabilidade da edificação, proteção dos consumidores e usabilidade.

Existem vários tipos de impermeabilização, sendo cada um deles destinado a estruturas de diferentes modelos e finalidade, e são classificados de acordo com sua camada impermeável, e podem ser de três tipos:

- Cimentícios;
- Asfálticos;
- Poliméricos.

Em reservatórios, o sistema de impermeabilização necessita de um controle rigoroso para que a potabilidade da água não seja prejudicada.

3 METODOLOGIA

Para a elaboração desse trabalho, foi utilizado uma série de artigos científicos já presentes no mercado que falam sobre o tema, conhecimentos prévios do autor, além de normas vigentes que regulamentam a inspeção predial.

O IBAPE possui uma Norma de Inspeção Predial nacional que regulamenta esse tipo de intervenção na estrutura, juntamente com outras normas que possuem no mercado. Também se utilizou como referência o check list para vistoria de edificações em concreto armado, da ABECE.

Além desses, também foi utilizado a Matriz GUT, que é um modelo de priorização muito utilizado em situações de tomada de decisão.

A partir da análise das informações, foi elaborado um guia dividido em duas partes, que estão compreendidos nas seguintes etapas.

- Anexo 1



Fonte: Próprio autor

- Anexo 2



Fonte: Próprio autor

Com o crescente desabamento de estruturas por falta de manutenção, observa-se o quão importante é a realização de inspeção periódica em estruturas de concreto armado para que sua vida útil e segurança dos usuários seja garantida.

4 RESULTADOS

Um guia de inspeção é uma ferramenta importante para registrar e auxiliar no diagnóstico de uma estrutura já existente, realizando uma melhor gestão dos recursos na inspeção em campo.

Para facilitar a inspeção em reservatórios elevados, criou-se um guia detalhado com todas as informações pertinentes a serem observadas e listadas para auxiliar na posterior criação de plano de manutenção.

O guia foi dividido em duas etapas, que necessitam ser utilizadas juntas no ato da inspeção:

- Anexo A: Contém todas as informações preliminares acerca da edificação, check list de documentação e anomalias nos sistemas construtivos, possível utilização de ensaios, assim como análise da priorização através da matriz GUT.
- Anexo B: Relatório fotográfico mostrando a anomalia presente em cada elemento construtivo, bem como o tamanho da intervenção.

4.1 Obtenção de informações preliminares e análise de documentação – anamnese.

A etapa preliminar da inspeção é a colheita de informações a respeito do reservatório, bem como seus projetos, laudos, plano de manutenção (se houver), entre outros. Essa anamnese deve ser feita com o responsável pelo reservatório e com os órgãos estaduais e municipais pertinentes.

Essa etapa precisa ser feita com minuciosidade no ato da pesquisa, visto que facilitará o entendimento do engenheiro inspetor a respeito de todo o sistema construtivo do reservatório antes da análise em campo, bem como identificar áreas críticas para melhor observação.

4.2 Inspeção em campo.

Posterior à anamnese, nela cabe ao inspetor analisar as informações e a partir delas detectar possíveis problemas já existentes, bem como antecipar

problemas que possam ocorrer. No momento da inspeção em campo o mesmo já deve saber os pontos mais críticos a serem observados.

O guia elaborado lista os possíveis aspectos de deterioração de um reservatório, para que a partir de todo o seu preenchimento possa concluir-se a condição atual da estrutura. A enumeração em cada elemento será feita a partir da matriz GUT, que é uma importante ferramenta de auxílio na priorização de resolução de problemas, e os julga através dos critérios de Gravidade, Urgência e Tendência.

No guia apresentado, cada patologia presente em cada elemento construtivo deve ser julgada com nota de 1 a 5 para cada critério GUT, sendo 1 classificado como “nenhuma” e 5 como “total”, como exemplificado na tabela 8.

