

DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EXPOSTA AO AMBIENTE MARINHO – ESTUDO DE CASO

Edlaine Balbino dos Santos¹, André Puel², Fernando Toppan Ribeiro³, Auro Cândido Marcolan⁴, Diego Rafael Pires⁵

¹*Aluna do Curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (edlaine.bsantos00@gmail.com)*

²*Docente do Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, (puel@ifsc.edu.br)*

³*Docente do Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (fernando.rabello@ifsc.edu.br)*

⁴*Engenheiro Civil de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (auro.marcolan@gmail.com)*

⁵*Engenheiro Civil de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (eng.pires.diego@gmail.com)*

Resumo: As manifestações patológicas correspondem a danos que afetam as edificações e podem ser identificadas em todos os seus elementos estruturais. Tais problemas podem surgir em diferentes etapas do processo construtivo, decorrentes de falhas de execução, ausência de manutenção ou da ação de agentes externos, como chuva, sol, umidade e, especialmente, a ação agressiva do ambiente marinho. A corrosão em ambientes marinhos é caracterizada pela ação combinada de salinidade, umidade cíclica, variações de temperatura e ventos intensos, que comprometem a integridade das estruturas por meio da penetração de íons cloreto e da carbonatação. O presente trabalho tem como objetivo analisar as manifestações patológicas decorrentes da corrosão em uma estrutura de concreto armado localizada na Ilha de Galé, no município de Bombinhas, Santa Catarina, com ênfase nos mecanismos de deterioração e nas técnicas de recuperação aplicáveis. Foram identificadas corrosão generalizada e puntiforme das armaduras, deslocamento do concreto em pilares, vigas e lajes, fissuras longitudinais e transversais, eflorescência e perda significativa de seção dos elementos estruturais. A investigação foi realizada por meio de inspeção visual da estrutura, complementada pela aplicação de checklist técnico, questionário de avaliação e utilização da Matriz GUT para priorização das manifestações patológicas identificadas. Os resultados evidenciam a importância da realização de inspeções periódicas, da adoção de critérios de durabilidade desde a fase de projeto e da implementação de manutenção preventiva em estruturas localizadas em regiões litorâneas.

Palavras-chave: Manifestações Patológicas; Corrosão; Ambiente Marinho; Recuperação; Durabilidade.



INTRODUÇÃO

O concreto armado é um dos materiais mais empregados na construção civil, em virtude de sua elevada resistência mecânica, versatilidade e relação custo-benefício favorável. No entanto, quando exposto a ambientes agressivos, especialmente o marinho, esse material está sujeito a processos de deterioração acelerados. Dentre os principais mecanismos, destaca-se a corrosão das armaduras, provocada pela penetração de íons cloreto provenientes da maresia e pelo processo de carbonatação, que reduzem o pH da pasta de cimento de aproximadamente 12,5 para valores inferiores a 9, comprometendo a camada passiva de proteção do aço (Helene, 1993; Cascudo, 1997).

No litoral catarinense, essa problemática torna-se ainda mais crítica devido às condições ambientais específicas, como a alta salinidade do ar, a umidade cíclica, os ventos intensos e a presença constante de névoa salina. Esses fatores favorecem a entrada de agentes agressivos no concreto, intensificando os processos de degradação, sobretudo em estruturas localizadas em regiões costeiras e insulares, como a Ilha de Galé, no município de Bombinhas/SC.

Nesse contexto, é importante destacar que a intensidade e a velocidade de desenvolvimento dos mecanismos de deterioração estão diretamente relacionadas às condições ambientais às quais a estrutura está exposta. Ambientes classificados como agressivos tendem a potencializar significativamente os mecanismos de deterioração, exigindo maior atenção durante todas as etapas do ciclo de vida das edificações. Dessa forma, a exposição contínua a esses fatores contribui para a degradação progressiva das propriedades físicas e mecânicas do concreto armado.

