CAPÍTULO 96 · Parte V · Diagnóstico
DOI do capítulo: https://doi.org/10.67775/st8fjk71
Trabalho apresentado no CBPAT 2026 e publicado nos anais do evento: https://doi.org/10.67775/gwavpm86

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Pedro Henrique Cota Drumond[1], Leonardo Maroca de Avelar Viana[1]*; Camila Spagnol Altoé[1]; João Vitor Fioresi Altoé[1]; Klaus Hubert Alves Rodrigues[1]; Diôgo Silva de Oliveira[1] e Reginaldo Carneiro da Silva[1]

*Autor de contato: leonardo.viana@ufv.br

[1] Departamento de Engenharia Civil (DEC), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil

RESUMO

Estruturas de concreto armado empregadas em estações de tratamento de água e esgoto estão expostas a ambientes agressivos, caracterizados pela presença de agentes químicos, biológicos e elevada umidade, fatores que favorecem processos de deterioração. Este trabalho tem como objetivo avaliar o estado de conservação de elementos estruturais de uma estação de tratamento localizada na Universidade Federal de Viçosa por meio de inspeção visual e análise das manifestações patológicas observadas. Foram identificados danos típicos em estruturas de concreto armado, como fissuração, desplacamento do cobrimento, eflorescências e indícios de corrosão das armaduras, associados às condições ambientais e operacionais do sistema. Os resultados permitiram identificar os principais mecanismos de deterioração atuantes, destacando a importância da inspeção periódica para subsidiar ações de manutenção, reparo e reabilitação estrutural.
Palavras-chave: ambiente agressivo; patologia das estruturas; inspeção patológica; ataque químico; corrosão de armaduras.

ABSTRACT

Reinforced concrete structures used in water and wastewater treatment plants are exposed to aggressive environments characterized by the presence of chemical and biological agents and high humidity, conditions that favor deterioration processes. This study aims to evaluate the conservation condition of structural elements of a treatment facility located at the Federal University of Viçosa through visual inspection and analysis of the observed pathological manifestations. Typical damage in reinforced concrete structures was identified, including cracking, concrete cover spalling, efflorescence, and signs of reinforcement corrosion, associated with the environmental and operational conditions of the system. The results allowed the identification of the main deterioration mechanisms affecting the structures, highlighting the importance of periodic inspections to support maintenance, repair, and structural rehabilitation actions.

Keywords: aggressive environment; structural pathology; pathological inspection; chemical attack; reinforcement corrosion.

1. INTRODUÇÃO

As estruturas de concreto armado podem apresentar elevada resistência e durabilidade quando projetadas e executadas de forma adequada, considerando as condições de exposição e os agentes agressivos presentes no ambiente em que estão inseridas. Entretanto, fatores como prazos reduzidos para elaboração de projetos e execução de obras, bem como falhas no controle de qualidade, podem favorecer o surgimento de manifestações patológicas capazes de comprometer a durabilidade e o desempenho das estruturas, como desplacamentos, corrosão de armaduras e eflorescências (Lopes, 2018).

A avaliação do estado de conservação de estruturas de concreto pode ser realizada por meio de diferentes técnicas de inspeção e ensaios. Entre os procedimentos mais utilizados destacam-se a inspeção visual, os ensaios não destrutivos, como a esclerometria para avaliação da dureza superficial do concreto, e os ensaios para verificação da profundidade de carbonatação, realizados com indicadores ácido-base, como a fenolftaleína (Silva, 2023). Além desses métodos, outros ensaios complementares podem ser empregados para aprofundar o diagnóstico das condições do material, como a medição do potencial de corrosão das armaduras, a microscopia eletrônica de varredura e a avaliação da penetração de cloretos no concreto por meio da aspersão de nitrato de prata.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma inspeção baseada em análises visuais para avaliar o estado de conservação das estruturas da Estação de Tratamento de Água da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Viçosa, Minas Gerais. A partir da identificação das manifestações patológicas presentes, busca-se discutir possíveis mecanismos de deterioração associados às condições de exposição e às características construtivas da estrutura.