Tabela 8: Matriz GUT

Gravidade	Urgência	Tendência
1- Nenhuma	1- Nenhuma	1- Nenhuma
2- Baixa	2- Baixa	2- Baixa
3- Média	3- Média	3- Média
4- Alta	4- Alta	4- Alta
5- Total	5- Total	5- Total

Fonte: Adaptada de Braga, Brandão, Ribeiro e Diógenes (2019)

Tomando como exemplo o recalque diferencial do solo, a priori é feita a análise se o ambiente estudado possui essa patologia. Se possuir, marca a opção “sim” no guia. Se não, marca a opção “não”. Logo após, tem-se que se apresentar nota 2 para Gravidade, 3 para Urgência e 2 para Tendência, conclui-se que a nota GUT dessa patologia de fundação é a multiplicação dos três números, totalizando assim 12 pontos. O valor total GUT da fundação será a soma de todos os GUTs dos elementos presentes na fundação, exposto na tabela 9.

Tabela 9: Representação do uso da tabela com GUT
Grau de risco

Elemento	Sim	Não	G	U	T	GxUxT
			1 a 5	1 a 5	1 a 5	
Recalque diferencial do solo	x		2	3	2	12
Valor total:						12

Fonte: Próprio autor (2022)

4.3 Classificação do grau de risco

Depois da soma de todos os valores estabelecidos através da matriz GUT, é preciso analisar elemento por elemento e estabelecer um prazo de intervenção. No presente guia, foi formulado da seguinte forma:

- Intervenção em curto prazo;
- Intervenção em médio prazo;
- Intervenção em longo prazo.

4.4 Intervenção com ensaios

Posterior à classificação do risco dos elementos estruturais, cabe ao inspetor acoplar o conjunto das patologias presentes e definir se há necessidade de utilização de ensaios para estabelecer um diagnóstico mais preciso.

Os ensaios servem para fornecer informações que visualmente o inspetor não é capaz de perceber. Eles podem ser destrutivos, como pacometria, ou semi destrutivos, como extração de testemunho.

4.5 Avaliação de grau de prioridade

A partir do somatório da pontuação de todas as patologias presentes, é preciso verificar qual elemento construtivo apresentou maior pontuação GUT, para que posteriormente faça a enumeração em ordem decrescente dos elementos a serem priorizados na manutenção.

4.6 Recomendações técnicas

Considerando toda a análise feita pelo inspetor na edificação, desde a anamnese da documentação até o preenchimento do guia e suas considerações finais, recomenda-se que o mesmo apresente sugestões para que possam ser colocadas no plano de manutenção. Segundo a ABECE (2005), é possível sugerir possibilidades de intervenções a serem executadas, mas não é obrigatório. Também relata que o inspetor deve apresentar um prognóstico da estrutura e relatar o que pode ocorrer caso não se realize a intervenção necessária.

4.7 Estudo de caso

Para validar o guia de inspeção elaborado, fez-se a aplicação do mesmo em um reservatório elevado presente no estado de Sergipe e mantido pela companhia de água local.

O reservatório fica localizado no município de São Cristóvão, no povoado Cabrita, e possui, em média, 40 anos desde que foi construído. Tem capacidade de 150 m³, formato cilíndrico, com 3,37 m de diâmetro e altura da cuba de 4,2 m. A figura 6 mostra o reservatório em questão.

Figura 6: Reservatório elevado de água – São Cristóvão/SE



Fonte: M&C Engenharia (2020)

As informações presentes na avaliação são inerentes ao inspetor, podendo sofrer pequenas alterações na troca do mesmo, mas sem sair do cerne central da problemática.

O guia objetivado e concebido encontra-se anexado (Anexo A) no final do trabalho para uso pelos profissionais do mercado perícia.

ANEXO A

**GUIA DE INSPEÇÃO EM RESERVATORIOS ELEVADOS DE
CONCRETO ARMADO**

**Laudos nº
001**

5 CONCLUSÃO

Essa pesquisa procurou identificar todas as fases de uma inspeção em campo, pormenorizando cada etapa em diferentes processos a serem observados, através da elaboração de um guia que facilite o procedimento de inspeção. No guia concebido destaca-se a importância do planejamento e organização na fase de inspeção em campo, facilitando assim o trabalho do engenheiro inspetor nessa etapa.

Todas as manifestações patológicas apresentadas no guia foram listadas de acordo com experiências do autor, além de visualização de normas vigentes, como da ABECE e IBAPE. Observa-se que as patologias presentes no reservatório em questão não se distanciam das que foram pensadas e elaboradas para esse guia.