As manifestações patológicas decorrentes desses processos podem ser classificadas em estéticas, funcionais e estruturais. Em ambientes marinhos, predominam aquelas associadas à corrosão das armaduras, como fissuras, trincas, rachaduras, eflorescência, manchas de umidade, deslocamento do concreto e redução da seção resistente do aço (Souza & Ripper, 1998; Leoni, 2010). Além disso, observa-se que tais manifestações não ocorrem de forma isolada, mas sim de maneira associada, o que contribui para o agravamento dos danos ao longo do tempo.

Nesse sentido, a ausência de manutenção preventiva, aliada a possíveis falhas de execução e à ação contínua de agentes agressivos, pode comprometer significativamente o desempenho estrutural, levando à perda de capacidade resistente e, em casos extremos, ao colapso das estruturas. Assim, torna-se fundamental compreender não apenas os danos visíveis, mas também os mecanismos responsáveis por sua origem e evolução.

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo analisar as manifestações patológicas em uma estrutura de concreto armado exposta ao ambiente marinho. A estrutura do estudo de caso consiste em uma torre quadrangular, com aproximadamente 30 anos de idade composta por pilares, lajes, vigas e guarda-corpo, encontrando-se diretamente exposta à ação de agentes típicos de ambientes marinhos, caracterizados como Classe IV de agressividade, conforme a NBR 6118:2023.

JUSTIFICATIVA

A partir dessa análise, busca-se identificar as principais anomalias presentes e compreender os mecanismos de deterioração atuantes, de modo a subsidiar a proposição de técnicas de recuperação compatíveis com as condições observadas. Além disso, a compreensão desses processos contribui para o aprimoramento das práticas de avaliação, manutenção e intervenção em estruturas expostas a ambientes marinhos, considerando a importância do planejamento adequado, da análise de risco e da atenção às condições ambientais envolvidas.

Nesse contexto, a análise da localização torna-se relevante para a compreensão das condições de exposição da estrutura, uma vez que o ambiente em que ela está inserida exerce influência direta nos processos de deterioração observados. Dessa forma, a caracterização do local complementa a análise das patologias, permitindo uma interpretação mais consistente dos danos identificados ao longo do estudo.

MATERIAL E MÉTODO

Para o desenvolvimento deste estudo, adotou-se uma abordagem baseada na análise de um estudo de caso real, localizado na Ilha de Galé, no município de Bombinhas/SC, caracterizado por exposição direta ao ambiente marinho e classificado como Classe IV de agressividade ambiental, conforme a NBR 6118:2023. Essa classificação indica um ambiente altamente agressivo, no qual os processos de deterioração tendem a ocorrer de forma mais intensa, especialmente em estruturas de concreto armado expostas de maneira contínua às condições locais.

As Figuras 1 e 2 apresentam a vista geral da edificação analisada, permitindo a visualização do contexto em que a estrutura está inserida e das condições aparentes de exposição aos agentes ambientais.



Figura 1 - Vista geral da estrutura de concreto armado localizada na Ilha de Galé, Bombinhas/SC



Figura 2 - Vista geral da estrutura de concreto armado localizada na Ilha de Galé, Bombinhas/SC

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre manifestações patológicas em estruturas de concreto armado expostas a ambientes marinhos, com ênfase nos mecanismos de deterioração associados à corrosão das armaduras, à penetração de íons cloreto e aos processos de carbonatação. Foram consultadas publicações acadêmicas e normas técnicas, com destaque para a NBR 6118:2023, NBR 13752, NBR 16747 e NBR 15575. Essa etapa foi fundamental para o embasamento teórico do estudo, permitindo a correlação entre os conceitos apresentados na literatura e as condições observadas em campo.

Na sequência, a investigação da estrutura foi conduzida por meio de inspeção visual sistemática, abrangendo todos os elementos estruturais, incluindo pilares, vigas e lajes. Durante essa etapa, foram realizados registros fotográficos detalhados das manifestações patológicas, possibilitando a

identificação, classificação e análise qualitativa dos danos quanto à sua natureza, extensão e severidade.

