

Parecer Técnico de Diagnóstico

Cliente:

Companhia de Saneamento de Sergipe - DESO

Referência:

*Reservatório Elevado Agrovila – Itabaiana
Contrato 51/2023*



m&c
engenharia

novembro/202

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. Glossário dos termos utilizados	5
8. Localização.....	6
9. Vistoria para caracterização do imóvel.....	7
10. Características técnicas e de operação do reservatório	8
11. Identificação de não conformidades	12
12. Ensaaios não destrutivos (ENDs)	21
13. Diagnóstico	24
14. Conclusão e recomendações.....	30
15. Termo de encerramento.....	32

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	19/10/2023	Parecer inicial	Emerson
1	30/11/2023	Inserção da análise dos ENDs e alteração no item 14	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 Agrovila – Itabaiana**, 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 destinação 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

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 termo de referência para recuperação ou demolição; e g) elaboração de orçamento.

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** destaca-se a seguinte:

- 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 foram definidas pela contratante; e
- Diante das condições de uso da unidade não foi escavada nenhuma fundação, privilegiando-se, assim, a segurança da obra.

7. 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.

8. LOCALIZAÇÃO

O objeto deste parecer técnico é o **Reservatório Elevado Agrovila – Itabaiana**, localizado na Rua José Francisco Nascimento, conhecida como Zé de Crispiliano s/nº, povoado Agrovila, no município de Itabaiana-SE, próximo à barragem Agrovila, conforme se vê na

Figura 2 e Figura 3. As coordenadas geográficas tomadas da frente do reservatório (centro) são: 10° 40' 38.32" S e 37° 22'04.15 " O (Datum WGS84).



Figura 2 – Macrolocalização do reservatório



Figura 3 – Microlocalização do reservatório

9. VISTORIA PARA CARACTERIZAÇÃO DO IMÓVEL

A vistoria foi realizada no dia 04 de outubro de 2023, estando presente a equipe da M&C Engenharia. 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 José Francisco Nascimento, conforme é possível notar na Figura 4 e Figura 5. Os aspectos e vistas gerais do reservatório podem ser visualizados na Figura 6 e Figura 7.



Figura 4 – Vista da Rua José Francisco Nascimento, reservatório Agrovila à esquerda



Figura 5 – Vista da Rua José Francisco Nascimento, conhecida como Zé de Crispiliano, via de acesso ao reservatório Agrovila (apontado no destaque)



Figura 6 – Vista do acesso ao REL Agrovila



Figura 7 – Vista do REL Agrovila

10. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E DE OPERAÇÃO DO RESERVATÓRIO

O reservatório em tela foi edificado em concreto armado e possui cerca de 13,10m de altura. Sua estrutura é composta por 5 pilares, em 2 lances e 1 anel de viga entre os níveis 1 e 2, conforme ilustrado nos croquis da Figura 8 e Figura 9. Devido à precariedade da escada anexa ao reservatório, não foi possível vistoriar o interior da cuba da unidade em apreço.

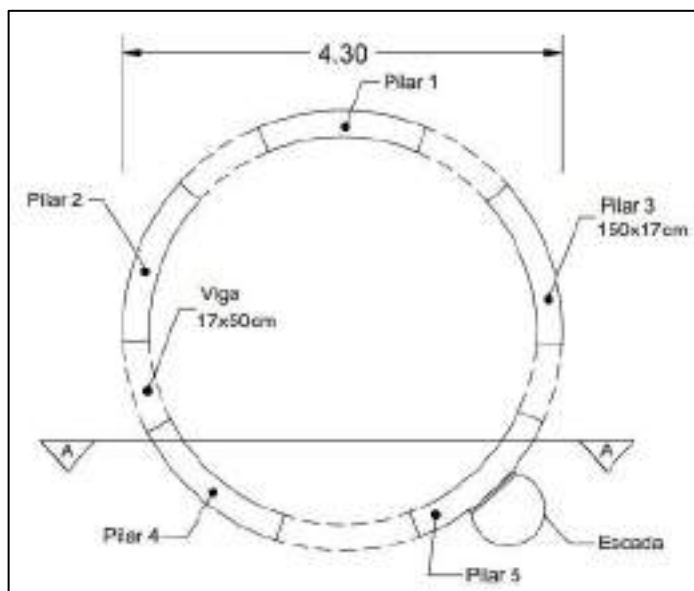


Figura 8 – Levantamento métrico das dimensões do REL Agrovila, em planta

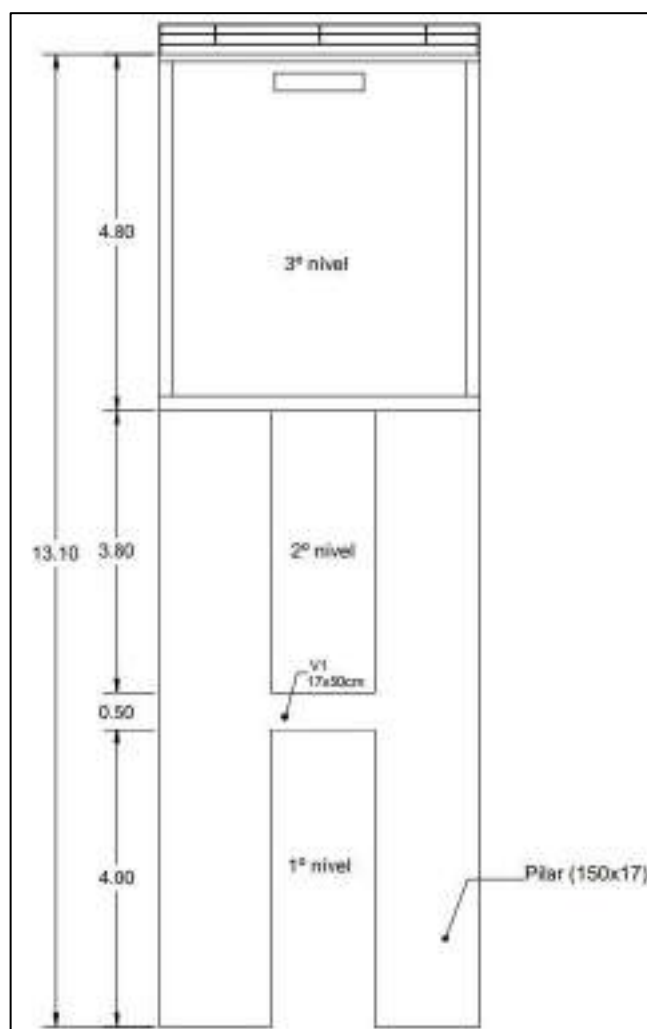


Figura 9 – Levantamento métrico das dimensões do REL Agrovila, em corte

Ademais, as principais características técnicas do reservatório elevado são apresentadas a seguir.

Características gerais		
Nome: Reservatório Elevado Agrovila		Tipo: Elevado
Endereço: Rua José Francisco Nascimento, s/nº, Povoado Agrovila, Itabaiana/SE		
Capacidade: aproximadamente 50m³	Coordenadas: -11.164602675, -37.62138130	
Altura do piso ao topo: 13,10m	Altura da cuba: 4,80m	Idade estimada: 30 anos
Função: fornecimento de água para o povoado Agrovila (Itabaiana/SE)		
Autor do projeto: desconhecido		
Construtora responsável: desconhecida		
Encontra-se em uso? sim	Passa muito tempo seco? não	

Estrutura	
Tipo de estrutura: concreto armado	Cobrimento do concreto: baixo
Formato da estrutura: circular	
Revestimento da estrutura: parcial	
Nº de pilares: 5	Seção típica dos pilares: 150cm x 17cm
Nº de vigas: 1 anel	Seção típica das vigas: 50 x 17cm
Nº de lajes: 2	Tipo de laje: laje maciça em 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 informado
Tipo de solo: não identificado	Nível do lençol freático: não informado

Condições do entorno	
Edificações limítrofes? Sim (Escola, posto de saúde e residência)	
Presença de árvores de grande porte nas proximidades das fundações? Sim	
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	
Microclima: rural	

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	
Sistema de para-raios? Danificado	

Histórico de intervenções
Não há relatos.

Além disso, para elucidar a posição do reservatório em tela em relação aos imóveis circundantes, apresenta-se o recorte da Figura 10, com os croquis elaborados pelo

Departamento Estadual de Proteção e Defesa Civil, conforme o Relatório Técnico de Vistoria número 002/2021, datado de 19/01/2021, sob a responsabilidade técnica do eng. civil Alex de Carvalho Santos.



Figura 10 – Croquis da localização do REL Alagadiço, conforme relatório Técnico Nº 002/2021 do Departamento Estadual de Proteção e Defesa Civil

Corroborando com as informações anteriores, na Figura 11 e Figura 12, é possível observar, por meio da vista registrada da rua José Francisco Nascimento, a localização do REL Agrovila em relação aos imóveis circundantes.



Figura 11 – Vista do reservatório circundado por posto de saúde (destaque) e imóvel particular



Figura 12 – Vista do REL com demonstração dos imóveis circundantes

Ademais, constatou-se no terreno que abriga o reservatório a presença de vegetação em toda sua extensão, a existência de uma edícula em avançado estado de degradação e a presença de um curral com animais abrigados. Observou-se também que o perímetro do terreno está parcialmente murado e parcialmente cercado com cerca de arame farpado. Adicionalmente, foram identificados troncos de árvores de grande porte no entorno do reservatório, especialmente no Pilar 5 (Figura 14), entre o Pilar 1 e o Pilar 3 (Figura 15) e entre o Pilar 1 e o Pilar 2 (Figura 16).



Figura 13 – Tronco de árvore de grande porte, próximo aos Pilares 5 e 4



Figura 14 – Vista geral do reservatório com apontamento para vegetação próximo ao Pilar 5 e escada de acesso



Figura 15 – Tronco de árvore de grande porte, próximo aos Pilares 1 e 3



Figura 16 – Tronco de árvore de grande porte, próximo aos Pilares 1 e 2

11. IDENTIFICAÇÃO DE NÃO CONFORMIDADES

A identificação de não conformidades foi direcionada para a estrutura do reservatório em análise. As não conformidades verificadas foram do tipo: corrosão com consequente deslocamento do concreto, trincas, fissuras e rachaduras, manchas de umidade e de produto

de corrosão, eflorescências, compensação de falhas de concretagem com revestimento argamassado, formação de composto orgânico (lodo), guarda-corpo deteriorado e escada de acesso e sistema da para-raios degradados, tendo sido identificadas e registradas conforme imagens a seguir.



Figura 17 – Vista geral da cuba, com presença de limo, escada de acesso degradada e guarda-corpo deteriorado (seta)



Figura 18 – Vista da cuba do reservatório com joelho (seta) gerando manchas de produto de corrosão na extensão abaixo (círculo)



Figura 19 – Vista externa da laje inferior da cuba com apontamento para diversos pontos de corrosão da armadura



Figura 20 – Vista da laje inferior da cuba do reservatório com corrosão da armadura na borda (seta)



Figura 21 – Vista da laje inferior da cuba do reservatório com corrosão da armadura na borda



Figura 22 – Vista da laje inferior da cuba do reservatório com corrosão da armadura na borda



Figura 23 – Vista do anel de viga fissurado nas ligações com os P4-P5 e deslocamento do concreto (seta)



Figura 24 – Vista do anel de viga em dois trechos, trecho P1-P3, com deslocamento e corrosão da armadura e trecho P5-P3 com fissuras e manchas de umidade



Figura 25 – Vista do anel de viga com fissuras e deslocamento na ligação com os P3-P1 (círculo) e deslocamento do concreto (setas)



Figura 26 – Vista da Figura 25 aproximada



Figura 27 – Vista do anel de viga no trecho entre o P1-P2



Figura 28 – Vista do anel de viga no trecho entre os P2-P4, com deslocamento do concreto e corrosão da armadura (setas)



Figura 29 – Vista do P1 com corrosão da armadura e consequente deslocamento do concreto (destaque)



Figura 30 – Detalhe da zona com corrosão da armadura no P1 e registro do cobrimento com espessura substancial



Figura 31 – Vista interna do P1 com eflorescência, concreto em vias de deslocamento (círculo) e corrosão da armadura (setas)



Figura 32 – Vista interna do P1 com corrosão da armadura e consequente deslocamento do concreto (destaques)



Figura 33 – Detalhe da zona com corrosão da armadura no P1



Figura 34 – Detalhe da zona superior interna do P1 com corrosão da armadura (setas) e consequente deslocamento do concreto



Figura 35 – Detalhe da zona superior interna do P1 com concreto em vias de deslocamento (destaque) e eflorescência



Figura 36 – Vista superior do P3 e P1, ambos com zonas em vias de deslocamento (círculo) na sua extensão e na ligação do P3-Viga (seta)



Figura 37 – Vista do P2 com zonas trincadas (setas)



Figura 38 – Vista interna do P2 com manchas de umidade e percepção de zona com falhas de concretagem revestida por revestimento argamassado (zona mais clara, com início apontado por seta)



Figura 39 – Vista geral interna do P2



Figura 40 – Vista interna da zona superior do P2 com concreto em vista de deslocamento (círculo) e corrosão da armadura no limite com a cuba (setas)



Figura 41 – Vista geral do P4 com manchas de umidade e para-raios deteriorado



Figura 42 – Vista geral do P4 com manchas de umidade e para-raios deteriorado



Figura 43 – Vista geral interna do P4 com manchas de umidade



Figura 44 – Vista geral interna do P4 com manchas de umidade, eflorescência e concreto em vias de deslocamento (destaque)



Figura 45 – Vista interna da zona superior do P4 com concreto em vista de deslocamento (círculos) e corrosão da armadura no limite com a cuba (setas)



Figura 46 – Vista geral do P5 com vegetação na sua adjacência com expansão pela escada de acesso à cuba



Figura 47 – Detalhe das raízes da vegetação no pé do P5



Figura 48 – Detalhe da zona inferior do P5 trincada (seta)



Figura 49 – Vista interna do P5 com manchas de umidade e percepção de zona com falhas de concretagem revestida por revestimento argamassado (zona mais clara)



Figura 50 – Vista geral interna do P5 com manchas de umidade



Figura 51 – Vista da zona superior interna do P5 com destaque para deslocamento do revestimento argamassado



Figura 52 – Vista da zona superior interna do P5 com mancha de umidade



Figura 53 – Vista geral do P3 com apontamento para corrosão da armadura



Figura 54 – Detalhe da corrosão da armadura no P3, mencionada na Figura 53



Figura 55 – Vista da zona superior do P3 com apontamento para trincas na ligação Pilar-Cuba



Figura 56 – Detalhe da zona intermediária do P3 com registro de corrosão da armadura e consequente deslocamento do concreto



Figura 57 – Detalhe da zona superior do P3 com deslocamento do concreto em decorrência da corrosão da armadura

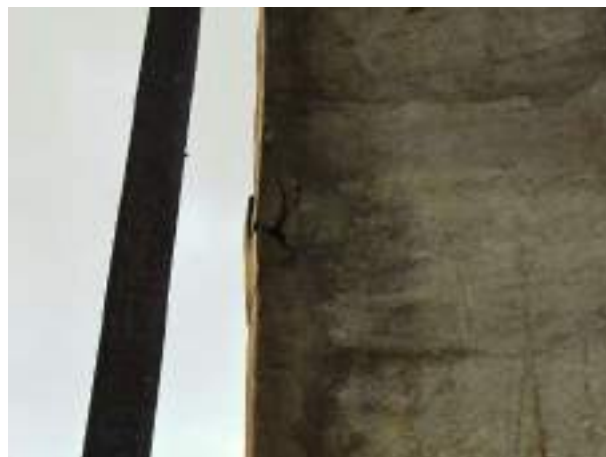


Figura 58 – Detalhe do deslocamento da Figura 57 visto da face interna



Figura 59 – Vista interna inferior do P3 com manchas de umidade



Figura 60 – Vista interna geral do P3 com manchas com apontamento para corrosão da armadura



Figura 61 – Detalhe da corrosão da armadura mencionada na Figura 60



Figura 62 – Vista interna superior do P3 com apontamento para corrosão da armadura no limite entre Pilar-Cuba

12. 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.

Considerando a significativa altura do primeiro nível de vigas e da cuba, as limitações de acesso devido à degradação da escada e as restrições no terreno que dificultam a utilização de caminhão munck, todos os ensaios foram conduzidos no primeiro lance dos pilares. Essa decisão foi pautada pela viabilidade na execução e priorização da segurança.

Adicionalmente, devido à natureza dos ensaios relacionados ao potencial de corrosão, carbonatação e presença de cloretos, os quais demandam a fratura do concreto, foi decidido conduzi-los em duas amostras de pilares. Essas amostras consistiram em duas peças distintas, uma com sua aparência preservada e a outra exibindo um estágio avançado de corrosão e degradação. Essa abordagem possibilitou uma análise comparativa abrangente, evitando a necessidade de fraturar todas as cinco peças de pilares. Ademais, procedeu-se com os demais ensaios destinados a verificar a qualidade do concreto em todos os pilares.

Com todas as diretrizes pré-definidas, os ENDs foram realizados no dia 23 de novembro 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.

Ensaio Não Destrutivo	Quantidade de ensaios realizados (un)	Peças ensaiadas
Detecção eletromagnética da armadura	9	5 Pilares
Esclerometria	5	5 Pilares
Ultrassom	5	5 Pilares
Profundidade da frente de carbonatação	2	2 pilares
Profundidade da frente de penetração de cloretos	2	2 pilares
Potencial de corrosão	2	2 pilares

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.

Salienta-se que no Quadro 4, os resultados sumarizados correspondem aos valores críticos obtidos em cada ensaio para cada peça de concreto armado. Este procedimento segue a abordagem lógica de priorização da segurança, considerando o pior cenário no contexto para subsidiar o processo de recuperação estrutural.

PAV	ID	Elemento	Deteção eletromagnética da armadura	Carbonatação	Cloretos	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	1,6	0,57	1,05	Direto	4.613,80	46,70	-546	
Térreo	P2	Pilar	1,6			Direto	2.083,00	44,50		
Térreo	P3	Pilar	1,8			Direto	2.908,80	44,10		
Térreo	P4	Pilar	1,8	0,85	1,15	Direto	4.800,00	44,30	-694	
Térreo	P5	Pilar	1,6			Indireto	1.452,33	43,80		
Legenda										
NE - Peça não ensaiada										
Observação: para as peças com mais de um ensaio do mesmo parâmetro de análise, foi adotado o valor favorável a segurança.										
Deteção 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	> -200	< 5%	Baixa
NN,NN	O resultado pode ter sido influenciado pela carbonatação					5000 a 10000	Alto		50%	
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)

Para a realização de um diagnóstico abrangente do reservatório, este parecer baseou-se nas análises provenientes tanto da inspeção visual quanto dos resultados e análises dos ensaios não destrutivos conduzidos.

13.1. DA INSPEÇÃO VISUAL

Com base na inspeção realizada e nos registros apresentados no item 11 deste parecer, nota-se que, de modo geral, as anomalias têm origem no desgaste natural, causado pela idade do reservatório associada à falta e/ou falha de manutenção. Além disso, observa-se que as manifestações patológicas, sobretudo corrosão da armadura com consequente deslocamento do concreto, são mais agressivas nos pilares 1 e 3 e laje inferior da cuba do reservatório.

De maneira geral, constatou-se a presença de manchas de umidade e resíduos de corrosão nas paredes da cuba, decorrentes do Joelho de Ferro que desempenha a função de extravasor do reservatório. Na face externa da laje inferior, identificaram-se áreas com corrosão, especialmente nas regiões intermediárias entre os pilares.

Essa situação pode estar relacionada ao acúmulo de água nessas áreas, uma vez que não ocorre de forma tão agressiva nas proximidades dos pilares, onde a água segue uma trajetória vertical. A interrupção do caminho de percolação da água proveniente da laje superior do reservatório leva a sua concentração nessas áreas “abertas”, promovendo sua atuação como agente no processo de corrosão. Essa situação se origina devido a falhas no sistema de drenagem de águas pluviais.

Acrescenta-se que nas ligações da laje da cuba com os pilares, identificou-se corrosão da armadura em pontos específicos, sobretudo em áreas críticas que representam locais de alta concentração de armadura e de esforços cortantes.

Ademais, as outras partes da estrutura da cuba não puderam ser inspecionadas devido à insegurança do acesso, devido à inadequação da escada anexa ao reservatório e presença de vegetação.

No que diz respeito aos pilares, observa-se que a posição de P1 e P3 coincide com a localização do extravasor, sendo constatado que os resíduos provenientes da corrosão desse

dispositivo têm contribuído como agente potencializador do processo corrosivo nos pilares em questão.

Esse processo corrosivo tem promovido a disseminação dos produtos de corrosão pela estrutura do reservatório no sentido vertical, resultando em acúmulo significativo nas regiões entre os P1 e P3.

Além disso, parte do anel de viga situado na zona de conexão entre os pilares mencionados tem sido contaminado pelo produto de corrosão, conforme ilustrado na Figura 63 e Figura 64.

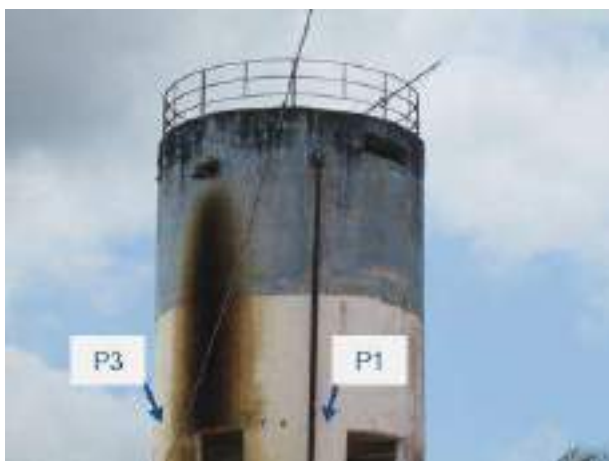


Figura 63 – Vista da mancha do produto de corrosão originada no extravasor do reservatório e apontamentos para o P1 e P3



Figura 64 – Vista da continuação da mancha do produto de corrosão originada no extravasor do reservatório e apontamentos para o P1 e P3

Isso posto, é importante salientar que o produto de corrosão consiste primariamente em óxido de ferro, contendo íons em solução, essa composição cria uma condição favorável para a condução de corrente elétrica nas adjacências. No caso em tela, esse cenário possibilita a infiltração de eletrólitos e água no material poroso subjacente, o concreto. Como resultado, o processo corrosivo é substancialmente acelerado.

É crucial observar que essa reação pode se tornar autocatalítica, uma vez que a corrosão gera produtos de corrosão adicionais que, por sua vez, intensificam ainda mais o processo corrosivo.

Corroborando com essa análise, constata-se que as áreas visivelmente mais afetadas pela corrosão da armadura, levando ao deslocamento do concreto, estão diretamente associadas às regiões contaminadas pelo produto de corrosão originado no joelho mencionado, especialmente os elementos P1, P3 e a porção intermediária do anel de viga localizada entre esses pilares.

É relevante destacar que essa seção do anel de viga exibe um estado de degradação mais acentuado em comparação com as demais zonas de viga do reservatório.

Adicionalmente, acredita-se que outro fator contribuinte nos processos corrosivos dos pilares esteja associado à presença de vegetação nas proximidades da estrutura. Isto se deve ao fato de que a vegetação favorece a retenção de umidade no entorno, e a água desempenha um papel crítico no processo corrosivo.

Em particular, o crescimento de árvores de grande porte na área pode ocasionar outras anomalias indesejadas, incluindo perturbações na fundação do reservatório e o potencial comprometimento da integridade da estrutura como um todo.

Outrossim, por meio do ensaio de percussão utilizando um martelo tipo pena e da análise das áreas deslocadas, verificou-se que, de maneira geral, os pilares apresentam revestimento parcial de argamassa. Essa configuração é perceptível pela variação de tonalidade entre o concreto e a argamassa, ilustrados na Figura 38 e Figura 49 no item 11 deste parecer.

No que se refere às vigas, identificou-se, por meio de inspeção visual, corrosão pontual na seção intermediária entre P2-P4 e um estado mais avançado de corrosão na seção entre P1-P3, conforme já mencionado. Nas demais seções, de modo geral, observou-se desgaste natural, acompanhado por presença de manchas de umidade e fissuração, especialmente nas ligações pilar-viga.

13.2. DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Do ponto de vista dos ensaios não destrutivos, em virtude da variação na espessura de cobertura observada nos resultados dos ensaios de detecção eletromagnética da armadura, optou-se por adotar o critério de análise correspondente ao valor mínimo de cobertura identificado em cada peça. Mediante esse procedimento, constatou-se que a maioria dos elementos apresenta uma espessura de cobertura reduzida, com a medida mínima registrada sendo de 1,6cm.

De forma geral, os ensaios de carbonatação indicaram uma profundidade reduzida da frente de carbonatação. Esse cenário pode estar atribuído ao ambiente circundante do reservatório, caracterizado por uma zona rural com baixa emissão de gás carbônico na atmosfera.

Em contraste, os ensaios da frente de penetração de íons cloretos evidenciaram resultados mais expressivos. Considerando a natureza da estrutura, designada para o armazenamento

de água tratada com cloro, é plausível supor que a contaminação por cloretos seja significativa.

Ademais, os ensaios de dureza superficial do concreto revelaram valores expressivos. No entanto, é crucial ressaltar que a esclerometria é considerada um ensaio auxiliar, sendo desaconselhado interpretar seus resultados de maneira isolada. Nesse contexto, na ausência do ensaio de resistência à compressão do concreto, realizado por meio da extração de amostras, é comum utilizar o ensaio de ultrassom de maneira comparativa e em conjunto com os resultados dos índices esclerométricos.

Dentro desse contexto, os resultados de velocidade à pulso ultrassônico (VPU) apresentaram valores substancialmente baixos. Vale ressaltar que, durante a execução dos ensaios, nas áreas mencionadas como sujeitas a correções com argamassa, a maioria dos ensaios de VPU registrou 0,00m/s.

Dada essa observação, é admissível que nessas áreas, onde foram realizadas intervenções com camada de argamassa, tenham se formado descontinuidades ou juntas frias na interface entre o concreto original e a argamassa de correção. Em decorrência disso, a onda de propagação encontrou dificuldades para percorrer seu trajeto entre o transmissor e o receptor, resultando em leituras nulas.

Ademais, visto que o ensaio de VPU possui um raio de propagação na peça de concreto superior ao ensaio de esclerometria, acredita-se que, apesar dos resultados significativos de dureza superficial, do ponto de vista da uniformidade do concreto, embasado pelo ensaio de ultrassom, a maioria das peças apresentou resultados insatisfatórios.

No contexto do ensaio de potencial de corrosão, optou-se por conduzi-lo em duas peças com distintas características superficiais. Uma delas apresentava um estágio visivelmente avançado de corrosão, proporcionando a avaliação da intensidade e propagação desse fenômeno. A segunda peça, com aparência superficial preservada, foi escolhida com o propósito de investigar, por meio de amostragem, se as demais peças, sem corrosão aparente, estariam sujeitas a processos corrosivos em taxas elevadas ainda não evidenciadas visualmente.

Ao proceder à fratura da peça preservada, observou-se inicialmente uma baixa aderência no concreto, facilitando o processo de fratura. Adicionalmente, ao analisar a armadura exposta pela fratura, constatou-se uma notável perda na seção transversal do aço, evidenciando os efeitos dos processos corrosivos, conforme ilustrado a seguir.



Figura 65 – Peça fraturada para ensaio de potencial de corrosão

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 nos dois pilares ensaiados. Além disso, é plausível supor que um comportamento semelhante esteja acontecendo nos demais pilares.

Apesar da observação de uma superfície aparentemente preservada em alguns pilares, a avaliação do potencial de corrosão revelou indícios de processos corrosivos significativos na armadura, em altas taxas, ocorrendo de forma não visível.

Uma explicação plausível para essa situação, especialmente ao se constatar que **o potencial de corrosão no pilar com aparente preservação superficial (P4) foi superior ao potencial no pilar aparentemente degradado (P1)**, é a possibilidade de terem ocorrido correções em zonas deslocadas decorrentes da corrosão da armadura. Essas correções podem ter disfarçado os processos corrosivos, criando a falsa percepção de preservação superficial, enquanto, na realidade, os processos corrosivos continuaram em curso, uma vez que medidas de intervenção eficazes não foram adotadas.

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 consequente fissuração, desagregação e o deslocamento do concreto. Assim a estrutura torna-se vulnerável à aceleração dos processos de corrosão e suscetível a outros processos de degradação.

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 e P3	Concreto com desagregação	Cimento consumido
	Presença de aberturas e deslocamento	
	Corrosão da armadura	De forma generalizada, parcialmente exposta e evidenciado no P1 pelo ensaio de potencial de corrosão
	Cobrimento aproximado: 1,6cm	Conforme pacometria
P4	Concreto com argamassa de correção superficial	
	Presença de aberturas	
	Corrosão da armadura oculta	Evidenciada pelo ensaio de potencial de corrosão
	Cobrimento aproximado: 1,6cm	Conforme pacometria
P2 e P5	Concreto com argamassa de correção superficial	
	Concreto com baixa uniformidade	Conforme ultrassom
	Vegetação adjacente	
	Cobrimento aproximado: 1,6cm	Conforme pacometria
Vigas	Presença de aberturas e deslocamento pontuais	
	Corrosão da armadura	Pé do pilar e Viga-Pilar, especialmente nas adjacências do P1 e P3
Cuba	Presença de aberturas e deslocamento	Especialmente nos vãos entre pilares
	Corrosão da armadura	Especialmente nas bordas da laje inferior

Quadro 5 – Resumo dos resultados dos ENDS e inspeção

Em síntese, a aparente condição superficial da estrutura do reservatório omite seu estado real, possivelmente devido a intervenções corretivas superficiais. No entanto, os ensaios indicaram taxas substanciais de processos corrosivos, bem como descontinuidades no concreto. Adicionalmente, as fraturas realizadas na estrutura evidenciaram um concreto

caracterizado por elevada porosidade, resultando na perda de aderência e, por conseguinte, comprometendo a integridade estrutural, com impacto direto no desempenho e na segurança do reservatório.

Em relação aos demais subsistemas, embora não tenha sido possível realizar uma inspeção direta na cuba, é razoável supor que, dada a avançada idade do reservatório, os subsistemas de impermeabilização, drenagem e instalações hidráulicas possam ter atingido o final de sua vida útil, comprometendo, consequentemente, seu desempenho. Essa suposição encontra respaldo na identificação de eflorescência na laje inferior da cuba, indicando presença de infiltração de água, bem como na observação do avançado estado de deterioração das tubulações hidráulicas inspecionadas.

No que concerne aos dispositivos acessórios, como escada, guarda-corpo, sistema de para-raios e portão de entrada, constatou-se que atingiram o término de sua vida útil devido ao desgaste natural e à falta de intervenções. Esses dispositivos exibem um nível significativo de corrosão e/ou deterioração, evidenciando a necessidade de medidas corretivas.

14. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Perante todo o exposto, em consonância com o corpo deste 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, desgaste natural, falhas de manutenção, presença de vegetação no local e as questões decorrentes da corrosão do joelho que desempenha a função de extravasor.

Os elementos estruturais denominados pilar 1 e pilar 3 (P1 e P3) apresentaram nível de degradação **crítico** com presença de corrosão avançada e deslocamento de concreto, com perda de desempenho e vida útil consumida. Além disso, o pilar 4, selecionado como amostra devido à sua aparência superficial preservada, revelou, por meio dos ensaios, elevadas taxas de processos corrosivos e uma condição de concreto caracterizada por baixa aderência.

Adicionalmente, constatou-se corrosão da armadura em outros componentes, notadamente em áreas críticas, tais como borda da laje inferior da cuba e as junções entre os pilares e a referida laje. Estas áreas representam pontos de elevada concentração de armadura e de esforços cortantes, que merecem atenção.

Tendo em vista os estudos feitos, cujas análises já foram apresentadas e indicaram desempenho insatisfatório dos pilares, 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.

É importante destacar que partes críticas do reservatório, como os pilares, exibem um estado avançado de degradação, conforme previamente mencionado. 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.**

É relevante ressaltar que a ênfase da análise foi direcionada aos pilares, pois foram as peças submetidas aos ensaios. Importa destacar que não foi possível acessar as vigas, cuba e fundação devido a considerações de segurança operacional, decorrentes da altura elevada e dificuldades de acesso. A decisão de não escavar as fundações também foi tomada em função da priorização da segurança. Diante desse contexto, **é razoável inferir que o estado observado nos pilares pode ser comparável ao das vigas e da cuba, uma vez que esses elementos estão expostos aos mesmos agentes de degradação enfrentados pelos pilares.**

Diante desse cenário, considerando que a recuperação do desempenho satisfatório da estrutura exigiria, no mínimo, a substituição integral dos pilares, e levando em consideração as complexidades técnicas associadas a tal procedimento, além do fato de que o reservatório está situado ao lado de uma escola e edificações residenciais, o que potencializa as perdas em caso de ocorrência de um sinistro, é recomendável, do ponto de vista técnico, de segurança e econômico, a demolição da estrutura como a abordagem mais adequada.

Outrossim, como medida cautelar, recomenda-se o **isolamento imediato da área do reservatório e do seu entorno**, visando garantir a segurança das pessoas circunvizinhas às áreas adjacentes.

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

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 32 folhas e 1 anexo, e está registrado no CREA-SE sob a ART de nº SE20230278242 do engenheiro civil Emerson Meireles de Carvalho.

Aracaju-SE, 30 de novembro de 2023.

**EMERSON
MEIRELES
DE
CARVALHO:** Assinado digitalmente
por EMERSON
MEIRELES DE
CARVALHO:3742594
3549
Foxit PDF Reader
Versão: 2023.2.0
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



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: 1PNT-KABF-3QAD-F3CD



O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 15/02/2024 é(são) :

- EMERSON MEIRELES DE CARVALHO - 01/12/2023 06:22:03 (Certificado Digital)