A partir do guia elaborado, é possível observar todas as informações acerca de uma inspeção em campo, listadas em ordem cronológica, para que o inspetor tenha um direcionamento no ato da inspeção. A priori observou-se todas as manifestações patológicas presentes em cada elemento construtivo e estabeleceu-se uma nota através da matriz GUT. A posteriori, listou-se os elementos com maior nota e a partir disso foi estabelecido o grau de prioridade que dará embasamento ao futuro plano de manutenção.

No reservatório apresentado, não foi detectado risco aparente nem indícios de comprometimento da estabilidade da estrutura. Contudo, a mesma apresenta patologias que correm risco de evolução caso não haja uma intervenção imediata. A falta de drenagem superficial no solo atrelado ao pé de pilar com armadura exposta com o passar do tempo ocasionará a perda do desempenho na estrutura.

Além desse, vale destacar também outros problemas apresentados. O reservatório apresenta trincas e estalactites na laje de fundo, o que leva a crer que a impermeabilização da cuba está comprometida. Também apresenta deslocamento de concreto de cobertura, deixando a armadura exposta a ataque de agentes agressivos.

Ao final da análise estabeleceu-se o grau de prioridade a partir da nota GUT de cada elemento construtivo para que a priorização seja feita de forma coerente no ato da manutenção. De acordo com o que foi observado

visualmente, a prioridade pela nota GUT está de acordo com o que foi visto em campo, mostrando assim que esse método é eficiente para esse fim.

Vale ressaltar que todas essas patologias seriam contidas caso o reservatório possuísse um plano de inspeção periódica para que se possa garantir o desempenho da estrutura ao longo do seu tempo de vida útil, garantindo assim a segurança dos usuários.

Através do que foi exposto no trabalho, e tendo em vista a escassez desse tipo de check list no mercado, leva-se a crer que o interesse por guias no ato da inspeção poderá crescer, já que economiza tempo e facilita a inspeção sem riscos de que algum detalhe possa ser deixado para trás.

Considerando que a inspeção predial é a análise preliminar a manutenção corretiva ou preventiva, tem-se que uma sugestão de trabalho futuro seria a elaboração do Plano de Manutenção do estudo de caso mostrado no presente trabalho, utilizando o laudo apresentado pelo guia resultante dessa monografia.

6 REFERÊNCIAS

ABECE. **Check List para vistoria de edificações em Concreto Armado**. Recife, 2005. Disponível em: <https://docplayer.com.br/11594197-Check-list-para-vistoria-de-edificacoes-em-concreto-armado.html>. Acesso em: 10 jul. 2021

ABREU, A. G. **Efeito das adições minerais na resistividade elétrica de concretos convencionais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

ARAÚJO, J. M. de. **Curso de concreto armado** – Volume 4. Editora Dunas, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626 – 2020**: sistemas prediais de água fria e água quente – projeto, execução, operação e manutenção. São Paulo, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 – 2014**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. São Paulo, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575/2010**: impermeabilização – seleção e projeto. São Paulo, 2010.

BRAGA, I. C.; BRANDÃO, F. S.; RIBEIRO, F. R. C.; DIÓGENES, A.C. Aplicação da matriz GUT na análise de manifestações patológicas em construções históricas. **Revista ALCONPAT**. V. 9, Nº 3, set./dez. 2019, p. 320 – 335.

BRASIL. Projeto de Lei do Senado 491/2011, de 18 de julho de 2013. Determina a realização periódica de inspeções em edificações e cria o Laudo de Inspeção Técnica de Edificação (LITE). **Senado Federal**, Brasília – DF, 18 de julho de 2013. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/101665>. Acesso em: 05 ago. 2021

CASCUDO, O. Inspeção e diagnóstico de estrutura de concreto com problemas de corrosão de armaduras. *In*: **Concreto**: ensino, pesquisa e realizações. IBRACON. São Paulo. 2005

COLAÇO, T. R. **Análise do dimensionamento estrutural de reservatórios retangulares em concreto armado**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2017.

Como calcular a elevação do reservatório?. Triângulo Reservatórios. 2013. Disponível em: <https://www.reservatoriometalico.com.br/news/eleva%C3%A7%C3%A3o-do-reservatorio/>. Acesso em: 15 jul. 2021

CRAUSS, C. **Penetração de cloretos em concretos com diferentes tipos de cimento submetidos a tratamento superficial**. 2010. Dissertação (Mestrado

em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7754/CRAUSS,%20CAMILA.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2021

DUARTE, R. **Ensaio não destrutivo para concreto**. 58º Congresso Brasileiro do Concreto. Ibracon, 2016. Disponível em: http://ibracon.org.br/eventos/58cbc/Palestras/RODRIGO_DUARTE_IBRACON.pdf. Acesso em: 07 nov. 2021

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. 1993. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

HELLER, L.; PADUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano – Volume 2**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 3ª edição, 2016.