Para padronização da coleta de dados, foi elaborado um checklist técnico específico para estruturas expostas ao ambiente marinho, contemplando manifestações como fissuração, deslocamento do concreto, presença de eflorescência, manchas de umidade e exposição das armaduras. Esse instrumento permitiu organizar as informações de forma sistemática, facilitando a comparação entre os diferentes elementos estruturais analisados e contribuindo para uma avaliação mais consistente dos danos observados. A Tabela 1 ilustra o modelo de checklist utilizado durante a inspeção, evidenciando os critérios adotados para o registro das manifestações patológicas.

Elemento	Manifestação Patológica	Presença	Observações
Pilar	Fissuras	() Sim () Não	—
Pilar	Deslocamento do concreto	() Sim () Não	—
Pilar	Eflorescência	() Sim () Não	—
Pilar	Manchas de umidade	() Sim () Não	—
Pilar	Exposição das armaduras	() Sim () Não	—
Viga	Fissuras	() Sim () Não	—
Viga	Deslocamento do concreto	() Sim () Não	—
Viga	Eflorescência	() Sim () Não	—
Viga	Manchas de umidade	() Sim () Não	—
Viga	Exposição das armaduras	() Sim () Não	—
Laje	Fissuras	() Sim () Não	—
Laje	Deslocamento do concreto	() Sim () Não	—
Laje	Eflorescência	() Sim () Não	—
Laje	Manchas de umidade	() Sim () Não	—
Laje	Exposição das armaduras	() Sim () Não	—

Tabela 1 - Checklist Técnico Elemento

Adicionalmente, foi aplicado um questionário técnico voltado à avaliação das condições gerais da estrutura, considerando aspectos relacionados à execução, manutenção e exposição ambiental. Esse procedimento contribuiu para uma análise mais abrangente do estado de conservação da edificação, permitindo complementar as informações obtidas por meio da inspeção visual. A Figura 4 apresenta o questionário técnico aplicado, destacando os principais parâmetros considerados na avaliação da estrutura.

A priorização das manifestações patológicas foi realizada por meio da aplicação da Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), ferramenta amplamente utilizada para apoio à tomada de decisão em diagnósticos técnicos. A partir dessa metodologia, foi possível classificar os danos identificados

conforme seu potencial de evolução e impacto estrutural, estabelecendo uma hierarquia de intervenção.

Nesse sentido, a utilização da Matriz GUT contribuiu para a organização das informações e para a definição de prioridades, permitindo direcionar a análise para os problemas mais críticos e que demandam maior atenção no contexto da estrutura avaliada.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A avaliação das manifestações patológicas identificadas na estrutura foi conduzida com base em critérios qualitativos, considerando aspectos como extensão, intensidade e potencial de evolução dos danos. Esses parâmetros foram adotados com o objetivo de permitir uma análise mais sistemática e consistente das condições da estrutura, possibilitando a identificação das regiões mais críticas e dos elementos mais comprometidos.

A análise da extensão levou em conta a área afetada em cada região observada, permitindo avaliar a distribuição das manifestações ao longo da estrutura. Nesse sentido, a presença de danos em áreas mais amplas foi considerada indicativa de maior comprometimento, especialmente quando associada à repetição de padrões patológicos em diferentes elementos estruturais.

Por sua vez, a intensidade foi avaliada a partir do grau de deterioração visível, incluindo a presença de armaduras expostas, profundidade do deslocamento do cobrimento e abertura de fissuras. Esses aspectos foram fundamentais para caracterizar o nível de degradação dos elementos analisados, uma vez que indicam o avanço dos processos patológicos e sua influência no desempenho estrutural.

Além disso, foi considerado o potencial de evolução das manifestações, especialmente no que se refere à progressão da corrosão das armaduras, reconhecida como um processo de natureza expansiva e contínua em ambientes com elevada concentração de cloretos. Nesse contexto, observa-se que a corrosão tende a se intensificar ao longo do tempo, promovendo o aumento das tensões internas no concreto e contribuindo para o surgimento e agravamento de fissuras e deslocamentos.

Dessa forma, manifestações diretamente associadas à corrosão foram tratadas com maior atenção, em função de seu elevado potencial de comprometimento da durabilidade e da segurança estrutural. A análise desse critério permitiu priorizar os danos com maior capacidade de evolução, direcionando o foco da avaliação para os pontos mais críticos da estrutura.