1.1. ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

As estações de tratamento de água apresentam características construtivas e condições de exposição específicas que influenciam diretamente a durabilidade das estruturas de concreto. Em razão do contato constante com água bruta e com produtos químicos utilizados no processo de tratamento, essas estruturas estão sujeitas à ação de diversos agentes agressivos de natureza física, química e biológica.

Para a construção de estações de tratamento de água (ETAs), recomenda-se a utilização de concretos com elevada resistência à abrasão, à ação de produtos químicos, à ataques biológicos e que apresentem adequada estanqueidade. Isso ocorre porque, nas etapas iniciais do tratamento, o líquido pode conter partículas sólidas e substâncias potencialmente agressivas ao concreto. Dessa forma, Dias (2018) considera este um dos ambientes mais agressivos ao concreto.

A proteção das armaduras em estruturas de concreto armado depende da manutenção de um meio altamente alcalino, com pH elevado (superior a 9), condição que favorece a formação de uma camada passivadora sobre o aço. No entanto, esse ambiente alcalino pode ser comprometido por processos como a carbonatação do concreto e o ataque por sulfatos, reduzindo o pH e favorecendo o início de processos corrosivos nas armaduras (Bolina; Tutikian; Helene, 2019).

O tratamento de água envolve uma sequência de etapas físicas e químicas destinadas à remoção de impurezas e à desinfecção da água captada de mananciais naturais. De forma simplificada, esse processo inclui captação, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, seguidas do armazenamento e da distribuição. Apresenta-se na Figura 1 um esquema simplificado do funcionamento de uma estação de tratamento de água.

Essas etapas ocorrem em unidades estruturais, constituídas por tanques e reservatórios de concreto armado, que permanecem expostos à água e a agentes químicos e biológicos, condição que favorece processos de deterioração ao longo do tempo. Apresenta-se na Tabela 1 um resumo das principais etapas do tratamento de água.

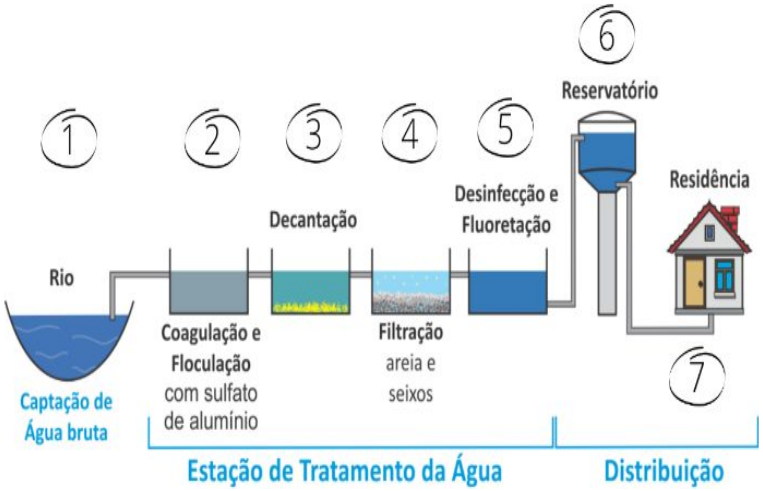

Figura 1: Sequência de funcionamento simplificado de uma ETA.
Fonte: Adaptado de EDUCA (2021).

n°	ETAPAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA
1.	Captação de água bruta - a água é captada e bombeada de rios ou subsolo para as instalações da estação;
2.	Coagulação e floculação - é adicionado Sulfato de Alumínio e corrige-se o PH se necessário; a água passa por um caminho sinuoso e turbulento, para que seja agitada e inicie o processo de coagulação;
3.	Decantação - no tanque de decantação a água é liberada vagarosamente, movimentando-se devagar. Os coágulos formados na etapa anterior sofrem decantação e depositam-se no fundo do tanque, enquanto a água segue para os filtros;
4.	Filtração – a água passa por filtros de areia de diferentes granulometrias para que sejam retidas quaisquer partículas restantes;
5.	Desinfecção e fluoretação – são adicionados cloro e flúor para desinfecção da água, eliminando microrganismos, e contribuir para a proteção da saúde bucal da população;
6.	Reservatório – a água é armazenada em reservatórios (geralmente elevados) para poder ser distribuída por gravidade para a população;
7.	Distribuição – a distribuição pode ser feita por gravidade ou bombeamentos em casos específicos.