IBAPE. **Norma de inspeção predial nacional**. 2012. Disponível em: <http://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2012/12/Norma-de-Inspe%C3%A7%C3%A3o-Predial-IBAPE-Nacional.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021

LARANJEIRAS, A. C. R. **Por que vazam com frequência reservatórios e piscinas de concreto armado?** Instituto de Engenharia, 18 mar. 2021. Disponível em: <https://www.institutodeengenharia.org.br/site/events/por-que-vazam-com-frequencia-reservatorios-e-piscinas-de-concreto-armado/>. Acesso em: 19 ago. 2021

M & C Engenharia. **Termo de referência para recuperação e reforço – Reservatório ETA Cabrita – São Cristóvão – Contrato 99/2019**. Jan. 2021.

OLIVEIRA, R. M. de. **Método simplificado de avaliação preliminar em estruturas de concreto armado sob corrosão com uso de software – Evaluación de estructuras de concreto por corrosión – EECC**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Sergipe, Aracaju, 2017. Disponível em: < <http://asec.eng.br/wp-content/uploads/2018/01/Monografia-de-Rafaela-Menezes-de-Oliveira-IFS-Instituto-Federal-de-Sergipe-2017-1.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2021

PEREIRA, L. F. L. C.; CINCOTTO, M. A. Determinação de cloretos em concreto de cimentos Portland: influência do tipo de cimento. **Boletim técnico da Escola Politécnica da USP**. São Paulo, 2001.

RESMIN, T. **Análise do dimensionamento estrutural de reservatórios retangulares em concreto armado**. 2017. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/2072/1/Talita%20Resmin%20.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2021

RINCÓN, O. T.; CARRUYO, C. A.; HELENE, P.; DÍAZ, I. Manual de inspeccion, evaluacion y diagnostico de corrosion em estruturas de hormigon armado. **DURAR**: Red Temática XV. B Durabilidad de la Armadura – Programa Iberoamericano de Ciência y Tecnologia para el desarrollo, 1998.

VERAS, D. **Normalização e importância do projeto de durabilidade do concreto à indústria da construção**. 1 vídeo (112 min.). Publicado pelo CREA BA. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=RpEriNiMjd4&ab_channel=CreaBA. Acesso em: 01 set. 2021

VIEIRA FILHO, J. O. **Avaliação da resistência à compressão do concreto através de testemunhos extraídos**: contribuição à estimativa do coeficiente de correção devido aos efeitos de broqueamento. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

7 ANEXOS

ANEXO A

GUIA DE INSPEÇÃO EM RESERVATORIOS ELEVADOS DE CONCRETO ARMADO

Laudos nº
001

1. Informações preliminares:

Eng. Responsável pela inspeção: **Gabrielly Santos Nascimento Emidio**

Responsável pelo reservatório: **DESO**

Data: **15 / 12 / 2021**

Endereço: **Rua Wilson Carvalho s/nº, São Cristovão, SE**

Bairro: **Pov. Cabrita**

Ano de construção: **Aprox. 1981**

Possui intervenção anterior?

() Sim (**X**) Não

Empresa construtora: **Desconhecida**

Classe de Agressividade Ambiental: () I (**X**) II () III () IV

Motivo da inspeção: **Tempo de uso**

Tipologia estrutural: **Concreto armado**

Normas técnicas utilizadas na época: **NB-1/60**

2. Análise de documentação e projetos

Projetos	Sim	Não
Memorial descritivo dos sistemas		X
Projeto estrutural	X	
Diário de obra		X
Especificação de materiais utilizados		X
Projeto de fundação		X
Sondagem		X
Controle de qualidade do concreto		X
Controle de qualidade do aço		X
Topografia da área		X
Projeto arquitetônico	X	
Outro:		

Documento	Tempo para renovação	Possui?	Nº	Validade
Licença de funcionamento da prefeitura		NÃO		__/__/__
Licença de funcionamento do órgão ambiental		NÃO		__/__/__
Plano de impermeabilização		NÃO		__/__/__
Certificado de limpeza e desinfecção		NÃO		__/__/__
Relatório de potabilidade da água		NÃO		__/__/__
Laudo de inspeção anterior		NÃO		__/__/__
Relatório de controle de qualidade ART		NÃO		__/__/__
Manual de uso e operação		NÃO		__/__/__
Outro:				__/__/__

Observações: Por ser uma construção muito antiga, não foi fornecido muitos documentos para que possa ser feita a avaliação prévia que definisse os rumos da inspeção.