Adicionalmente, a interpretação conjunta desses critérios possibilitou uma visão mais abrangente do

estado de conservação da edificação, permitindo correlacionar os diferentes tipos de manifestações e compreender sua evolução ao longo do tempo.

Assim, a adoção desses parâmetros contribuiu para uma análise mais estruturada das condições da estrutura, auxiliando na interpretação dos resultados obtidos e na definição das prioridades de intervenção, de forma a garantir maior eficiência nas ações corretivas propostas.

REGISTRO FOTOGRÁFICO DA ESTRUTURA

Durante a inspeção visual, foram realizados registros fotográficos das manifestações patológicas observadas na estrutura, com o objetivo de documentar, de forma detalhada, as condições de deterioração dos elementos analisados. Esse procedimento permitiu não apenas o armazenamento das informações coletadas em campo, mas também a posterior análise mais criteriosa dos danos identificados.

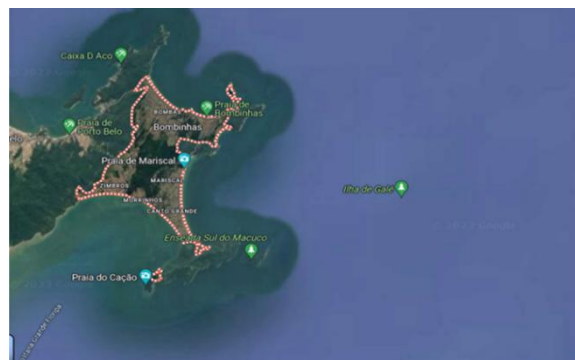


Figura 3 - Localização da área de estudo (Ilha de Galé, Bombinhas/SC)

A Figura 3 apresenta a localização da área de estudo, evidenciando a inserção da estrutura em uma região diretamente influenciada pelo ambiente marinho. Observa-se que a proximidade com o litoral favorece a exposição contínua a agentes agressivos, como a névoa salina, a elevada umidade e a ação dos ventos, fatores que contribuem significativamente para o desenvolvimento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado.

Devido ao avançado estado de deterioração da estrutura, as imagens revelam a ocorrência simultânea de múltiplas manifestações patológicas em um mesmo elemento estrutural, tais como fissuras, deslocamento do concreto, exposição das armaduras e presença de umidade. Essa condição dificultou a individualização precisa dos elementos, fazendo com que a análise fosse conduzida predominantemente com base nas manifestações visíveis e na interpretação conjunta dos danos.

As Figuras 4 a 14 apresentam o conjunto de manifestações patológicas identificadas na estrutura analisada, permitindo uma visão abrangente das

condições de deterioração. Observa-se a predominância de danos associados à corrosão das armaduras, com ocorrência frequente de deslocamento do concreto, fissuração e exposição do aço, características típicas de estruturas submetidas à ação contínua de ambientes agressivos. Esses registros fotográficos serviram como base para a análise qualitativa dos danos, permitindo a identificação, classificação e priorização das anomalias observadas.



Figura 4 - Análise Conjunta das Manifestações



Figura 5 - Análise Conjunta das Manifestações

De modo geral, fundamentada em inspeção visual associada à Matriz GUT, mostrou-se adequada para a avaliação da estrutura, especialmente diante das limitações de acesso. Não foram realizados ensaios destrutivos ou semi-destrutivos, de modo que a avaliação se baseou predominantemente na inspeção visual e na análise qualitativa. Mesmo assim, as informações obtidas foram suficientes para compreender o estado de conservação da edificação e identificar os principais mecanismos de deterioração atuantes.