Tabela 1: Etapas de tratamento de água.
Fonte: Adaptado de Di Bernardo e Dantas (2005).

1.2. DURABILIDADE DO CONCRETO

As condições de exposição presentes em estações de tratamento de água tornam a durabilidade do concreto um aspecto fundamental para o desempenho dessas estruturas. Por estarem submetidas às intempéries e operarem continuamente, as estruturas de uma ETA são mais suscetíveis a danos quando comparadas a edificações residenciais. Além disso, devido à presença de agentes químicos no processo de tratamento, são necessários cuidados específicos durante o projeto e a execução, em conformidade com as prescrições da NBR 6118 (ABNT, 2023) e da NBR 12655 (ABNT, 2015),

que estabelecem requisitos relacionados às características, dosagem e dimensões dos elementos estruturais.
A determinação da classe de agressividade ambiental (CAA) à qual o concreto estará submetido é fundamental para a definição de parâmetros como a relação água/cimento (A/C), a classe do concreto, o consumo mínimo de cimento e o cobrimento das armaduras. De acordo com a NBR 12655:2015 (ABNT, 2015), ambientes como ETAs e ETEs devem ser considerados como industriais com elevada atividade química, sendo classificados como CAA IV. Essa classificação exige concretos mais resistentes e menos porosos, além de maiores cobrimentos nominais, a fim de garantir maior durabilidade frente aos agentes agressivos ao longo da vida útil da estrutura.

A NBR 6118:2023 (ABNT, 2023) também estabelece que o cobrimento dos elementos estruturais de estações de tratamento e reservatórios deve corresponder ao da classe de agressividade IV. Dessa forma, recomenda-se que todos os elementos de concreto armado adotem essa mesma classe, considerando a condição mais severa de exposição.

1.3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE AMBIENTES AGRESSIVOS

Em ambientes agressivos, como os presentes em estações de tratamento de água e esgoto, o concreto pode sofrer processos progressivos de deterioração. De acordo com Godinho e Medeiros (2019), o ataque inicia-se na superfície do material e tende a se aprofundar ao longo do tempo. As regiões mais degradadas geralmente correspondem às zonas sujeitas à variação do nível de água ou esgoto ao longo do dia, onde processos de lixiviação e descalcificação dos compostos de cálcio da matriz cimentícia ocorrem com maior intensidade. Além disso, as elevadas taxas de demanda biológica de oxigênio e demanda química de oxigênio relatadas por Silva e Netto (2022) podem favorecer a proliferação de microrganismos que contribuem para a degradação do concreto.

Esse processo pode resultar em diferentes manifestações patológicas, como corrosão das armaduras, desagregação do concreto, fissuração, eflorescências e problemas associados à umidade e infiltração. Exemplos dessas manifestações são apresentados nas Figuras 2 a 5 (Lopes, 2018), Figuras 6 a 8 (Avelar e Saturnino, 2020), Figuras 9 a 11 (Dias, 2018) e Figuras 12 e 13 (Collazzi, 2019).



Figura 2: Corrosão das armaduras.



Figura 3: Desagregação do concreto.

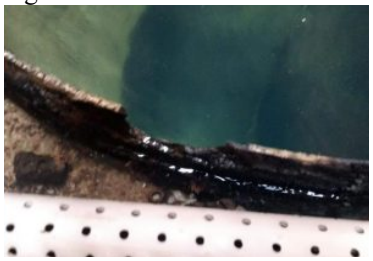

Figura 4: Corrosão na borda da adutora.



