

Parecer Técnico de Inspeção e Diagnóstico

Cliente:

Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO

Referência:

*Reservatório Elevado Alagadiço – Frei Paulo
Contrato 51/2023*



m&c
engenharia

setembro/2023

Composição do Parecer

1. Objetivo e finalidade.....	2
2. Contratante.....	2
3. Apresentação da empresa autora do trabalho e seu responsável técnico.....	2
4. Equipe técnica.....	3
5. Metodologia.....	3
6. Princípios e ressalvas	4
7. Documentação utilizada.....	5
8. Glossário dos termos utilizados	6
9. Localização.....	7
10. Vistoria para caracterização do imóvel	7
11. Características técnicas e de operação do reservatório	9
12. Identificação de não conformidades	13
13. Ensaaios não destrutivos (ENDs)	21
14. Diagnóstico	24
15. Conclusão e recomendações.....	29
16. Termo de encerramento.....	31

ANEXO 1 - Projetos fornecidos pela contratante

ANEXO 2 – Relatórios dos Ensaios Não Destrutivos (ENDs)

ANEXO 3 – Projeto de Recuperação e Reforço Estrutural

A autoria deste trabalho está protegida pela lei nº 9610/1998, que trata de direitos autorais, sendo proibidas cópias ou reproduções do todo ou de partes dele, sem a anuência expressa do autor.

Controle de revisões

Rev. nº	Data	Itens revisados	Responsável
0	19/09/2023	Parecer inicial	Emerson

1. OBJETIVO E FINALIDADE

Este Parecer Técnico de Inspeção e Diagnóstico tem por objetivo caracterizar o estado atual em que se encontra o **Reservatório Elevado Alagadiço – Frei Paulo**, identificando as não conformidades ali presentes bem como o grau de risco que apresentam.

A finalidade deste trabalho é subsidiar a contratante no processo de tomada de decisão quanto à recuperação e/ou reforço do reservatório.

2. CONTRATANTE

A contratante neste trabalho é Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO, ora representada por seu presidente, adm. Luciano Gois Paul.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA AUTORA DO TRABALHO E SEU RESPONSÁVEL TÉCNICO

A empresa autora deste trabalho é a M&C Engenharia, assim caracterizada:

Endereço: Rua Antônio Andrade nº 2398 – Galeria Paulo Carvalho sala 4

bairro Coroa do Meio – Aracaju-SE – CEP 49.035-050

CNPJ: 32.830.879/0001-95

Fone: 79 3211-2567

Fax: 79 3214-0982

e-mail: emerson@mecengenhariase.com.br

O responsável técnico por este trabalho é o engenheiro civil e mestre em desenvolvimento e meio ambiente Emerson Meireles de Carvalho, cujas credenciais são apresentadas a seguir:

- Engenheiro civil com 35 anos de experiência profissional – UFS 1988 (registro nº 270132096-8 no CONFEA e nº 5.745/D-SE no CREA-SE);
- Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente – UFS 2008;
- Especialista em Avaliações e Perícias de Engenharia – UFS 1996;
- Especialista em Engenharia Diagnóstica – Patologia e Perícias na Construção Civil – INBEC 2020;
- Especialista em Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto – UNASP 2021;

- Professor Adjunto 3 do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe;
- Perito judicial em comarcas de Aracaju (3ª, 9ª, 11ª, 12ª, 13ª, 15ª e 18ª varas cíveis) e N. Srª do Socorro (1ª e 2ª varas cíveis);
- Engenheiro credenciado da Caixa Econômica Federal - CAIXA desde 1997 tendo elaborado mais de 3.500 laudos de avaliação, análise de empreendimentos, fiscalização de obras e laudos de sinistro;
- Engenheiro credenciado da CAIXA SEGUROS desde 2002 para elaboração de laudos de avaliação e de sinistro;
- Engenheiro credenciado do Banco do Brasil desde 2012 para elaboração de laudos de avaliação, análise de empreendimentos e fiscalização de obras;
- Membro titular do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – IBAPE-SE.

4. EQUIPE TÉCNICA

A equipe técnica envolvida com a elaboração deste trabalho foi formada pelos seguintes profissionais:

Profissional	Empresa	Atividade
Eng. civil MSc. Emerson Meireles de Carvalho	M&C Engenharia	Coordenação, vistoria e parecer técnico
Engª. civil Luana de Jesus Souza	M&C Engenharia	Vistoria e parecer técnico
Acad. eng. civil Victória Santos de Santana	M&C Engenharia	Apoio ao parecer técnico
Eng. civil MSc. Tadeu Matos Henriques Nascimento	FTech Soluções Técnicas	Realização de Ensaios Não Destrutivos
Eng. civil José Eduardo Lima Cruz de Jesus	FTech Soluções Técnicas	Realização de Ensaios Não Destrutivos
Eng. civil José Luis Rabelo de Santana	GEOTEC Consultoria e Serviços	Projeto de recuperação e reforço estrutural

Quadro 1 – Equipe técnica envolvida

5. METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho foi estruturada nas seguintes etapas: a) conhecimento das características físicas e funcionais da edificação/estrutura; b) inspeção visual para identificação de não conformidades presentes que afetam as funcionalidades e/ou durabilidades; c) realização de ensaios de caracterização; d) análise e interpretação dos

resultados dos ensaios; e) elaboração de diagnóstico; f) elaboração de projeto de recuperação e/ou reforço estrutural; g) elaboração de termo de referência para recuperação; e h) elaboração de orçamento para recuperação.

A Figura 1 ilustra, de forma didática, a metodologia utilizada.



Figura 1 – Metodologia aplicada

6. PRINCÍPIOS E RESSALVAS

Os **princípios básicos** sob os quais se baseiam este trabalho são a ética, a independência profissional, a busca da verdade e o respeito à legislação, em especial àquela apresentada a seguir e na qual estão incluídas as normas técnicas pertinentes.

- NBR 13752:1996 – Perícias de engenharia na construção civil;
- NBR 16747:2020 - Inspeção predial — Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento;
- NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto;
- Resolução nº 1.002 do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, de 26/11/02, que adota o Código de Ética Profissional;
- Resolução nº 345 do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, de 27/07/90, que dispõe quanto ao exercício por profissionais de Nível Superior das atividades de Engenharia de Avaliações e Perícias de Engenharia.