Figura 6 - Análise Conjunta das Manifestações



Figura 7 - Análise Conjunta das Manifestações



Figura 8 - Análise Conjunta das Manifestações

As Figuras 09 a 13 complementam a documentação, destacando ainda mais a concentração das manifestações patológicas nas zonas mais expostas à ação direta da maresia. Essa distribuição reforça a forte influência dos agentes marinhos especialmente a umidade constante e a névoa salina no agravamento dos danos, principalmente aqueles relacionados à corrosão das armaduras. Os registros fotográficos servem como base fundamental para a análise qualitativa das anomalias, viabilizando sua

identificação, classificação e posterior priorização por meio da Matriz GUT.



Figura 9 - Análise Conjunta das Manifestações



Figura 10 - Análise Conjunta das Manifestações

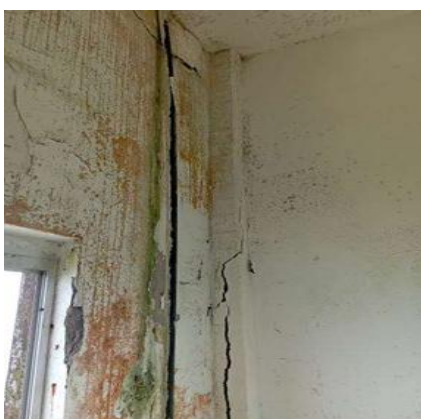


Figura 11 - Análise Conjunta das Manifestações



Figura 12 - Análise Conjunta das Manifestações



Figura 13 - Análise Conjunta das Manifestações

A abordagem adotada, fundamentada em inspeção visual combinada com ferramentas de priorização, mostrou-se adequada para a avaliação de estruturas com acesso restrito. Não foram executados ensaios destrutivos ou semi-destrutivos, de forma que a avaliação se baseou essencialmente na observação visual e na análise qualitativa das manifestações. Mesmo assim, as informações coletadas revelaram-se suficientes para caracterizar o estado de conservação da edificação e identificar os principais mecanismos de deterioração em atuação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estrutura localizada na Ilha de Galé apresenta múltiplas manifestações patológicas típicas de ambientes marinhos de elevada agressividade (Classe IV), caracterizadas pela ação contínua de névoa salina, elevada umidade e variações climáticas. As condições observadas, registradas por meio de documentação fotográfica (Figuras 5 a 14), indicam um quadro generalizado de deterioração do concreto armado, no qual diferentes mecanismos atuam de forma simultânea, progressiva e interdependente.

O deslocamento do concreto resulta das tensões internas provocadas pela expansão dos produtos de corrosão das armaduras. O aumento volumétrico da ferrugem gera pressão sobre o cobrimento, superando sua resistência à tração e causando a expulsão da camada superficial.

A distribuição dos danos não é uniforme. Pilares e vigas, mais expostos à maresia, concentraram maior incidência e severidade de fissuras, deslocamento e exposição de armaduras. Em contraste, as lajes apresentaram principalmente manifestações superficiais, como fissuração e manchas de umidade, sugerindo estágio inicial a intermediário de degradação.

Dentre os mecanismos de deterioração identificados, a corrosão das armaduras destacou-se como o principal agente responsável pelo comprometimento da estrutura, ocorrendo tanto de forma disseminada quanto localizada. Esse processo está diretamente associado à penetração de íons cloreto na matriz cimentícia e à consequente despassivação do aço, sendo amplamente reconhecido como um dos principais fatores que afetam a durabilidade de estruturas expostas a ambientes marinhos.

A presença de armaduras expostas, associada à perda de seção, evidencia um estágio avançado de deterioração, indicando não apenas a progressão dos danos, mas também potenciais impactos na capacidade resistente e no comportamento estrutural dos elementos analisados.

Além disso, observa-se que a progressão da corrosão não se limita à redução da seção das armaduras, mas também compromete significativamente a aderência entre o aço e o concreto, afetando a transferência de esforços e a integridade global da estrutura. Esse aspecto reforça a importância de considerar não apenas os danos visíveis, mas também seus efeitos estruturais associados.

As fissuras identificadas apresentaram diferentes orientações, extensões e aberturas, podendo estar relacionadas tanto a fenômenos de retração quanto à expansão decorrente da corrosão das armaduras. Sob uma análise mais aprofundada, essas descontinuidades assumem papel fundamental na evolução do quadro patológico, uma vez que atuam como vias preferenciais para a entrada de agentes agressivos, como os íons cloreto e a umidade.