Figura 5: Desagregação do concreto, expondo armaduras.

Fonte: Lopes (2018).

Lopes (2018) destaca que, em estruturas de estações de tratamento, a proximidade de pontos de aplicação de produtos químicos pode intensificar a deterioração do concreto e a corrosão das armaduras. Vazamentos em tubulações de transporte de cloro, por exemplo, podem favorecer a formação de compostos ácidos no ambiente, promovendo o ataque químico ao concreto e a desagregação da matriz cimentícia nas regiões adjacentes.



Figura 6: Fissuras e eflorescências.



Figura 7: Umidade e Bolor.



Figura 8: Água perdida pelas manifestações patológicas.

Fonte: Avelar e Saturnino (2020).



Figura 9: Umidade e infiltração em paredes externas dos tanques da ETE.



Figura 10: Corrosão da armadura no tanque de armazenagem de lodo.

Fonte: Dias (2018).



Figura 11: Corrosão acompanhada de fissura no tanque de transição.



Figura 12: Eflorescência na parede externa do reator UASB.



Figura 13: Desagregação do concreto causando exposição das armaduras.

Fonte: Collazzi (2019).

2. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA UFV

A estação de tratamento de água (ETA) da Universidade Federal de Viçosa, inaugurada em 1970, é responsável pelo abastecimento hídrico do campus. O sistema opera com captação em manancial superficial localizado nas proximidades da universidade, com bombeamento da água bruta até a unidade de tratamento e posterior distribuição por gravidade. Apresenta-se, na Figura 14, a localização do ponto de captação (1) e da ETA (2).



Figura 14: Captação de água (1) e ETA (2) da UFV.

Apresenta-se, na Figura 15, uma vista aérea da estação de tratamento de água localizada na Universidade Federal de Viçosa, destacando as principais unidades do processo de tratamento. Na imagem, estão indicadas as etapas de coagulação, com adição de sulfato de alumínio (2.1) e agitação da água (2.2), seguidos pela decantação (3), filtração (4) e desinfecção com fluoretação (5). Após o tratamento, a água é encaminhada para os reservatórios de armazenamento (6.1 e 6.2), de onde é posteriormente distribuída.



Figura 15: Fluxo do efluente na estação de tratamento de água da UFV.

A avaliação das manifestações patológicas presentes nas estruturas da estação de tratamento de água foi realizada por meio de inspeção visual, conduzida conforme as diretrizes estabelecidas pela NBR 16747 (ABNT, 2020), que trata da inspeção predial. Durante a vistoria, foram registradas as principais anomalias observadas nos elementos estruturais e de vedação da unidade. Apresentam-se, nas Figuras 16 a 40, exemplos das manifestações patológicas identificadas nas diferentes estruturas da ETA.

A inspeção visual das manifestações patológicas foi realizada na estação de tratamento de água seguindo o percurso do fluxo operacional do sistema, iniciando-se no ponto de recebimento da água bruta e avançando sequencialmente pelas unidades de tratamento até os tanques reservatórios finais. Essa estratégia permitiu uma avaliação sistemática das estruturas em consonância com as etapas do processo de tratamento.

A inspeção teve duração aproximada de 3 horas, período durante o qual foram conduzidas as atividades de identificação das manifestações patológicas, registro fotográfico e catalogação das ocorrências observadas. As manifestações foram identificadas com base em análise visual direta, considerando aspectos como fissuração, destacamento de revestimentos, presença de umidade, manchas, corrosão e outros sinais de degradação.

Todas as etapas da inspeção foram realizadas por um único avaliador, responsável pela identificação das manifestações patológicas, operação dos equipamentos e registro das informações. A condução por um único operador visou garantir a uniformidade dos critérios adotados durante a análise.

Para a coleta de dados, foram utilizados um aparelho celular com câmera (Xiaomi Note 9S) para registros fotográficos em campo e um drone (DJI Mini 2), empregado na inspeção de áreas de difícil acesso e na obtenção de imagens aéreas, ampliando o alcance e a abrangência da avaliação.