3. Inspeção em campo

- Legenda:

Gravidade	Urgência	Tendência
1. Nenhuma	1. Nenhuma	1. Nenhuma
2. Baixa	2. Baixa	2. Baixa
3. Média	3. Média	3. Média
4. Alta	4. Alta	4. Alta
5. Total	5. Total	5. Total

3.1 Fundação

Elemento	Sim	Não	Grau de risco			GxUxT
			G 1 a 5	U 1 a 5	T 1 a 5	
Recalque diferencial do solo		X	1	1	1	1
Presença de fissuras		X	1	1	1	1
Reação álcali-agregado		X	1	1	1	1
Risco de deslizamento de taludes		X	1	1	1	1
Lixiviações superficiais		X	1	1	1	1
Presença de lençol freático agressivo e/ou solo agressivo		X	1	1	1	1
Risco nas contenções		X	1	1	1	1
Defeitos em drenagens	X		4	4	5	80
Há monitoramento de recalque?		X	1	1	3	3
Outro:						
Valor total:						90

Observações:

- Por dificuldades presentes e por não haver evidências reais de necessidade, as fundações não foram escavadas.
- Há um problema na drenagem superficial do solo, que atrelado com a armadura exposta presente no pé de pilar ocasiona uma corrosão localizada que com o passar do tempo desencadeia a perda de desempenho.

3.2 Vigas

Elemento	Sim	Não	Grau de risco			GxUxT
			G 1 a 5	U 1 a 5	T 1 a 5	
Deslocamento de concreto de cobrimento	X		4	3	4	48
Presença de fissuras		X	1	1	5	5
Deformação excessiva da viga		X	1	1	1	1
Falha na execução da concretagem (bicheiras)		X	1	1	1	1
Armadura exposta	X		4	3	4	48
Perda de sessão da armadura		X	1	1	3	3
Cobrimento com espessura menor que recomendado	X		4	4	2	32
Mapeamento de corrosão		X	1	1	1	1
Difusão de cloretos	X		4	5	5	100
Difusão de CO2	X		4	5	5	100
Outro:						
Valor total:						339

Observações:

- De maneira geral, apresenta pontos de deslocamento do cobrimento da armadura que a deixa vulnerável a ação de agentes agressivos como cloretos e CO2.

3.3 Pilares

Elemento	Sim	Não	Grau de risco			GxUxT
			G 1 a 5	U 1 a 5	T 1 a 5	
Deslocamento de concreto de cobrimento	X		4	3	4	48
Presença de fissuras		X	1	1	5	5
Deformação excessiva do pilar		X	1	1	1	1
Falha na execução da concretagem (bicheiras)		X	1	1	1	1
Armadura exposta	X		4	5	5	100
Perda de sessão da armadura		X	1	1	3	3
Cobrimento com espessura menor que recomendado	X		4	4	2	32

Mapeamento de corrosão		X	1	1	1	1
Difusão de cloretos	X		4	5	5	100
Difusão de CO2	X		4	5	5	100
Outro:						
Valor total:						391

Observações:

- O pé dos pilares apresenta umidade devido a falta de sistema de drenagem superficial.
- Os pilares apresentam armadura exposta em sua parte inferior (pé de pilar).

3.4 Tampa

Elemento	Sim	Não	Grau de risco			GxUxT
			G	U	T	
			1 a 5	1 a 5	1 a 5	
Presença de tampa	X		1	1	1	1
Presença de porta de acesso		X	3	3	4	36
Vedação adequada		X	3	3	4	36
Fissuras		X	1	1	5	5
Deformação		X	1	1	5	5
Ataque de cloretos no fundo da tampa						
Isolamento adequado das interfaces com conexões		X	4	5	5	100
Caimento adequado	X		1	1	5	5
Outros:						
Valor total:						188

Observações:

- O reservatório apresenta ausência de tampa de acesso interno.
- Não foi possível identificar se a tampa apresentava deformação.
- Tubulação metálica com vazamentos.