Dessa forma, ainda que não representem, isoladamente, risco estrutural imediato, as fissuras contribuem significativamente para o aumento da permeabilidade do concreto e para a aceleração dos processos de deterioração, inserindo-se em um ciclo progressivo no qual causa e efeito se retroalimentam.

O deslocamento do concreto destacou-se como uma das manifestações mais críticas e representativas do

estágio avançado de degradação da estrutura, estando diretamente vinculado à evolução da corrosão das armaduras, configurando um cenário de elevada vulnerabilidade estrutural e indicando a necessidade de intervenções corretivas prioritárias.

A presença de eflorescência e manchas de umidade reforça a ocorrência de percolação de água através da estrutura, indicando a mobilização de sais solúveis no interior do concreto. Esse fenômeno evidencia não apenas a atuação da umidade, mas também sua função como meio de transporte de agentes agressivos, contribuindo diretamente para a intensificação dos processos de deterioração.

Os dados obtidos por meio do questionário de avaliação e do histórico da edificação confirmaram a ausência de um plano de manutenção preventiva sistemático ao longo dos anos, o que acelerou significativamente a evolução dos mecanismos de deterioração diante da exposição severa ao ambiente marinho.

QUESTIONÁRIO PARA AVALIAR QUALIDADE DAS OBRAS

Parte 1: Identificação da obra

Município: _____

Parte 2: Características da Obra

Tipo de obra: ☐ Residencial ☐ Comercial ☐ Industrial ☐ Público ☐ Outros _____

Localização: ☐ Centro ☐ Periferia ☐ Zona Rural _____

Área construída: ☐ Até 100m² ☐ De 101m² a 500m² ☐ De 501m² a 1.000m² ☐ De 1.001m² a 5.000m² ☐ Mais de 5.000m²

Tipo de construção: ☐ Alvenaria ☐ Concreto ☐ Madeira ☐ Outros _____

Forma de construção: ☐ Convencional ☐ Modular ☐ Prefabricado ☐ Outros _____

Estado da obra: ☐ Em andamento ☐ Concluída ☐ Parada ☐ Outros _____

Valor da obra: ☐ Até R\$ 100.000,00 ☐ De R\$ 100.000,00 a R\$ 500.000,00 ☐ De R\$ 500.000,00 a R\$ 1.000.000,00 ☐ De R\$ 1.000.000,00 a R\$ 5.000.000,00 ☐ Mais de R\$ 5.000.000,00

Parte 3: Avaliação dos Serviços no momento

Atendimento ao cliente: ☐ Bom ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ Ruim

Qualidade dos serviços: ☐ Bom ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ Ruim

Comportamento do construtor: ☐ Bom ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ Ruim

Desempenho da obra: ☐ Bom ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ Ruim

Atendimento e fiscalização: ☐ Bom ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ Ruim

Parte 4: Avaliação de manifestações patológicas

Aço:

Manifestação	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ferrugem	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Descolamento de concreto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exposição de armadura	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fissuras	0	1	2	3	4	5	6	7	8		



Manifestação Patológica	G	U	T	Prioridade
Corrosão das Armaduras	5	5	5	125
Deslocamento do Concreto	5	4	5	100
Pera de seção das armaduras	5	5	4	100
Fissuras e trincas e rachaduras	4	4	5	80
Ausência de impermeabilização	4	4	4	64
Umidade Constante	4	3	4	48
Eflorescência	2	2	3	12

Tabela 2 - Matriz GUT

A sistematização dos dados por meio do checklist técnico (Tabela 1) corroboram essa priorização, confirmando a predominância de deslocamento e exposição de armaduras nos elementos mais solicitados.

Os achados confirmam a forte influência do ambiente marinho na deterioração da estrutura, especialmente pela ação dos íons cloreto, alinhando-se aos estudos clássicos de Helene (1993) e Cascudo (1997). A ausência de manutenção preventiva e de sistemas de proteção superficial contribuiu decisivamente para a rápida progressão dos danos.

Com base nesse diagnóstico, foram propostas técnicas de recuperação compatíveis com o nível de degradação observado. Dentre as principais medidas, destacam-se a remoção do concreto deteriorado além da região afetada, o tratamento das armaduras por meio de limpeza mecânica, aplicação de inibidores de corrosão e sistemas de proteção, bem como a recomposição do cobrimento com materiais de elevada durabilidade e baixa permeabilidade. Nesse processo de recomposição, deve-se priorizar a compatibilidade eletroquímica e de módulo de elasticidade entre a argamassa de reparo e o concreto original. Tal cuidado é essencial para evitar o surgimento de ânodos incipientes (efeito de borda), onde a diferença de potencial entre o material novo e o antigo poderia acelerar a corrosão nas áreas adjacentes ao reparo.

Adicionalmente, recomenda-se a aplicação de sistemas de proteção superficial resistentes à ação de cloretos, bem como a implementação de um plano de manutenção preventiva com inspeções periódicas semestrais, visando interromper o ciclo de deterioração e prolongar a vida útil da estrutura.

De modo geral, os resultados demonstram que a integração entre inspeção visual, utilização de ferramentas de priorização, como a Matriz GUT, e aplicação de instrumentos sistematizados, como o checklist técnico, constitui uma abordagem eficaz para o diagnóstico de estruturas em ambiente marinho.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a estrutura de concreto armado localizada na Ilha de Galé, no município de Bombinhas/SC, apresenta um estado de degradação em estágio avançado, condicionado intrinsecamente pela severidade da Classe de Agressividade Ambiental (CAA) IV em que se insere. A análise empírica evidenciou a predominância de manifestações patológicas típicas de zonas de atmosfera marinha e de respingo, destacando-se a corrosão das armaduras, o deslocamento expansivo do concreto, a fissuração generalizada, a eflorescência e a saturação por umidade ascendente e direta.

Nesse cenário, a corrosão das armaduras consolidou-se como o mecanismo de deterioração preponderante, impulsionado pela difusão de íons cloreto e pela consequente despasseificação do aço. É fundamental ressaltar que este mecanismo desencadeou um processo sinérgico de anomalias estruturais: a formação de produtos de corrosão (ferrugem), de caráter expansivo, gerou tensões internas de tração que culminaram no deslocamento do cobrimento. Este fenômeno, ao expor diretamente as armaduras ao meio agressivo, acelerou a perda de seção transversal das barras, comprometendo progressivamente a estabilidade estrutural e a Vida Útil de Projeto (VUP).

A metodologia fundamentada em inspeções visuais sistemáticas, corroborada pelo uso de checklists técnicos e pela aplicação da Matriz GUT, demonstrou ser uma estratégia de diagnóstico eficiente e tecnicamente fundamentada para a engenharia de diagnóstico. Tais ferramentas permitiram a hierarquização rigorosa das patologias por meio da análise de Gravidade, Urgência e Tendência, viabilizando uma caracterização qualitativa robusta das condições de conservação, mesmo diante das restrições para a realização de ensaios instrumentais in situ.

Os resultados obtidos reiteram a influência deletéria das variáveis climáticas costeiras na integridade das estruturas de concreto. Fica evidente a imperatividade de se adotar critérios de durabilidade rigorosos como a redução da relação água/cimento e o incremento das espessuras de cobrimento, conforme preconiza a NBR 6118 (ABNT, 2023) além de instituir protocolos de manutenção proativa. As intervenções de recuperação propostas, que englobam o tratamento mecânico das armaduras, a recomposição da seção geométrica com polímeros ou argamassas especiais e a posterior aplicação de barreiras superficiais hidrofugantes,



configuram-se como soluções tecnicamente eficazes para mitigar o avanço dos processos corrosivos.

A negligência quanto à manutenção preventiva foi o fator catalisador para o agravamento do quadro patológico observado, reforçando a premissa de que a durabilidade em ambientes de extrema agressividade é diretamente proporcional à continuidade das ações de monitoramento e proteção da estrutura.

AGRADECIMENTOS

À empresa Burigo & Fiuza pelo fornecimento da inspeção visual da estrutura.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13752: Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro, 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14037: Manual de uso, operação e manutenção das edificações. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-2: Edificações habitacionais — Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 16747: Inspeção Predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado — Especificação. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.
- BAUER, Elton. Parâmetros e Grandezas de Importância no Estudo da Evolução da Corrosão das Armaduras no Concreto. Anais da 38º REIBRAC. Ribeirão Preto, São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 1996.
- CASCUDO, O. O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto: Inspeção e Técnicas Eletroquímicas. 1 ed., São Paulo: Ed. Pini, 1997. 237p.
- CÁNOVAS, M. F. Patologia e terapia do concreto armado. São Paulo: Pini, 1988.
- CEB 162. Comité Euro - International du béton (CEB). Durable Concrete Structures – CEB Design Guide. Bulletin d'Information n.162. Lausanne, 1984.
- COLLEPARDI, M. Ordinary Long-Term Durability of Reinforced Concrete Structures. Anais da 40º REIBRAC. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro do Concreto, 1998.
- FIGUEIREDO, A. D. Durabilidade do concreto: uma abordagem prática. São Paulo: PINI, 2009.
- GRANATO, A. R. Propriedades do Concreto em Ambientes Agressivos. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- GUIMARÃES, A. T. C., CASTRO, P. e NUNES, J. L.O. Teor de Cloretos Próximos a Superfície do Concreto em Ambientes Marítimos. In: 49º Congresso Brasileiro do Concreto, 2007, Bento Gonçalves. 49º Congresso Brasileiro do Concreto. Anais... São Paulo: IBRACON, 2007.4.
- HELENE, P. R. L. Corrosão em armaduras para concreto armado. São Paulo: Pini, 1993.
- HELENE, P. R. L.; ANDRADE, C. Modelos de transporte de íons agressivos no concreto. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil da USP, 1993.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 13823: General principles on the design of structures for durability. Geneva, 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA SP (IBAPE-SP). Norma de Vistoria de Vizinhaça: procedimentos básicos executivos. São Paulo, 2013.
- LEONI, Matheus. Gestão de durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. Rio de Janeiro: Editora Técnica, 2015.
- LEONI, M. Patologias em estruturas de concreto: identificação, causas e prevenção. São Paulo: Pini, 2010.
- LEONI, Matheus. O impacto da água do mar nas estruturas de concreto. In: SENA, Gideon Oliveira de (org.). Patologia das construções. São Paulo: Ekoa Educação, 2022.
- LIMA, M. G. Durabilidade do concreto: avaliação da influência da permeabilidade e da porosidade no desempenho estrutural. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.



- MEHTA, P. Kumar.; MONTEIRO, Paulo. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 3. ed. São Paulo: IBRACON.1994.
- MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. Durabilidade de estruturas de concreto armado em ambientes marinhos. Revista Engenharia Civil, v. 34, pg. 27–35, 2009.
- MEDEIROS, M. H. F. Durabilidade do concreto. São Paulo: Pini, 2011.
- Meira, G. R.; Andrade, C.; Padaratz, I. J. Corrosão em estruturas de concreto armado: avaliação da agressividade ambiental em zonas costeiras brasileiras. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 2, n. 2, p. 123–145, 2003.
- NEVILLE, Adam M. The confused world of durability Concrete International, v.23, n.11, p.21-28, 2001.
- RIBEIRO, D. V. Corrosão em estruturas de concreto armado: causas, consequências e prevenção. São Paulo: Elsevier, 2015.
- SENA, Gideon Oliveira de (org.). Patologia das construções: um guia para o diagnóstico e prevenção de manifestações patológicas em edificações. São Paulo: Ekoa Educação, 2022.
- SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1998.
- SILVA, F. B. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. Técnica, São Paulo, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011. 9
- TOLEDO, F. F. Durabilidade do concreto em ambientes agressivos: recomendações para projeto e execução. Belo Horizonte: UFMG, 2019.