A M&C Engenharia, visando atender aos princípios da LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados, nº 13.709/2018), assegura a confidencialidade dos dados e informações obtidas que foram utilizadas exclusivamente na execução do serviço contratado.

Somente pessoal autorizado e diretamente relacionado à prestação do serviço teve acesso aos documentos e dados disponibilizados, os quais após a finalização do trabalho foram alocados em arquivos digitais numa pasta restrita e acessível somente pela Diretoria.

O uso de alguma informação pertinente ao trabalho realizado, que não da atividade fim, ocorrerá apenas por meio do consentimento do cliente fornecedor do dado.

Caso o contratante opte pela exclusão dos dados disponibilizados, a M&C Engenharia excluirá de modo permanente do seu armazenamento de dados todos os documentos recebidos, salvo aqueles que se tornem obrigatórios para o cumprimento de obrigação legal.

Excetua-se do conceito de informação confidencial aquela que já foi divulgada ou disponibilizada publicamente pelo cliente, bem como o registro de imagens eventualmente autorizadas pela Contratante, para fins de divulgação, ou aquelas que não tenham vinculação ou identificação da Contratante.

Como **principais ressalvas** destacam-se as seguintes:

- Toda a documentação e informações apresentadas ao autor deste trabalho foram tidas como verdadeiras e válidas;
- Na busca de uma melhor relação custo-benefício os ensaios foram realizados segundo um plano de ensaios por amostragem;
- As taxas de encargos sociais e BDI adotadas no orçamento para recuperação da estrutura foram definidas pela contratante.
- Diante das condições de uso da unidade não foi escavada nenhuma fundação, privilegiando-se, assim, a segurança da obra. Em razão disso, sugere-se, futuramente, a escavação das fundações para investigação de eventuais manifestações patológicas existentes.

7. DOCUMENTAÇÃO UTILIZADA

Para consulta, a contratante forneceu os documentos listados a seguir:

- Planta no formato pdf, datada de agosto de 1984, sob responsabilidade técnica da TECNOSAN Engenharia S.A., nomeada como MV-10-356-S e identificada como “Planta, Corte e Localização”;

- Planta no formato pdf, datada de dezembro de 1983, sob responsabilidade técnica da TECNOSAN Engenharia S.A., nomeada como MV-10-357-S e identificada como “Planta e Cortes”; e
- Planta no formato dwg, datada de dezembro de 2005, sob responsabilidade técnica da Engenharia de Projetos e Obras Ltda. (ENPRO), representada pelo engenheiro Sérgio Duarte Leite, com registro no CREA-SE sob numeração 1892-SE, nomeada como PC-05-290 e identificada como “Levantamento de intervenções”.

8. GLOSSÁRIO DOS TERMOS UTILIZADOS

Cabe neste trabalho o esclarecimento quanto a algumas definições adotadas para os termos utilizados, no intuito de eliminar possíveis dúvidas quanto à clareza e conteúdo do mesmo. São elas:

Abatimento – dano causado pelo afundamento da base.

Aberturas

- Microfissura – abertura com dimensão transversal menor que 0,2 mm.
- Fissura – abertura com dimensão transversal entre 0,2 e 0,4mm.
- Trinca – abertura com dimensão transversal entre 0,5 e 1,4mm.
- Rachadura – abertura com dimensão transversal 1,5 e 5,0mm.
- Fenda – abertura com dimensão transversal maior que 5,0mm.

Anomalia – Irregularidade, anormalidade, exceção à regra, não-conformidade.

Corrosão metálica – processo químico ou eletroquímico que resulta na transformação de metal ou liga metálica, resultando produtos de corrosão e liberação de energia.

Dano – prejuízo causado a outrem pela ocorrência de vícios, defeitos, sinistros e delitos, entre outros.

Danificado – elemento que sofreu avaria por quebra ou lesão de difícil recuperação.

Defeito - anomalia que pode causar danos efetivos ou representar ameaça potencial à saúde ou segurança do usuário, decorrente de falhas de projeto ou execução de um produto ou serviço, ou ainda, de informação incorreta ou de sua utilização ou manutenção.

Descolado/Desplacado – elemento que perdeu aderência da sua base.

Desgastado – elemento que sofreu avaria superficial.

Subsistema – parte da edificação com funções específicas (ex. alvenaria, estrutura, esquadrias, etc.).

Vício – anomalia que afeta o desempenho de produtos ou serviços, ou os tornam inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos materiais ou financeiros a outrem. Podem decorrer de falha de projeto, ou da execução, ou ainda de informação defeituosa sobre a sua utilização ou manutenção.

Parecer Técnico_REL Alagadiço_DESO_Ct 51/2023_setembro/2023

9. LOCALIZAÇÃO

O objeto deste parecer técnico é o **Reservatório Elevado Alagadiço**, localizado na Rua A, povoado Alagadiço, no município de Frei Paulo-SE, conforme se vê na Figura 2 e Figura 3. As coordenadas geográficas tomadas da frente dos imóveis (centro) são: 10° 28' 54,08" S e 37° 34' 05,84 W (Datum WGS84).



Figura 2 – Macrolocalização do reservatório



Figura 3 – Microlocalização do reservatório

10. VISTORIA PARA CARACTERIZAÇÃO DO IMÓVEL

A vistoria foi realizada no dia 17 de agosto de 2023, estando presente, além da equipe da M&C Engenharia, o eng. Rodrigo Alves Andrade (DESO). Com o objetivo de otimizar a vistoria

do reservatório, foi conduzida uma inspeção por meio de registro fotográfico aéreo empregando um drone (modelo DJI Mavic Pro - Figura 4).



Figura 4 – Drone modelo DJI Mavic Pro



Figura 5 – Registro da inspeção por drone (em destaque)

Por meio da vistoria se fez tanto a caracterização do reservatório quanto a identificação de diversas não conformidades ali presentes, conforme descritas adiante. O acesso ao reservatório se dá pela rua A, conforme é possível notar na Figura 6 e Figura 7. Os aspectos e vistas gerais do reservatório podem ser visualizados na Figura 8 e Figura 9.