3. RESULTADOS

A inspeção global da estrutura revelou que, mesmo em elementos não diretamente expostos ao fluxo de água tratada, manifestaram-se patologias decorrentes de agentes agressivos químicos. A seguir, descrevem-se as principais ocorrências observadas nas unidades do sistema de tratamento.



Figura 16: Desgaste do concreto no tanque de adição de sulfato de alumínio.



Figura 17: Eflorescência e desagregação da tinta no tanque agitador.



Figura 18: Infiltração, desagregação do concreto e presença de vegetação na estrutura.



Figura 19: Fissuras no fundo do tanque decantador.



Figura 20: Fissuras no coletor do tanque de decantação.



Figura 21: Presença de precipitação e eflorescência superior.



Figura 22: Fissura paralela à parede do filtro.



Figura 23: Fissuras e desagregação do concreto na parede do canal no interior do filtro.



Figura 24: Erosão e fissuras mapeadas e fissura vertical na parede do filtro.



Figura 25: Fissura vertical com eflorescência na parede externa do filtro.



Figura 26: Infiltração e descolamento de tinta na parede externa do filtro.



Figura 27: Eflorescência no tanque de cloração.



Figura 28: Fissura tratada e presença de bolor no ladrão do reservatório 1.



Figura 29: Fissura tratada com infiltração, eflorescência e precipitação.



Figura 30: Infiltração na parede do reservatório 1.



Figura 31: Parede do reservatório com diversas manifestações patológicas.



Figura 32: Acúmulo de água na cobertura do reservatório 2, com possíveis abatimentos na laje.



Figura 33: Fissura vertical no reservatório apresentando percolação de água.



Figura 34: Rachadura abaixo do ladrão do reservatório 2 com presença de água corrente.



Figura 35: Separação entre duas estruturas próximo à porta de entrada da estrutura em anexo.



Figura 36: Presença de armadura corroída e exposta na laje.



Figura 37: Desplacamento de concreto devido à corrosão e expansão das armaduras.



Figura 38: Fissuras diagonais nos blocos de concreto



Figura 39: Fissura diagonal no revestimento cerâmico do banheiro.



Figura 40: Recalque no piso ao redor do anexo.

Na casa de química, unidade responsável pela dosagem de sulfato de alumínio e pela correção de pH da água tratada, observaram-se manifestações patológicas associadas à ação de agentes físico-químicos. No tanque de adição de sulfato de alumínio verificou-se desgaste superficial do concreto (Figura 16), possivelmente relacionado à ação química dos reagentes utilizados no processo. No tanque agitador adjacente também foram identificadas anomalias, como eflorescência e desagregação do revestimento de pintura (Figura 17), indicando percolação de água e perda de estanqueidade do elemento.

No tanque de decantação, uma das estruturas mais antigas da ETA que ainda permanece em operação, foram observadas manifestações patológicas associadas principalmente à infiltração de água e à fissuração do concreto (Figura 18 a Figura 21) . Verificou-se infiltração acompanhada de desagregação do concreto e presença de vegetação no tubo de condução do afluente (Figura 18), além de fissuras no fundo do tanque (Figura 19) e no coletor (Figura 20). Também foi identificada eflorescência na região superior da estrutura (Figura 21), indicando percolação de água e lixiviação

de compostos da matriz cimentícia. A ocorrência dessas fissuras pode estar associada ao recalque diferencial das fundações observado na estrutura.

No filtro foram observadas manifestações patológicas associadas a processos físico-químicos, como degradação do concreto, fissuração e eflorescência (Figura 22 a Figura 26). A presença de eflorescências indica percolação de água e possível perda de estanqueidade do sistema.

Nos reservatórios 1 e 2 foram observadas manifestações patológicas associadas principalmente à fissuração e infiltração (Figura 28 a Figura 34). No reservatório 1, que passou por intervenção em 2018 para tratamento de fissuras, parte das áreas reparadas não apresentou novos indícios de deterioração. Entretanto, em outros pontos ainda foram identificadas infiltrações e eflorescências. Já o reservatório 2, que passou por manutenção em 2003, apresentou manifestações aparentemente mais severas, incluindo fissuras com percolação de água e acúmulo de água na cobertura, apesar de ocorrerem em menor quantidade.