3.5 Paredes

Elemento	Sim	Não	Grau de risco			GxUxT
			G	U	T	
			1 a 5	1 a 5	1 a 5	
Deslocamento de concreto de cobrimento	X		4	5	5	100
Presença de fissuras		X	1	1	4	4
Armadura exposta	X		4	3	5	60
Corrosão	X		4	3	5	60
Eflorescência		X	1	1	4	4
Trincas na ligação entre duas paredes		X	1	1	4	4

Outro:							
Valor total:							232

Observações:

- As paredes da cuba apresentam armadura exposta tanto externa como internamente.

3.6 Laje de fundo

Elemento	Sim	Não	Grau de risco			GxUxT
			G 1 a 5	U 1 a 5	T 1 a 5	
Deslocamento de concreto de cobrimento		X	1	1	4	4
Presença de fissuras	X		3	3	5	45
Armadura exposta	X		4	4	5	80
Corrosão	X		4	4	5	80
Eflorescência	X		3	3	4	36
Estanqueidade		X	4	5	5	100
Passagem de tubulações com vedação adequada		X	4	5	5	100
Impermeabilização defasada	X		4	5	5	100
Ataque de cloretos	X		3	4	5	60
Carbonatação	X		3	4	5	60
Encontro de fundo e parede com vedação adequada	X		1	1	1	1
Deformações		X	1	1	1	1
Outro:						
Valor total:						667

Observações:

- O reservatório apresenta falta de sistema de impermeabilização adequado, bem como vazamentos na tubulação metálica existente.

- Apresenta presença de estalactites na parte externa da laje.

4. Grau de Risco

4.1 Fundação

Somatório GUT: 90

- () Intervenção em curto prazo
- () Intervenção em médio prazo
- (X) Intervenção em longo prazo

4.2 Vigas

Somatório GUT: 339

- Intervenção em curto prazo
- Intervenção em médio prazo
- Intervenção em longo prazo

4.3 Pilares

Somatório GUT: 391

- Intervenção em curto prazo
- Intervenção em médio prazo
- Intervenção em longo prazo

4.4 Caixa

Somatório tampa: 188

Somatório paredes: 232

Somatório Laje: 667

Total:

1087

- Intervenção em curto prazo
- Intervenção em médio prazo
- Intervenção em longo prazo

5. Intervenção com ensaios

É necessário?

Sim

Não

Se sim, quais sugestões de utilização?

- Pacometria
- Ultrasson
- Esclerometria
- Carbonatação
- Termografia
- Extração de testemunho
- Potencial de meia célula
- Resistividade
- Teor de cloretos

Considerações:

Pacometria: A análise preliminar permitiu identificar que a norma vigente na época da construção do reservatório era a NB-01/60, e a mesma mostra cobrimento de 2cm para ambientes com classe de agressividade II. A utilização desse ensaio visa a análise real do cobrimento in loco na estrutura para posterior adequação com norma utilizada atualmente, a NBR 6118 (2014), que define cobrimento de 3cm para pilares e vigas de CAA II. Além disso, é um ensaio preliminar para o ensaio de ultrassom.

Ultrassom: Utilizado para identificar se o concreto dos elementos estruturais apresenta heterogeneidades internas, como segregação ou vazios, já que externamente apresenta deslocamento de cobrimento.

Carbonatação: Para verificar a profundidade da carbonatação no concreto afim de mensurar se a armadura não exposta já entrou em processo de corrosão ou não.

Presença de cloretos: Como a estrutura apresenta um processo de corrosão em alguns pontos da armadura, é preferível que se realize o ensaio de presença de cloretos, já que a presença do mesmo acelera o processo de corrosão na armadura.

6. Grau de Prioridade

Elemento	GUT
1. Caixa	1087
2. Pilares	391
3. Vigas	339
4. Fundação	90

Qual elemento priorizar na caixa?

- Tampa
- Paredes
- Laje de fundo

Observações:

- A laje de fundo apresenta vários problemas por conta de vazamentos, que desencadeiam outros processos, como corrosão na armadura, e compromete a estabilidade da laje.