Figura 6 – Vista aérea da rua A, via de acesso ao reservatório Alagadiço (apontado no destaque)



Figura 7 – Vista da rua A, via de acesso ao reservatório Alagadiço (apontado no destaque)



Figura 8 – Vista externa do REL Alagadiço



Figura 9 – Vista aérea do REL Alagadiço

11. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E DE OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

O reservatório em tela foi edificado em concreto armado e possui cerca de 13,45m de altura. Sua estrutura é composta por 4 pilares, em 3 lances, e 12 vigas distribuídas em 3 níveis, conforme ilustrado nos croquis da Figura 10 e Figura 11. Devido à precariedade do patamar da escada anexa ao reservatório, não foi possível vistoriar o interior da cuba da unidade em apreço.

[illegible]

Página 11 de 32

Com o intuito de proporcionar um entendimento completo, os projetos disponibilizados pela contratante encontram-se delineados no Anexo 01. Ademais, as principais características técnicas do reservatório elevado são apresentadas a seguir.

Características gerais

Nome: REL Alagadiço		
Endereço: Rua A, povoado Alagadiço, Frei Paulo-SE		
Capacidade: 80 m³	Coordenadas: -10.481629, -37.568085	
Altura do piso ao topo: 13,45 m	Altura da cuba: 3,25m	Idade: 38 anos
Função: fornecimento de água para o povoado Alagadiço		
Autor do projeto: TECNOSAN Engenharia S.A.		
Construtora responsável: Não identificado		
Encontra-se em uso? Não	Passa muito tempo seco? Sim	

Estrutura

Estrutura	
Tipo de estrutura: concreto armado	Cobrimento do concreto: baixo
Formato da estrutura: retangular	
Revestimento da estrutura: não possui	
Nº de pilares: 4	Seção típica dos pilares: 35x35cm
Nº de vigas: 12	Seção típica das vigas: 25x30cm
Nº de lajes: 2	Tipo de laje: concreto armado
Juntas de dilatação: não possui	
Estado geral das juntas de dilatação: não se aplica	
Tipo de impermeabilização: não identificado	

Fundação

Tipo de fundação: não identificada	Cota de assentamento: não identificada
Tipo de solo: areno-argiloso	Nível do lençol freático: baixo

Condições do entorno

Edificações limítrofes? Sim (casas dos 2 lados)	
Presença de árvores de grande porte nas proximidades das fundações? Não	
Topografia do local: plana	
Presença de taludes: não	Proteção dos taludes: não se aplica
Condições da drenagem local: sem sistema de drenagem	
Classe de agressividade ambiental: fraca / moderada	
Microclima: rural / urbano	

Condições de utilização

Evidência da ocorrência de incêndios? Não
Presença de agentes agressivos? Não
Existência de plano de manutenção preventiva ou preditiva? Não
Condição de carregamento compatível com a concepção? Sim

Histórico de intervenções

Segundo observado na vistoria, a escada anexa foi substituída.
--

Durante a vistoria, foi constatado que uma edícula previamente construída nos limites do terreno designado para a instalação do REL Alagadiço havia sido demolida (Figura 12). Segundo informações fornecidas pelo representante da DESO essa estrutura auxiliar tinha sido concebida para abrigar um processo simplificado de tratamento de água antes do armazenamento.



Figura 12 – Resíduo da demolição da edícula (em destaque)

É relevante ressaltar que o reservatório, que se encontra atualmente desativado, durante seu período operacional recebia suprimento diretamente da adutora São Francisco, tornando assim a edícula dispensável para os processos operacionais. Adicionalmente, observou-se também a construção do muro frontal na área do terreno.

Além disso, pôde-se constatar que os pilares apresentam um estado de conservação melhor que o das vigas da cuba do reservatório. Nas vigas foi observado um estágio avançado de deterioração, especialmente aquelas localizadas no primeiro e segundo níveis, bem como em toda a estrutura da cuba.

Outrossim, identificou-se que o patamar da escada também está em um estado de degradação avançado. Assim sendo, apesar de ter sido feita a substituição da escada, o acesso à cuba permanece inseguro devido à fixação nos elementos mencionados que estão significativamente deteriorados (Figura 13 e Figura 14).

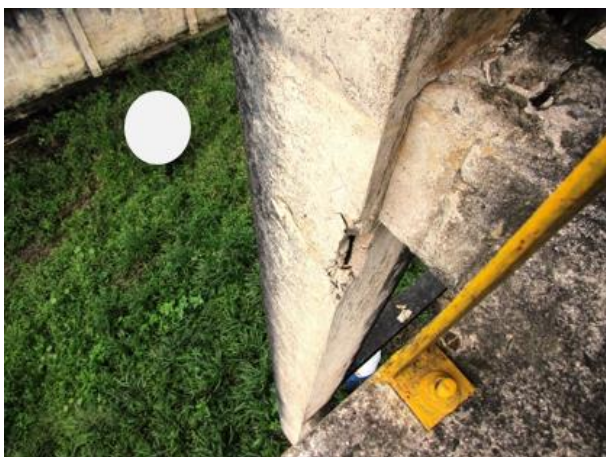


Figura 13 – Vista do ponto de fixação da escada no patamar degradado



Figura 14 – Vista do ponto de fixação da escada na viga com corrosão da armadura avançada

12. IDENTIFICAÇÃO DE NÃO CONFORMIDADES

As identificações de não conformidades foram direcionadas para a estrutura do reservatório em análise e para o estado atual do muro que delimita o terreno onde o reservatório em questão está instalado. As não conformidades verificadas na estrutura do reservatório foram do tipo: corrosão com consequente deslocamento do concreto, trincas e fissuras, manchas de umidade e eflorescências, tendo sido identificadas e registradas conforme imagens a seguir.



Figura 15 – Vista geral do reservatório com eflorescência na cuba (destaque retangular) e corrosão da armadura (destaque circular)



Figura 16 – Vista geral da tampa da cuba do reservatório



Figura 17 – Vista geral da cuba do reservatório



Figura 18 – Vista das eflorescências e corrosão destacadas na Figura 15



Figura 19 – Vista da cuba com destaque para zonas com corrosão da armadura e consequente deslocamento do concreto



Figura 20 – Vista da cuba com destaque para zonas com corrosão da armadura e consequente deslocamento do concreto



Figura 21 – Vista da cuba com armaduras expostas devido ao estado avançado de corrosão



Figura 22 – Vista da cuba com armaduras expostas devido ao estado avançado de corrosão



Figura 23 – Vista do registro de corrosão da armadura no encontro da pilar-vigas



Figura 24 - Vista do pilar de outra face do reservatório com trinca no encontro de pilar-viga

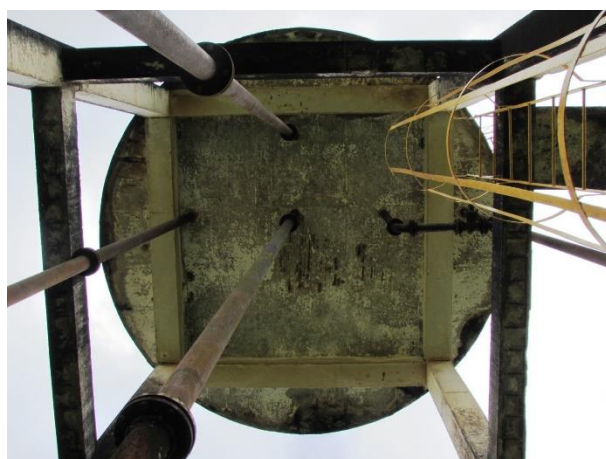


Figura 25 – Vista geral inferior da laje da cuba do reservatório com corrosão da armadura

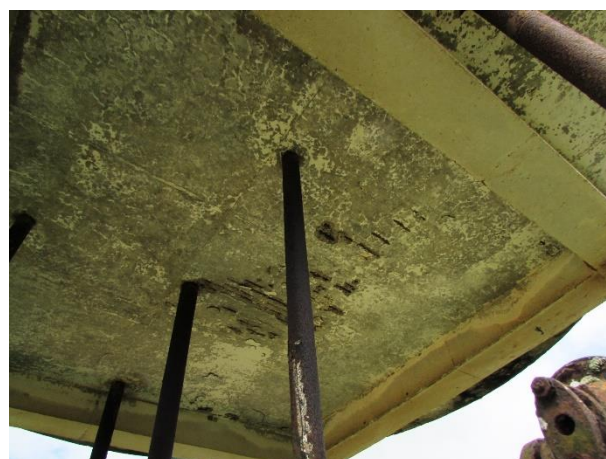


Figura 26 – Vista da laje inferior da cuba do reservatório com corrosão da armadura



Figura 27 – Vista geral com destaque para corrosão da armadura em todos os elementos estruturais (laje, viga e pilar)



Figura 28 - Vista geral superior do estado em que se encontram os pilares e as vigas do reservatório

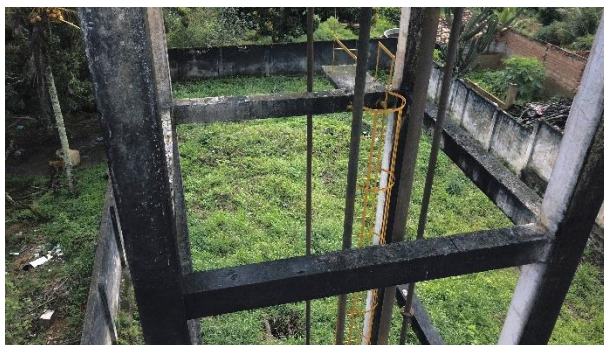


Figura 29 - Vista geral superior do estado em que se encontram os pilares e as vigas do reservatório



Figura 30 - Vista geral das vigas com alto índice de degradação e corrosão da armadura



Figura 31 - Vista da viga com alto índice de degradação e corrosão da armadura



Figura 32 - Vista da viga com alto índice de degradação e corrosão da armadura



Figura 33 - Vista da viga adjacente à escada com corrosão e consequente deslocamento do concreto e manchas de umidade, assim como o patamar em balanço



Figura 34 - Vista das vigas do 2º nível com alto grau de degradação e destaque para corrosão avançada na ligação pilar-viga



Figura 35 – Vista do alto grau de degradação na viga e corrosão avançada na ligação pilar-viga



Figura 36 – Vista das vigas do 2º nível com alto grau de degradação e corrosão da armadura



Figura 37 - Vista das vigas do 2º nível com alto grau de degradação e destaque para corrosão na ligação pilar-viga



Figura 38 – Vista do pilar no 3º lance com trincas generalizadas

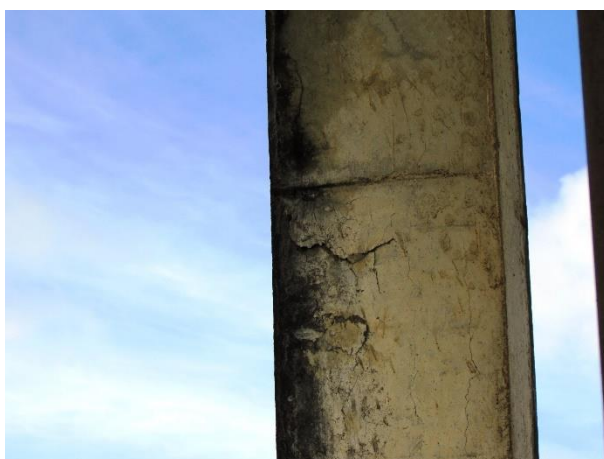


Figura 39 – Vista anterior aproximada do pilar no 3º lance com trincas generalizadas



Figura 40 – Vista inferior das vigas do 2º nível, com registro de alto índice de degradação



Figura 41 – Vista do pilar no 1º lance com corrosão da armadura e consequente deslocamento do concreto



Figura 42 – Vista anterior aproximada do pilar no 1º lance com corrosão da armadura



Figura 43 – Vista geral das vigas do 1º nível com alto índice de degradação



Figura 44 – Viga do 1º nível com destaque para corrosão da armadura acentuada



Figura 45 – Vista interna do engaste vigas-pilar com destaque para trincas e corrosão da armadura (viga)



Figura 46 – Vista externa do engaste vigas-pilar com destaque para trincas e corrosão da armadura (viga)



Figura 47 – Viga do 1º nível com alto índice de degradação, corrosão e deslocamento do concreto



Figura 48 - Viga do 1º nível com alto índice de degradação, corrosão e destaque para provável deslocamento do concreto

As não conformidades verificadas no muro que delimita o terreno foram do tipo: desgaste da pintura, presença de sedimento orgânico (limo), aberturas (microfissuras, fissuras, trincas e rachaduras), zonas danificadas, presença de vegetação e ausência de reboco na face interna do muro frontal, tendo sido identificadas e registradas conforme imagens a seguir.



Figura 49 – Vista externa geral do muro frontal (sul)



Figura 50 – Vista externa geral do muro frontal (sul) com zona danificada (destaque) e ausência de reboco



Figura 51 – Vista do muro leste, com fissuração, presença de vegetação e desgaste do revestimento



Figura 52 - Vista do muro leste, com fissuração, presença de vegetação e desgaste do revestimento



Figura 53 – Vista do alicerce do muro leste danificado e fissurado



Figura 54 – Vista do muro norte com desgaste da pintura e manchas de umidades



Figura 55 – Vista do muro oeste com fissuração, desgaste na pintura, presença de vegetação, manchas de umidades e zona danificada (destaque)



Figura 56 - Vista do muro oeste com fissuração, desgaste na pintura, presença de vegetação, manchas de umidades e zona danificada (destaque)



Figura 57 - Vista do muro oeste com rachadura e trincas (destaques)

13. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS (ENDs)

A aplicação dos ENDs é uma estratégia adotada para monitorar e avaliar o estado das estruturas de concreto armado sem provocar danos aos elementos. Além da avaliação de potencial de durabilidade e uniformidade do concreto, os métodos não destrutivos podem colaborar para mapeamento de informações não observadas superficialmente, que são determinantes para tomadas de decisão quanto à recuperação estrutural.

Para uma análise conjunta do reservatório os ensaios realizados foram: detecção eletromagnética da armadura (pacometria), esclerometria, ultrassom, profundidade de carbonatação, presença de cloretos e potencial de corrosão.

Dado o avançado estágio de degradação das vigas, o qual requer uma completa recomposição durante o processo de reabilitação do reservatório, e visando obter um mapeamento abrangente da estrutura sob a supervisão do engenheiro estrutural, optou-se por conduzir o ensaio de potencial de corrosão apenas em uma amostra de pilar.

Isso se deve à constatação de que os pilares, em seu estado atual, apresentam uma integridade mais significativa. Contudo, procedeu-se com os demais ensaios destinados a verificar a qualidade do concreto em todos os pilares, bem como em uma amostra das vigas. Essa estratégia foi adotada em virtude da impossibilidade de acessar a cuba do reservatório.

Com todas as diretrizes pré-definidas, os ENDs foram realizados no dia 22 de agosto de 2023. Todos os ensaios foram produzidos pela M&C Engenharia em conjunto com a empresa Ftech Soluções Técnicas Especializadas, empresa especializada na realização de ensaios

tecnológicos na área de construção civil. Foram realizados 25 ensaios, conforme a distribuição descrita no Quadro 2.

Ensaios Não Destrutivos	Quantidade de ensaios realizados (un)	Peças ensaiadas
Detecção eletromagnética da armadura	10	4 pilares e 1 viga
Esclerometria	5	4 pilares e 1 viga
Ultrassom	5	4 pilares e 1 viga
Profundidade da frente de carbonatação	1	1 pilar e 1 viga
Profundidade da frente de penetração de cloretos	2	1 pilar e 1 viga
Potencial de corrosão	2	1 pilar

Quadro 2 – Distribuição de ensaios realizados no REL Alagadiço

Compreende-se que os ENDs colaboram no diagnóstico dos elementos estruturais por meio da averiguação aprofundada das características indispensáveis quanto à integridade do concreto, sendo assim, o Quadro 3 correlaciona os princípios, método de análise e objetivo de cada ensaio, para compreensão do produto esperado na investigação.

ENDs	Princípio	Parâmetro de análise	Objetivo
Detecção eletromagnética da armadura	Posicionamento e cobertura das armaduras	Diretrizes apontadas na NBR 6118	Verificar proteção química e física da armadura e fornecer dados preliminares para os outros ensaios
Esclerometria	Dureza superficial do concreto	Método comparativo e série histórica	Verificar homogeneidade do concreto
Ultrassom	Propagação de uma onda ultrassônica no concreto	Análise qualitativa do concreto em função da velocidade do pulso ultrassônico (VPU)	Verificar homogeneidade, detectar falhas e vazios no concreto
Profundidade de carbonatação	Áreas carbonatadas	Alcalinidade do concreto e constatação de áreas com pH inferior a 8,3	Verificar redução da alcalinidade do concreto ou probabilidade de despassivação, com consequente corrosão da armadura
Presença de cloretos	Zonas contaminadas por íons cloreto	Constatação da intensidade de contaminação por íons cloreto no concreto	Verificar a possibilidade de despassivação da armadura por reações eletroquímicas e consequente corrosão
Potencial de corrosão	Diferença de potencial entre armadura e um eletrodo de referência	Probabilidade de atividades de corrosão na armadura de acordo com a diferença de potencial (ASTM C876)	Verificar a pior probabilidade de que atividades de corrosão já estejam acontecendo na armadura

Quadro 3 – Princípios, parâmetros e objetivos dos ENDs

A condensação dos resultados obtidos nos ENDs encontra-se no Quadro 4 e os relatórios completos, com os resultados obtidos para cada um dos ensaios, encontram-se no ANEXO 2 desde parecer.

PAV	ID	Elemento	Deteccção eletromagnética da armadura	Carbonatação	Cloreto	Ultrassom		Esclerometria	Potencial de corrosão	
			Cobrimento (cm)	Medida de profundidade de carbonatação (cm)	Medida de profundidade de contaminação por cloretos (cm)	Método	Velocidade média do pulso ultrassônico (m/s)	Índice esclerométrico médio (MPa)	Maior potencial de corrosão encontrado (mV)	
Térreo	P1	Pilar	2,5	NE	NE	Direto	4.360,67	44,20	NE	
Térreo	P2	Pilar	1,9	NE	NE	Direto	4.296,33	43,70	NE	
Térreo	P3	Pilar	2,1	NE	NE	Direto	4.345,33	43,10	NE	
Térreo	P4	Pilar	1,4	2,1	2,25	Direto	4.510,50	42,50	-535	
Térreo	V1	Viga	2,4	1,54	1,78	Direto	4.268,50	38,10	NE	
Legenda										
NE - Peça não ensaiada										
Observação: para as peças que foram submetidas a vários ensaios para avaliar o mesmo parâmetro de análise, foi considerado o valor favorável a segurança.										
Deteccção eletromagnética da armadura				Carbonatação e Cloretos		Resistividade		Potencial de Corrosão (ASTM C876)		
N,N	Cobrimento < profundidade de carbonatação			N,N	Peça carbonatada e/ou com Íons Cloreto	Resistividade (ohm.cm)	Risco de corrosão da armadura	E _{corr} (mV, Cu/SO ₄ Cu)	Probabilidade de corrosão	
Esclerometria						< 5000	Muito Alto			
NN,NN	O resultado pode ter sido influenciado pela carbonatação					5000 a 10000	Alto	> -200	< 5%	Baixa
Ultrassom (Critério de Whitehurst)						10000 a 20000	Moderado	entre -200 e -350	50%	Incerta
Excelente	Bom	Regular	Ruim	Péssimo	> 20000	Baixo	< -350	> 95%	Alta	

Quadro 4 – Resumo dos resultados dos ensaios não destrutivos (ENDs)

14. DIAGNÓSTICO

O escopo do diagnóstico está restrito à análise da estrutura do reservatório em foco, uma vez que este é o elemento central deste parecer. É importante notar que o muro de divisa é considerado uma construção secundária e os registros das não conformidades foram efetuados com a finalidade de assegurar sua inclusão nos procedimentos de recuperação. Por outro lado, a estrutura do reservatório requer uma abordagem mais abrangente no processo decisório, devido à necessidade de uma avaliação mais aprofundada de sua integridade e segurança, demandando maior atenção.

Conforme demonstrado no item 12 deste parecer, as anomalias verificadas na estrutura do reservatório foram do tipo corrosão com consequente deslocamento do concreto, trincas e fissuras, manchas de umidade e eflorescências.

Nota-se que, de modo geral, as anomalias têm origem no desgaste natural, causado pela idade do reservatório associada às falhas construtivas e à falta de manutenção. Além disso, observa-se que as manifestações patológicas, sobretudo corrosão da armadura com consequente deslocamento do concreto, são mais agressivas nas vigas e cuba do reservatório.

Ao examinar os resultados dos ensaios conduzidos (Anexo 2), constata-se que, para cada componente submetido a ensaio, foram realizadas duas pacometrias. Estas medições ocorreram em faces distintas da peça, mantendo-as paralelas entre si (face oposta). Observou-se, de maneira geral, que em média, uma das faces apresentava um valor de cobrimento menor em relação à outra, com uma diferença mínima de 1cm entre elas.

Esse padrão de discrepância sugere uma falta de uniformidade tanto na execução individual de cada peça quanto no conjunto das peças analisadas. Em função dessa variabilidade, adotou-se como critério de análise o valor mais baixo de cobrimento identificado em cada peça. Com base nesse procedimento, constatou-se que o elemento P4 (pilare) exibiu o menor valor de cobrimento entre todos os elementos examinados, com uma medida de 1,4cm de cobrimento da armadura.

No mesmo pilare, verificou-se que a profundidade da frente de carbonatação excedeu o valor mínimo de cobrimento. Isso indica que é muito provável que a camada de proteção física e química das peças foi comprometida devido ao processo de carbonatação. Além disso, nas duas peças submetidas aos ensaios da frente de penetração de íons cloreto e carbonatação,

os resultados obtidos foram significativos, chegando a valores próximos ou superiores às medidas de cobertura da armadura.

Para contextualização dos dados obtidos faz-se alguns apontamentos, conforme verificado a seguir. Estudos¹ relatam que na presença de carbonatos o Nitrato de Prata, composto utilizado no ensaio de presença de cloretos, forma precipitado branco (parâmetro de medição) resultando em “falso positivo”. Acredita-se que os valores elevados de presença de cloretos podem estar atribuídos à carbonatação, essa constatação é aceitável ao analisar a atmosfera local com baixa probabilidade de presença de íons cloreto, tratando-se de uma zona intermediária entre rural e urbana.

Além do ensaio de cloretos, é importante considerar que os métodos de esclerometria e ultrassom também são sensíveis aos efeitos da carbonatação em estruturas de concreto. A carbonatação pode levar a um aumento na dureza superficial do concreto, o que, por sua vez, pode levar a resultados altos nos valores medidos pela esclerometria e na velocidade de propagação das ondas ultrassônicas. Esse efeito ocorre porque a formação dos produtos carbonatados, aumenta a dureza superficial do concreto e, conseqüentemente, os valores de esclerometria tendem a ser mais altos do que o esperado.

Vale mencionar que a carbonatação provoca alterações na estrutura dos materiais cimentícios como redução do pH e da porosidade do concreto. Sabe-se que o método de medição da velocidade do pulso ultrassônico baseia-se na avaliação qualitativa do concreto, por meio da determinação da velocidade de propagação das ondas longitudinais. Essa velocidade varia conforme a homogeneidade do material, a quantidade de poros e a presença de vazios. A medida que a carbonatação aumenta o volume de sólidos, a velocidade de propagação das ondas também aumenta devido à redução dos poros e ao preenchimento dos espaços vazios pelos produtos carbonatados.

Em tese, pode-se inferir que os valores de esclerometria e velocidade do pulso ultrassônico (VPU) encontrados não repercutem em boa qualidade do concreto, entretanto reafirmam o alto teor de contaminação das peças por carbonatação. Embora a carbonatação possa ter levado a uma superestimação dos valores obtidos pelo método de ultrassom, a influência da carbonatação nos resultados é mais proeminente na esclerometria.

¹ Medeiros, M. H. F., Réus, G. C., Pontes, C. V. (2018), "Nitrato de prata como método colorimétrico para detecção da penetração de cloretos: análise crítica". in: 3º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções, 2018, Curitiba., v. único. pp. 35-46.

Certamente, a carbonatação não é o único fator determinante nos resultados obtidos por meio do método de ultrassom. Isso fica evidente porque a presença de contaminação não seria capaz de explicar, por si só, os resultados elevados, especialmente em situações em que há uma porosidade significativa e presença de vazios. Em outras palavras, embora os valores da VPU tenham sido influenciados pela carbonatação e, conseqüentemente, apresentem níveis elevados, é provável que as áreas analisadas não contenham vazios em quantidades substanciais, nem revelem uma porosidade considerável.

Ademais, tem-se conhecimento que quanto mais negativo ou menor for o potencial encontrado, maior a probabilidade de processo de corrosão no concreto. Com base nisso e levando em consideração a legenda de categorização de probabilidade de corrosão na armadura, conforme indicado no Quadro 4, pode-se concluir que é altamente provável que atividades de corrosão em altas taxas estejam em curso no pilar P4 que foi ensaiado.

Apesar da existência de preservação superficial nos pilares, a análise do potencial de corrosão revelou indícios de processos de corrosão da armadura, especialmente na zona inferior desse pilar.

Do ponto de vista da dinâmica dos materiais, a corrosão nas armaduras consiste na redução da área útil ou massa de aço devido à transformação desse material em produtos de corrosão (ferrugem). Esses produtos possuem natureza expansiva e a expansão pode ser equivalente à ampliação em até seis vezes o volume da armadura, promovendo tensões de tração com conseqüente fissuração e o deslocamento do concreto. Assim a estrutura torna-se vulnerável à aceleração dos processos de corrosão e suscetível a outros processos de degradação. Nesse contexto, dentre as anomalias verificadas as aberturas tiveram grande reincidência e acredita-se que grande parte delas foram originadas dos processos de corrosão.

Considerando as análises mencionadas anteriormente, o Quadro 5 abaixo sintetiza essas informações para facilitar a compreensão dos resultados obtidos nos ensaios e na inspeção realizada para o estudo de caso em apreço.

Verifica-se no quadro a seguir que as informações que exigem maior atenção foram realçadas em vermelho. Esses detalhes foram enfatizados em relação a informações que revelam características importantes para a durabilidade e integridade da estrutura, merecendo destaque durante a recuperação estrutural.

Elementos	Verificações	Observações
P1	Concreto homogêneo	Conforme ultrassom
	Presença de aberturas e deslocamento	
	Corrosão da armadura	Adjacente à cuba (armadura exposta)
	Cobrimento: 2,5cm	Conforme pacometria
P2	Concreto homogêneo	Conforme ultrassom
	Presença de aberturas e deslocamento	
	Corrosão da armadura	Adjacente ao patamar (armadura exposta)
	Cobrimento: 1,9cm	Conforme pacometria
P3	Concreto homogêneo	Conforme ultrassom
	Presença de aberturas e deslocamento	
	Corrosão da armadura	Pilar-Viga
	Cobrimento: 2,1cm	Conforme pacometria
P4	Concreto homogêneo	Conforme ultrassom
	Presença de aberturas e deslocamento	
	Corrosão da armadura	Pé do pilar e Viga-Pilar
	Cobrimento: 1,4cm	Conforme pacometria
	Peça com carbonatação e presença de íons cloreto	Conforme ensaios da frente de carbonatação e penetração de cloretos
	Alto potencial de corrosão	Conforme ensaios de potencial de corrosão
V1	Concreto homogêneo	Conforme ultrassom
	Presença de aberturas e deslocamento	Generalizada
	Corrosão da armadura	Generalizada (armaduras expostas)
	Cobrimento: 2,4cm	Conforme pacometria
	Peça com carbonatação e presença de íons cloreto	Conforme ensaios da frente de carbonatação e penetração de cloretos
	Alto índice de degradação	
Demais Vigas e Cuba	Presença de aberturas e deslocamento	Generalizada
	Corrosão da armadura	Generalizada (armaduras expostas)
	Baixo cobrimento	
	Alto índice de degradação	

Quadro 5 – Resumo dos resultados dos ENDS e inspeção

Considerando a idade do reservatório, estimada em 38 anos, tem-se que a norma vigente e, portanto, aplicável ao caso era *NBR 6118:1980 – Projeto e execução de obras em concreto armado*. Sendo assim retirou-se da referida norma o recorte apresentado na Figura 58.

6.3.3 Proteção	
6.3.3.1 Cobrimento	
Qualquer barra da armadura, inclusive de distribuição, de montagem e estribos, deve ter cobrimento de concreto pelo menos igual ao seu diâmetro, mas não menor que:	
a) para concreto revestido com argamassa de espessura mínima de 1 cm:	
— em lajes no interior de edifícios	0,5 cm
— em paredes no interior de edifícios	1,0 cm
— em lajes e paredes ao ar livre	1,5 cm
— em vigas, pilares e arcos no interior de edifícios	1,5 cm
— em vigas, pilares e arcos ao ar livre	2,0 cm
b) para concreto aparente:	
— no interior de edifícios	2,0 cm
— ao ar livre	2,5 cm

Figura 58 – Item 6.3.3 da NBR 6118:1980, norma vigente no período de execução do REL Alagadiço

Conclui-se que deveria ter sido considerado o valor de referência de **2,5cm** para o cobrimento de concreto aparente em ambiente externo. De acordo com o parâmetro de detecção eletromagnética da armadura, constata-se que somente um dos elementos satisfaz plenamente esse critério.

No contexto da intervenção para recuperação ou reforço estrutural, é imperativo acolher as prescrições estipuladas pela norma vigente. Simultaneamente, é crucial observar o cobrimento existente, visando prevenir a reconfiguração indesejada das solicitações estruturais.

No projeto de recuperação em questão, de acordo com os critérios estabelecidos na *ABNT NBR 6118:2023 - Projeto de Estrutura de Concreto*, foi adotada a classe de agressividade ambiental I para a zona rural. Conforme esta norma, para essa classe, o fck (resistência característica do concreto à compressão) deve ser no mínimo igual a 20MPa. No entanto, no interesse da segurança, dado que se trata de um reservatório, optou-se por utilizar um fck de 30MPa. Além disso, a ABNT NBR 6118:2023 estabelece na observação c da Tabela 7.2, conforme ilustrado na Figura 59, que:

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.

Isso significa que, para a situação em questão, os cobrimentos mínimos devem ser de 5cm para vigas e pilares e 4,5cm para lajes. Entretanto, a mesma norma sugere no mesmo item o recorte apresentado a seguir:

Para concretos de classe de resistência superior à mínima exigida, os cobrimentos definidos na Tabela 7.2 podem ser reduzidos em até 5 mm.

Por esse motivo, no projeto de recuperação, foram adotados cobrimentos de 4,5cm para vigas e pilares e 4,0cm para lajes e paredes, devido à classe de resistência superior do concreto utilizado. Em resumo, a estrutura finalizada deverá atender no mínimo a um fck de 30MPa, com um cobrimento de armadura de 4,5cm para pilares e vigas e 4,0cm para lajes e paredes.

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga ^b /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 pelas de 7.4.7.5, 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.

Figura 59 – Tabela 7.2 da NBR 6118:2023, norma atualizada no período de produção deste estudo, com destaque para o critério adotado

Ademais, em que pese o acesso ao interior da cuba tenha sido inviável, é muito provável que o estado interno da mesma esteja em um estágio avançado de degradação. Esta inferência se fundamenta na sua inoperância, exposição aos agentes atmosféricos e, consequentemente, na suscetibilidade à ação de intempéries, bem como a ausência de tampa na cuba. Estas condições ambientais são altamente propícias para a instauração de processos corrosivos na armadura.

Além disso, é plausível supor que, devido à idade do reservatório e à ausência de registros de intervenções anteriores, os subsistemas de impermeabilização, drenagem e instalações hidráulicas tenham alcançado o término de suas expectativas de vida útil e, consequentemente, desempenho esperado.

15. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Perante todo o exposto, em consonância com o corpo desde parecer, ratifica-se que as principais causas para o estado atual do objeto de estudo são a idade do reservatório

associada à falta de um programa de manutenção, o baixo cobrimento da armadura e o alto índice de carbonatação das peças estruturais.

Os elementos estruturais apresentaram nível de degradação **crítico** com presença de corrosão avançada, deslocamento de concreto, especialmente nas vigas e cuba de reservação, com perda de desempenho e vida útil consumida.

Além disso, tendo em vista os estudos feitos, cujas análises já foram apresentadas e indicaram desempenho insatisfatório, corroborando para a conclusão de que **a estrutura não atende aos requisitos de segurança**, conclui-se que o reservatório em tela se enquadra na **CLASSE 1** de desempenho, cuja especificação é descrita a seguir:

CLASSE 1 DE DESEMPENHO: Desempenho inadequado ao uso - quando as manifestações patológicas detectadas são de magnitude e natureza que colocam em risco a segurança dos usuários a curto prazo ou com risco iminente de ruína parcial ou total.

Muito embora não haja evidência de risco de ruína total do reservatório, partes dele apresentam estado de degradação avançado, conforme já descrito. Ademais, alerta-se que o risco de ruína cresce à medida em que se perpetua a exposição da edificação às intempéries de forma contínua e prolongada.

Isso posto, de modo geral, as ações indicadas para recuperação do desempenho satisfatório dos sistemas que compõem o objeto de estudo são apresentadas a seguir:

- Realização da reabilitação do muro perimetral adjacente à área designada para a implantação do reservatório. Isso compreenderá a atenção especial às aberturas presentes, a correção das regiões com danos identificados, a aplicação de camada de revestimento nas áreas desprovidas do mesmo (reboco), e a aplicação de pintura;
- Restauração da camada de pintura do portão de acesso à propriedade;
- Realização de procedimentos de limpeza no terreno, incluindo a remoção de vegetação, resíduos resultantes da demolição da edícula e quaisquer outras sujidades;
- Substituição das tubulações de ferro que apresentam estado de corrosão avançado ou que tiveram sua vida consumida;
- Retirada e recomposição de todo o concreto de cobrimento que se apresente em vias de deslocamento;
- **Recuperação de todos os elementos estruturais conforme as especificações delineadas no projeto estrutural (pilares, vigas, cuba e patamar da escada);**
- Tratamento de trincas e fissuras com injeção de resina;

- **Realização da reposição ou aplicação da camada de impermeabilização na cuba;**
- Instalação da tampa para a cuba;
- Revisão da escada de acesso;
- Pintura final de acabamento em estruturas de concreto.

Todos os processos especializados de recuperações, reforços e impermeabilizações devem, imperiosamente, serem realizados tanto nos sentidos do resgate da segurança e serviços (ELU e ELS) bem como de uma nova vida útil em pleno desempenho.

Ante todo o exposto, ORIENTA-SE que todas as recomendações descritas neste laudo sejam cumpridas para restabelecer a confiabilidade de um novo desempenho.

OBSERVAÇÃO: Evidentemente, todos os serviços deverão ser projetados e executados por empresas contratadas que possuam expertises cognitiva e executiva no mister.

16. TERMO DE ENCERRAMENTO

O presente parecer de inspeção foi elaborado para uso exclusivo do contratante.

O autor coloca-se à disposição de qualquer outro interessado para os esclarecimentos que se façam necessários quanto a este trabalho, uma vez que o mesmo se constitui de um todo homogêneo, e qualquer interpretação ou uso de fragmentos dele não deve ser considerado.

De acordo com a lei nº 9610/1998, que trata de direitos autorais, não são permitidas cópias ou publicação do parecer, ainda que parciais, sem a autorização expressa do autor.

Por fim, encerra-se este parecer declarando-se que o mesmo possui 31 folhas e mais 3 anexos, e está registrado no CREA-SE sob a ART de nº SE20230278242 do engenheiro civil Emerson Meireles de Carvalho.

Aracaju-SE, 19 de setembro de 2023.

**EMERSON
MEIRELES
DE
CARVALHO:**
37425943549
Emerson Meireles de Carvalho
Engenheiro Civil – CREA RN 270132096-8
Esp. em Avaliações e Perícias de Engenharia
Membro Titular do IBAPE-SE
MSc. em Desenvolvimento e Meio Ambiente

Digitally signed by EMERSON
MEIRELES DE
CARVALHO.37425943549
DN: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=
Secretaria da Receita Federal do Brasil
- RFB, OU=RFB e-CPF A1, OU=AC
SERASA RFB, OU=62173620000180,
OU=VIDEOCONFERENCIA, CN=
EMERSON MEIRELES DE
CARVALHO.37425943549
Reason: I am the author of this
document.
Location:
Date: 2023.09.20 11:57:48-03'00'
Foxit PDF Reader Version: 2023.2.0

Protocolo de Assinatura(s)

O documento acima foi proposto para assinatura digital. Para verificar as assinaturas acesse o endereço <http://edocsergipe.se.gov.br/consultacodigo> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido.

Código de verificação: D7UH-OJT4-TGS0-AKQC



O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 06/03/2024 é(são) :

- EMERSON MEIRELES DE CARVALHO - 20/09/2023 11:57:48 (Certificado Digital)