Na edificação auxiliar localizada próxima aos reservatórios da ETA foram observadas diversas manifestações patológicas, incluindo corrosão e exposição de armaduras na laje, desplacamento do concreto e fissuração em elementos estruturais (Figura 35 a Figura 40). Também foram identificadas fissuras e trincas de maior abertura, possivelmente associadas à movimentação do solo, que em alguns pontos permitem significativa passagem de água.

No anexo, por exemplo, observou-se grau acentuado de desplacamento em diversos componentes, atribuído à expansão volumétrica das armaduras por corrosão. Adicionalmente, o cobrimento de concreto mostrou-se insuficiente para a classe de agressividade ambiental da edificação. Como a construção data de 2000, foi projetada sob normativas anteriores à incorporação explícita dos critérios de durabilidade (NBR 6118:2014 e atualizações), fator que potencializou o avanço de manifestações que poderiam ter sido mitigadas com diretrizes contemporâneas de projeto.

As fissuras constituíram a manifestação patológica de maior ocorrência, presente em todos os elementos da ETA. Embora suas causas sejam multifatoriais, a estrutura como um todo apresentou comprometimento contínuo, com percolação de água mesmo após reparos pontuais. Tal infiltração favoreceu deteriorações secundárias, como proliferação de bolor e vegetação. A impermeabilização adequada revela-se imprescindível, pois o fluxo hídrico contínuo pode comprometer não apenas a integridade do elemento fissurado, mas também o solo de fundação por meio de processos de adensamento e perda de capacidade de suporte.

De maneira geral, todos os componentes envolvidos no processo de tratamento de água exibiram manifestações patológicas similares, decorrentes da exposição a agentes químicos análogos em cada etapa. Parte significativa das anomalias relaciona-se diretamente a processos químicos, como lixiviação da pasta de cimento e deterioração do revestimento por infiltração. Já o desgaste superficial do concreto e as fissuras apresentam etiologia multifatorial, exigindo ensaios específicos para identificação precisa da causa predominante.

Quanto à severidade, o anexo apresentou o estado de degradação mais avançado, com corrosão generalizada, desplacamento e fissuração avançada. Análise preliminar sugere relação entre esta última e recalque diferencial das fundações, embora ensaios geotécnicos e estruturais detalhados sejam indispensáveis para confirmação e definição de soluções reparatórias eficazes.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizada uma avaliação visual das manifestações patológicas da Estação de Tratamento de Água da Universidade Federal de Viçosa, campus Viçosa. Com o aumento da demanda de água devido à ampliação do número de estudantes, funcionários e edificações, tornou-se necessária a expansão da capacidade da ETA, o que pode acabar agravando manifestações patológicas pré-existentes ou gerando novos danos em função do aumento da demanda operacional, que promove um maior número de ciclos de tratamento. Outros fatores que podem ser responsáveis pela deterioração da estrutura são: instabilidade do terreno de topo de morro, construções reaproveitadas (estruturas originalmente projetadas para outros fins, além de terem sido concebidas com base em normas antigas que não contemplavam plenamente conceitos de durabilidade) e falta de manutenção, tanto em preventiva quanto corretiva.

Embora seja possível verificar uma grande quantidade de manifestações patológicas ao longo da edificação, grande parte dessas pode ser tratada por meio de intervenções relativamente simples. Exemplos disso são os desplacamentos sem detecção de corrosão das armaduras, a ocorrência de eflorescência e a presença de vegetação, como plantas e musgo, em determinados locais. Porém, em termos de durabilidade, ensaios mais elaborados fazem-se necessários para verificar propriedades mecânicas e características do estado atual do concreto estrutural, como pH, resistência à compressão, grau de deterioração da armadura, entre outros aspectos.

Com relação aos danos estruturais, também é necessário que ensaios, tanto na estrutura quanto no solo, sejam realizados, uma vez que foi possível detectar fissuras com aberturas superiores aos limites recomendados por normas. A necessidade de reforços estruturais e escoramentos também deve ser analisada, considerando a idade avançada da estrutura e a importância desta para atender às demandas da instituição.

Para trabalhos futuros recomenda-se a realização de análises específicas (carbonatação, cloretos, potencial de corrosão e ultrassom) para elucidar as causas exatas de cada manifestação e propor intervenções tecnicamente fundamentadas. Igualmente relevante é a avaliação comparativa de sistemas de impermeabilização e proteção superficial, verificando sua eficácia na prevenção de danos em estruturas projetadas segundo normativas recentes de durabilidade.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio e fomento à pesquisa. Agradecem também ao Sr. João Francisco de Paula Pimenta pelo apoio e pela receptividade durante as visitas técnicas à Estação de Tratamento de Água (ETA). Por fim, agradecem à Diretoria de Meio Ambiente pela autorização e pelo suporte concedido para a realização deste estudo nas instalações da ETA.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projetos de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

CARACTERIZAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS E DE TRATAMENTO DE ESGOTOS. Pernambuco: A Cbpc – Companhia Brasileira de Produção Científica, 2020. Disponível em: https://tratamentodeagua.com.br/artigo/manifestacoes-patologicas-estacoes-elevatorias-tratamento-esgotos/. Acesso em: 14 set. 2022.

AVELAR, Karoliny de Castro; SATURNINO, Maisa Melo. **PERDA DE ÁGUA POR MEIO DE PATOLOGIAS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE GOIANÉSIA-GO**. 2020. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2020. Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/17006. Acesso em: 02 nov. 2020.

BOLINA, Fabrício Longhi; TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Patologia de estruturas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

BRK (org.). **Conheça as etapas do processo de tratamento de esgoto**. 2019. Disponível em: https://blog.brkambiental.com.br/etapas-tratamento-de-esgoto/. Acesso em: 02 nov. 2022.

COLLAZZI, Rafaella Colombo. **PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO Causa, recuperação e prevenção em reatores UASB's**. 2019. 113 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Câmpus Florianópolis, Florianópolis, 2019. Disponível em: https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/1486/TCC%20-%20Rafaella%20Collazzi.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 14 set. 2022.

DIAS, Nayara Gracyelle. **AVALIAÇÃO DA DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO**. 2018. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019. Disponível em: https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/9301/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Nayara%20Gracyelle%20Dias%20-%202018.pdf. Acesso em: 14 set. 2022.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Ângela Di Bernardo. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. São Carlos: Rima, 2005.

GODINHO, Jayson Pereira; MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de. BIODETERIORAÇÃO DO CONCRETO ARMADO EXPOSTO À AGRESSIVIDADE AMBIENTAL DO REATOR UASB DE UMA ESTAÇÃO D. **Revista Técnico-Científica**, Curitiba, v. , p. 1-15, set. 2019. Disponível em: https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/628. Acesso em: 04 nov. 2022.

LOPES, Alisson Roberto Costa. **ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO TANQUE DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS (TAPQ) DA ETA RIO DESCOBERTO - BRASÍLIA/DF**. 2018. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/prefix/13950/1/21315809.pdf. Acesso em: 14 set. 2022.

SILVA, Aldo César Rosa da; NETTO, Antonio Pedro de Oliveira. CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES TRATADOS EM ESTAÇÕES COMPACTAS PARA REÚSO DIRETO NÃO POTÁVEL URBANO. **Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Palhoça, v. 11, p. 178-197, mar. 2022. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/9063/6006. Acesso em: 02 nov. 2022.

SILVA, Vivian Steffanny Rodrigues da. **ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO RESERVATÓRIO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ETA DO MUNICÍPIO DE OLHO D'ÁGUA DO CASADO (AL). 2023.** 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas, Campus Sertão, Delmiro Gouveia, 2023.