7. Recomendações técnicas

A norma utilizada na época da construção estabelecia 2cm para concreto de cobrimento em vigas e pilares expostos ao ar livre. Já de acordo com a NBR utilizada nos dias atuais, a NBR 6118 (2014), o mínimo estabelecido é de 3 cm para pilares e vigas com classe de agressividade II. É recomendado adequar o cobrimento de toda a estrutura para o estabelecido em norma atual.

A estrutura não apresenta risco de desabamento, porém é importante salientar que a armadura exposta no pé de pilar atrelado com a molhagem e secagem constante (devido a falta de drenagem) pode desencadear a médio prazo uma perda de desempenho na armadura que coloca em risco a estabilidade do reservatório.

ANEXO B

INSPEÇÃO FOTOGRÁFICA

Ref. Laudo nº **001**

1. Informações preliminares

Consultar anexo de inspeção A.

2. Elemento Construtivo

Fundação

Vigas

Pilares

Tampa

Paredes da caixa

Laje de fundo

3. Avaliação

3.1. Dimensão da intervenção

Local

Média

Extensa

Completa



Umidade em pé de pilar

Considerações:

Anexo B

INSPEÇÃO FOTOGRÁFICA

Ref. Laudo nº **001**

1. Informações preliminares

Consultar anexo de inspeção A.

2. Elemento Construtivo

Fundação

Vigas

Pilares

Tampa

Paredes da caixa

Laje de fundo

3. Avaliação

3.1. Dimensão da intervenção

Local

Média

Extensa

Completa



Deslocamento de concreto de cobertura

Considerações: Os pés de pilares apresentam deslocamento de concreto de cobertura e corrosão da armadura.

É recomendado que esse procedimento de manutenção seja feito após ou em paralelo com a drenagem superficial do solo.

INSPEÇÃO FOTOGRÁFICA

Ref. Laudo nº 001

1. Informações preliminares

Consultar anexo de inspeção A.

2. Elemento Construtivo

Fundação

Vigas

Pilares

Tampa

Paredes da caixa

Laje de fundo

3. Avaliação

3.1. Dimensão da intervenção

Local

Média

Extensa

Completa



Parte da escada de acesso

Considerações: A escada de acesso a tampa do reservatório apresenta corrosão em toda sua extensão, sendo necessário a substituição completa da mesma.

INSPEÇÃO FOTOGRÁFICA

Ref. Laudo nº **001**

1. Informações preliminares

Consultar anexo de inspeção A.

2. Elemento Construtivo

Fundação

Vigas

Pilares

Tampa

Paredes da caixa

Laje de fundo

3. Avaliação

3.1. Dimensão da intervenção

Local

Média

Extensa

Completa



Armadura exposta e cobrimento inferior

Considerações: Apresenta armadura exposta em algumas partes da cuba do reservatório. Por ter cobrimento inferior, é preterível que se faça um aumento da espessura de concreto de cobrimento em toda a cuba para adequar-se com a norma vigente.

INSPEÇÃO FOTOGRÁFICA

Ref. Laudo nº **001**

1. Informações preliminares

Consultar anexo de inspeção A.

2. Elemento Construtivo

Fundação

Vigas

Pilares

Tampa

Paredes da caixa

Laje de fundo

3. Avaliação

3.1. Dimensão da intervenção

Local

Média

Extensa

Completa



Presença de trincas e estalactites

Considerações: É recomendado refazer todo o sistema de impermeabilização.

INSPEÇÃO FOTOGRÁFICA

Ref. Laudo nº **001**

1. Informações preliminares

Consultar anexo de inspeção A.

2. Elemento Construtivo



Vazamento em tubulação metálica

Fundação

Vigas

Pilares

Tampa

Paredes da caixa

Laje de fundo

3. Avaliação

3.1. Dimensão da intervenção

Local

Média

Extensa

Completa

Considerações:

INSPEÇÃO FOTOGRÁFICA

Ref. Laudo nº **001**

1. Informações preliminares

Consultar anexo de inspeção A.

2. Elemento Construtivo

Fundação

Vigas

Pilares

Tampa

Paredes da caixa

Laje de fundo

3. Avaliação

3.1. Dimensão da intervenção

Local

Média

Extensa

Completa



Tubulação corroída

Considerações:
