

ROSANA MUÑOZ E MARCOS TOGNON

Restauro do concreto aparente do patrimônio moderno: aspectos técnicos de casos práticos

Restoration of modern heritage' exposed concrete: technical aspects of practical cases

Restauración del hormigón visto del patrimonio moderno: aspectos técnicos de casos prácticos

Rosana Muñoz

Engenheira civil, doutora em Arquitetura e Urbanismo (área de conservação e restauro) pela Universidade Federal da Bahia. Realizou pós-doutorado na Universidade do Minho em Portugal (2014-2015) e na Universidade Estadual de Campinas no Brasil (2021-2022). Atua na área acadêmica como professora da graduação e da pós-graduação da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, é pesquisadora do NTPR - Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração e coordenadora do grupo de pesquisa CREPE - Conservação e Reabilitação Estrutural do Patrimônio Edificado. Tem experiência na conservação e na restauração do patrimônio arquitetônico edificado, com destaque para o comportamento mecânico e dinâmico de edificações de valor patrimonial.

Civil engineer, PhD in Architecture and Urbanism (conservation and restoration) from Federal University of Bahia. Postdoctoral at the University of Minho in Portugal (2014-2015) and at the State University of Campinas in Brazil (2021-2022). Acts in academic area as an undergraduate and graduate professor at the Faculty of Architecture of Federal University of Bahia, is a researcher at NTPR - Center for Technology of Preservation and Restoration and coordinator of the research group CREPE - Conservation and Structural Rehabilitation of Heritage Built. She has experience in conservation and restoration of built architectural heritage, with emphasis on the mechanical and dynamic behavior of buildings of heritage value.

Ingeniera civil, doctora en Arquitectura y Urbanismo (área de conservación y restauración) por la Universidad Federal de Bahía. Realizó estudios de postdoctorado en la Universidad de Minho en Portugal (2014-2015) y en la Universidad Estatal de Campinas en Brasil (2021-2022). Actúa en el área académica como profesora de pregrado y posgrado en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Federal de Bahía, es investigadora del NTPR - Centro de Tecnología de Preservación y Restauración y coordinadora del grupo de investigación CREPE - Conservación y Rehabilitación Estructural del Patrimonio. Construido. Tiene experiencia en la conservación y restauración del patrimonio arquitectónico construido, con énfasis en el comportamiento mecánico y dinámico de edificios de valor patrimonial.

munoz.rosana@ufba.br

Marcos Tognon

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de Ribeirão Preto (1988), mestrado em História pela Universidade Estadual de Campinas (1993) e doutorado em Storia Della Critica Darte - Scuola Normale Superiore Di Pisa (2002). Atualmente é professor livre docente da Universidade Estadual de Campinas. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em História da Arquitetura e Urbanismo, atuando principalmente nos seguintes temas: história da preservação no Brasil, história da arquitetura no Brasil colonial, história da arquitetura no Brasil, técnicas construtivas históricas e história das técnicas artísticas.

Graduate in Architecture and Urbanism at the Faculty of Architecture and Urbanism of Ribeirão Preto (1988), Master's degree in History from the State University of Campinas (1993) and PhD in Storia Della Critica Darte - Scuola Normale Superiore Di Pisa (2002). He is currently a professor at the State University of Campinas. He has experience in Architecture and Urbanism, with an emphasis on History of Architecture and Urbanism, mainly on the following topics: history of preservation in Brazil, history of architecture in colonial Brazil, history of architecture in Brazil, historical construction techniques and history of artistic techniques.

Licenciado en Arquitectura y Urbanismo por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de Ribeirão Preto (1988), Máster en Historia por la Universidad Estadual de Campinas (1993) y Doctor en Storia Della Critica Darte - Scuola Normale Superiore Di Pisa (2002). Actualmente es profesor titular de la Universidad Estadual de Campinas. Tiene experiencia en el área de Arquitectura y Urbanismo, con énfasis en Historia de la Arquitectura y Urbanismo, trabajando principalmente en los siguientes temas: historia de la preservación en Brasil, historia de la arquitectura en Brasil colonial, historia de la arquitectura en Brasil, técnicas construcciones históricas e historia de las técnicas artísticas.

tognon@unicamp.br

Resumo

Testemunhos da arquitetura moderna do século XX estão sob o risco de desaparecer, se procedimentos para sua conservação e/ou restauro não forem estabelecidos prementemente. Erguidos em concreto armado, material que proporcionava novos sistemas construtivos, muitos desses edifícios, já envelhecidos e deteriorados, têm passado por intervenções; algumas, no entanto, inadequadas, decorrentes, principalmente, do desconhecimento do material existente e das técnicas apropriadas de reparação, além da inobservância dos preceitos do restauro, o que pode resultar no comprometimento dos valores patrimoniais. Esta situação torna-se mais preocupante quando se trata de concreto aparente, uma vez que a reintegração no local, por meio de reparo tradicional, com materiais atuais, pode provocar alterações visuais radicais. Diante deste contexto, o presente trabalho visa apresentar os principais danos e as soluções técnicas para restauro de elementos em concreto armado aparente, abordando dois exemplos: os conjuntos habitacionais Unité d'Habitation, situado em Marselha, França, e Alexandra Road Estate, localizado em Londres, Inglaterra. Nestas construções, foi identificado o uso de técnicas diferenciadas para o reparo da deterioração do concreto decorrente do severo estado de corrosão das armaduras. A pesquisa possui abordagem qualitativa e pode ser classificada como investigação exploratória e descritiva. Para cumprir o objetivo proposto, foi realizado, inicialmente, vasto levantamento bibliográfico que permitiu desenvolver o embasamento teórico sobre o tema, imprescindível para fundamentar as descrições e análises dos exemplos práticos. Os resultados desta pesquisa contemplam as soluções técnicas para o reparo de danos no concreto aparente, buscando minimizar o problema de alteração de coloração que ocorre quando se reintegra o local do reparo com material que não sofreu a pátina do tempo. Ressalta-se a importância deste estudo no que tange ao desenvolvimento da ciência da conservação e do restauro, e seu rebatimento na área da Arquitetura; na contribuição como guia para estabelecer a técnica a ser utilizada em obras com danos semelhantes, por profissionais da área; para servir como base do que vem sendo realizado internacionalmente e poder suscitar discussões amplas e profundas no campo tecnológico; e, por fim, para a preservação do patrimônio moderno edificado.

Palavras-chave: Concreto aparente. Corrosão das armaduras. Patrimônio moderno. Técnicas de intervenção.

Abstract

Testimonies of 20th century modern architecture are at risk of disappearing if procedures for their conservation and/or restoration are not urgently established. Built in reinforced concrete, a material that provided new construction systems, many of these buildings, already aged and deteriorated, have undergone interventions; some, however, are inadequate, resulting mainly from the lack of knowledge of the existing material and the appropriate repair techniques, in addition to the failure to observe the precepts of restoration, which can result in the compromise of heritage values. This situation becomes more worrying when it comes to exposed concrete, since on-site reintegration, through traditional repair, with current materials, can cause radical visual changes. In this context, the present work aims to present the main damages and the technical solutions for the restoration of elements in exposed reinforced concrete, addressing two examples: Unité d'Habitation, located in Marseille, France, and Alexandra Road Estate, in London, England. In these constructions, the use of different techniques was identified to repair the deterioration of the concrete resulting from the severe state of corrosion of the reinforcements. The research has a qualitative approach and can be classified as exploratory and descriptive. To fulfill the proposed objective, a vast bibliographic survey was initially carried out, which allowed the development of the theoretical basis on the subject,

essential to support the descriptions and analysis of practical examples. The results of this research include technical solutions for the repair of damage to exposed concrete, seeking to minimize the problem of color change that occurs when the repair site is reintegrated with material that has not suffered the patina of time. The importance of this study is highlighted in terms of the development of the science of conservation and restoration, and its impact in the field of Architecture; contribution as a guide to establish the technique to be used in works with similar damage, by professionals in the area; to serve as a basis for what is being done internationally and to be able to raise broad and deep discussions in the technological field; and, finally, for the preservation of the modern built heritage.

Keywords: Exposed concrete. Corrosion of reinforcements. Modern heritage. Intervention techniques.

Resumen

Los testimonios de la arquitectura moderna del siglo XX corren el riesgo de desaparecer si no se establecen con urgencia procedimientos para su conservación y/o restauración. Construidos en hormigón armado, material que proporcionó nuevos sistemas constructivos, muchos de estos edificios, ya envejecidos y deteriorados, han sufrido intervenciones; algunas, sin embargo, inadecuadas, resultantes principalmente del desconocimiento del material existente y de las técnicas de reparación, además de la inobservancia de los preceptos de restauración, lo que puede resultar en el compromiso de los valores patrimoniales. Esta situación se vuelve más preocupante cuando se trata de hormigón visto, ya que la reintegración en obra, mediante reparación tradicional, con materiales actuales, puede provocar cambios visuales radicales. Dado este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo presentar los principales daños y las soluciones técnicas para la restauración de elementos en hormigón armado a la vista, abordando dos ejemplos: los proyectos de vivienda Unité d'Habitation, ubicado en Marsella, Francia, y Alexandra Road Estate en Londres, Inglaterra. En estas construcciones se identificó el uso de diferentes técnicas para reparar el deterioro del hormigón producto del severo estado de corrosión de en el acero de los refuerzos. La investigación tiene un enfoque cualitativo y se puede clasificar como exploratoria y descriptiva. Para cumplir con el objetivo propuesto, inicialmente se realizó un amplio levantamiento bibliográfico, que permitió desarrollar la base teórica sobre el tema, fundamental para sustentar las descripciones y análisis de ejemplos prácticos. Los resultados de esta investigación incluyen soluciones técnicas para la reparación de daños en el hormigón visto, buscando minimizar el problema de cambio de color que se produce cuando el sitio de reparación se reintegra con material que no ha sufrido la pátina del tiempo. Se destaca la importancia de este estudio en cuanto al desarrollo de la ciencia de la conservación y restauración, y su impacto en el campo de la Arquitectura; aporte como guía para establecer la técnica a utilizar en obras con daño similar, por parte de profesionales del área; servir de base para lo que se está haciendo internacionalmente y poder suscitar discusiones amplias y profundas en el campo tecnológico; y, finalmente, para la conservación del patrimonio edificado moderno.

Palabras clave: Hormigón visto. Corrosión en el acero de los refuerzos. Patrimonio moderno. Técnicas de intervención.

Introdução

Vários edifícios modernos construídos no século XX estão em risco eminente de desaparecer. Erguidos em concreto, material que propiciava liberdade de formas e vãos e permitia a expressão da linguagem modernista, muitos encontram-se degradados ou passaram por intervenções inadequadas que propiciaram sua descaracterização e perda de valor patrimonial.

O domínio limitado da tecnologia do concreto até a década de 1960; o desconhecimento das técnicas apropriadas de reparo, juntamente com a inobservância dos preceitos do restauro; a falta de manutenção e de sensibilidade em relação ao seu valor patrimonial; a idade recente da construção e a legislação de proteção insuficiente são alguns dos fatores de ameaça.

O interesse em preservar edifícios modernistas, como símbolos do patrimônio, começou na Europa, nas décadas de 1950 e 1960, quando a degradação de materiais, a obsolescência física ou funcional, as pressões em forma de demolição ou mudanças, além das manutenções inadequadas começaram a ameaçar as icônicas obras associadas ao movimento moderno, a um renomado arquiteto ou aos ideais de modernidade (PRUDON, 2008).

Os esforços de conservação cresceram lentamente. Somente no final dos anos 1990, a preservação da arquitetura do século XX foi tomando forma significativa, com a instalação de diversas iniciativas e a criação de organizações, a exemplo da DOCOMOMO Internacional e de outras.

De acordo com Prudon (2008), os edifícios do século XX, em particular os do Movimento Moderno, são mais suscetíveis às influências do tempo do que seus antecessores. Neste sentido, Macdonald (2009) afirma que eles requerem reparo, em média, dentro de cerca da metade do tempo daqueles construídos mais tradicionalmente, geralmente de 25 a 30 anos após a sua construção. Para esta autora, grandes intervenções podem ser necessárias transcorridos 50 a 60 anos de edificados, em vez dos 100 a 120 anos comumente documentados para edificações antigas.

O equívoco de que os edifícios modernos requeriam baixos níveis de manutenção intensificou muitos dos problemas de materiais e de construção, colocando em questão alguns dos princípios de conservação mais fundamentais: intervenção mínima, retenção máxima do tecido original e reversibilidade (MACDONALD, 1996, 2009).

A arquitetura moderna procurou romper com o passado, adotando novas tecnologias que resultaram em estruturas diferenciadas dos tipos de construções tradicionais (MACDONALD, 1996, 2009). De todos os novos materiais e sistemas construtivos amplamente utilizados no século passado, o concreto armado é o que mais se destaca, e é, também, o que apresenta maiores problemas de conservação (MACDONALD, 1997).

Questões mais complexas de resolver abrangem o concreto aparente, pois, de acordo com Macdonald (1997), essas construções não podem ser reparadas sem alterações visuais radicais e, muitas vezes, de materiais.

Diante deste contexto, o presente trabalho visa apresentar os principais danos que acometem elementos de concreto armado aparente, enfocando o mais comum – a corrosão das armaduras, e as soluções técnicas para sua reparação. Para exemplificar o uso de alguns métodos de restauro no patrimônio edificado, são abordados dois exemplos: as intervenções nos conjuntos habitacionais modernistas *Unité d'Habitation*, situado em Marselha, França, e *Alexandra Road Estate*, localizado em Londres, Inglaterra.

A discussão do tema em tela é de suma importância para a preservação dos edifícios modernos, principalmente em concreto aparente, pois quando se trata de substituição de material, necessária no caso de um remendo, deve-se ter cuidado com a coloração do acabamento, uma vez que o concreto adjacente já sofreu a pátina do tempo. Caso este parâmetro não seja levado em consideração, corre-se o risco de ter alterações cromáticas e de a intervenção resultar em patchwork ou 'colcha de retalhos', o que não só compromete o valor estético, mas todo o valor arquitetônico e patrimonial da edificação.

Aporte teórico

Nesta seção, apresenta-se, inicialmente, uma breve contextualização sobre a preservação da arquitetura moderna, ameaçada, muitas vezes, pela falta de políticas de conservação, de manutenção e de conhecimentos técnicos. Em seguida, são abordados os principais danos que afetam as estruturas de concreto, com destaque para a corrosão das armaduras, as técnicas para a solução deste problema e o dilema da coloração dos reparos.

Preservação da Arquitetura Moderna

A filosofia e a metodologia adotadas para a preservação do patrimônio do século XX, em princípio, não deviam ser diferentes das utilizadas para as edificações tradicionais (MACDONALD, 1996, 1997, 2003; PRUDON, 2008). No entanto, existem várias características peculiares dos edifícios modernos que colocam novos desafios a essa prática, principalmente no que diz respeito à conservação da construção original ¹(SAINT, 1996; MACDONALD, 1996, 2003; PRUDON, 2008), e que têm que ser consideradas quando neles se atua.

Para Macdonald (1996, p. 42), a área mais difícil de conciliar em termos da filosofia de conservação contemporânea e o reparo de edifícios modernos pode ser atribuída à "autenticidade material versus a estética ou o design" (tradução nossa).

No século XIX, o debate sobre conservação do patrimônio resultou no estabelecimento de valores baseados na autenticidade material e intervenção mínima. A preservação no século XX foi construída sobre esta base, que, embora questionada, ainda continua a influenciar o pensamento do século XXI e a fornecer subsídios para abordar questões de intenção de projeto e autenticidade material, principalmente quando se trata de materiais expostos, como, por exemplo, o concreto aparente.

Vários são os problemas que ameaçam a integridade das estruturas de concreto, comprometendo não só sua estética, mas também sua durabilidade e segurança. É de extrema importância a identificação dos danos e suas causas para a realização de diagnóstico que venha fundamentar uma proposta adequada de intervenção.

¹ Dentre as particularidades das edificações modernas, destacam-se: a) o número de edifícios modernos é maior do que aqueles tidos como tradicionais; isto coloca em questão o princípio da raridade, que, juntamente com a distância temporal, acabam não favorecendo a preservação do moderno; b) intenção projetual; c) menor vida útil; d) baixa prioridade da pátina, devido: ao envelhecimento acelerado da arquitetura moderna, quando comparado a outras; ao desempenho de curto prazo de materiais modernos; e à nostalgia não reconhecida por edifícios modernos envelhecidos; e) há maior dificuldade para o reconhecimento dos valores das arquiteturas mais recentes por não existir um grande distanciamento temporal; entre várias outras (SAINT, 1996; MACDONALD, 1996, 2003; PRUDON, 2008).

Deterioração das estruturas de concreto armado

A deterioração do concreto pode ocorrer por duas razões principais: degradação do próprio material, o concreto, e corrosão das armaduras (BERTOLINI et al., 2013; JESTER, 2014). As causas relacionadas ao material podem estar associadas a fatores físicos (variações de temperatura, que podem ocasionar microfissuras); mecânicos (vibração, abrasão, erosão, impacto, explosão); químicos (ataque por ácidos, sulfatos, água pura, entre outros, ou reações álcali-agregado); biológicos (microrganismos, tais como bactérias criadoras de meios corrosivos) e estruturais (sobrecarga, devido, por exemplo, ao subdimensionamento ou mudança de uso, e carga cíclica) (BERTOLINI et al., 2013; GENTIL, 2022). Podem, também, ser referentes a: erros de projeto e construção (cobrimento das armaduras abaixo dos valores recomendados por normas técnicas; execução de concreto com elevado fator água/cimento, acarretando alta porosidade e fissuras de retração; ausência ou deficiência de cura do concreto; segregação do concreto com formação de ninhos de concretagem; lançamento e vibração incorretos); inadequadas especificações ou usos de materiais e/ou mão de obra; efeitos ambientais e acidentais (calamidades); reparos indevidos; entre outras (HONDEL, 1997; CONCRETE SOCIETY TECHNICAL REPORT No. 54, 2000; COPPOLA e BUOSO, 2019; GENTIL, 2022).

Os processos de deterioração do concreto e corrosão das armaduras estão intimamente relacionados [Figura 1]; os primeiros provocam a destruição do cobrimento ou microfissuras que comprometem suas características de proteção; o ataque da corrosão, pela ação expansiva de seus produtos, produz fissuração ou delaminação do concreto e reduz a aderência às armaduras, além de originar manchas de ferrugem na localização da armação (BERTOLINI et al., 2013; JESTER, 2014).

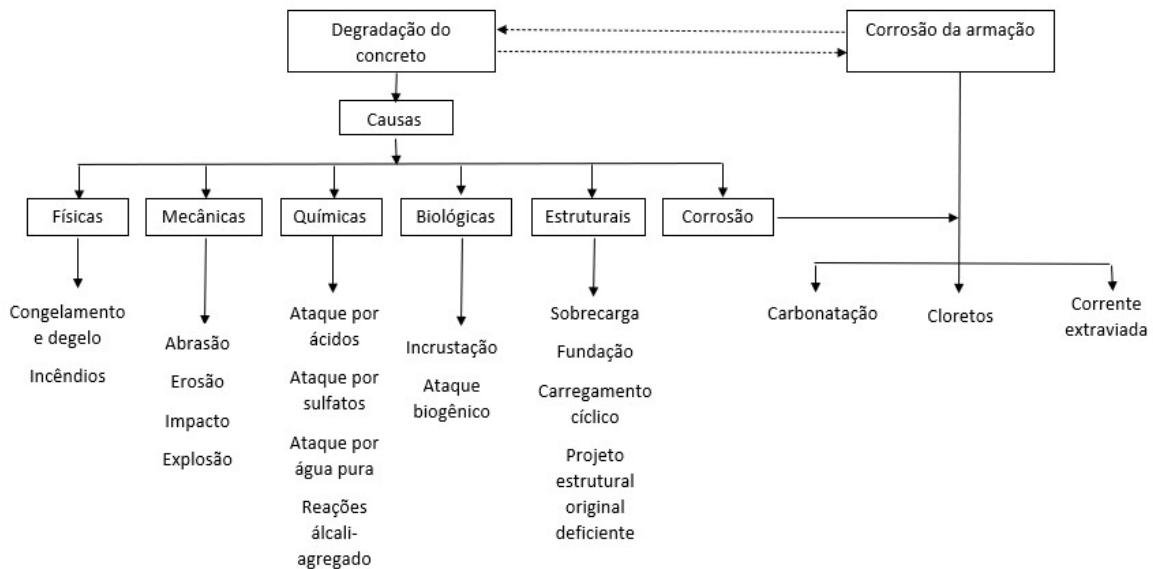


FIGURA 1 – Causas da deterioração de estruturas em concreto armado.

Fonte: Adaptada de BERTOLINI et al., 2013, p. 50.

De forma geral, pode-se citar como os principais danos aqueles relacionados à corrosão das armaduras e ainda: fissuração; variações cromáticas e presença de manchas; deposição de partículas atmosféricas (crosta negra); alterações por biodeterioração (devido à ação de microrganismos como as algas, fungos, bactérias e líquens e ao crescimento biológico); reações deletérias (eflorescência e criptoflorescência); desgaste superficial do concreto, podendo gerar depressões (por erosão, abrasão e

cavitação²); delaminação ou deslocamento ou, ainda, destacamento do concreto superficial; descamação; deformação; expulsão do concreto; perda de seção; entre outros (MACDONALD, 1997; CONCRETE SOCIETY TECHNICAL REPORT No. 54, 2000; WOODSON, 2009; ODGERS, 2012; COPPOLA e BUOSO, 2019; CHERRY e GREEN, 2021; REDONDO et al., 2021). De acordo com Hondel (1997) e Odgers (2012), a corrosão da armadura é a forma mais comum de deterioração do concreto.

Corrosão das armaduras do concreto

A corrosão é um processo eletroquímico no qual os elétrons fluem entre as áreas catódicas (carregadas positivamente) e as áreas anódicas (carregadas negativamente) na superfície do metal, através de eletrólitos, como a água (ODGERS, 2012).

Os efeitos da corrosão manifestam-se na forma de manchas superficiais, seguidas por fissuras, destacamento do revestimento, redução da seção resistente das armaduras, perda de aderência, ou seja, uma série de danos que leva “a um comprometimento estético e de segurança estrutural” (HELENE, 2021, p. 1).

Inicialmente, as armaduras inseridas nos componentes estruturais de concreto estão protegidas e passivadas contra risco de corrosão, devido à alta alcalinidade e à ação isolante da massa de concreto do revestimento (HELENE, 2021). Porém, alguns fatores podem acelerar o processo de deterioração em concreto: lixiviação e a consequente formação de eflorescência; carbonatação³; ácidos; bases, gerando reações álcali-agregado; sais, principalmente cloretos e sulfatos; água do mar; gás sulfídrico e sulfetos; bactérias; proximidade de linhas de trens e metrô (corrente de fuga); porosidade, permeabilidade e fissuras ou trincas; entre outros (CONCRETE SOCIETY TECHNICAL REPORT No. 54, 2000; GENTIL, 2022).

Para Jester (2014), as duas principais causas de corrosão são: (a) perda de passivação devido à presença de íons cloreto da água do mar ou do degelo de sais; e (b) perda de alcalinidade do concreto em virtude da penetração do dióxido de carbono atmosférico e a consequente conversão de componentes muito alcalinos em menos alcalinos (carbonatação).

Pacheco e Polder (2011) apresentam um modelo de deterioração de estruturas de concreto armado, ocasionada pela corrosão das armaduras, em função do tempo de exposição a contaminantes⁴ [Figura 2]. São indicados dois períodos: iniciação e propagação. O primeiro refere-se à penetração dos agentes agressivos no revestimento⁵, enquanto o segundo está relacionado com a evolução de diferentes formas de deterioração após o início da corrosão, podendo chegar ao colapso final da estrutura.

2 Decorrente da ruptura de bolhas superficiais presentes no concreto.

3 Perda de alcalinidade, possibilitando a despassivação do aço (destruição da camada passivadora), decorrente da combinação do dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera ou de águas agressivas com o hidróxido de cálcio Ca(OH)₂, formando carbonato de cálcio CaCO₂ insolúvel (GENTIL, 2022)

4 Esta representação, amplamente aceita pela comunidade científica, é baseada no modelo de Tuutti (TUUTTI, 1982) e consta no Bulletin 34 da fib – International Federation for Structural Concrete (fib, 2006)

5 A duração deste período depende da qualidade do concreto, da profundidade do revestimento, das condições de exposição e da concentração crítica necessária para iniciar a corrosão (PACHECO e POLDER, 2011).

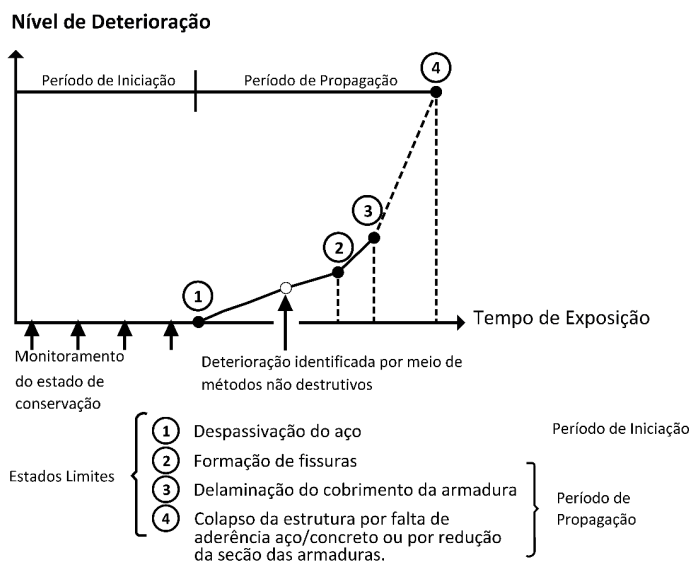


FIGURA 2 – Modelo conceitual para a de deterioração de estruturas.

Fonte: Adaptado de PACHECO e POLDER, 2011, p. 86.

Cabe destacar, ainda, a ação do dissulfeto de ferro (pirita) presente na composição de alguns agregados. Devido ao seu processo de oxidação, origina compostos com volume superior aos de origem, que provocam, além de manchas⁶, tensão interna, seguida de expansão, fissuração e desagregação do concreto (RIBEIRO, 2021).

Os desafios de conservar o concreto histórico⁷ não são diferentes daqueles de reparar edifícios de concreto em geral, mas existem considerações e dificuldades adicionais que podem diferenciar a abordagem e exigir soluções de reparo mais cuidadosas (MACDONALD, 2009).

Técnicas de reparação

De acordo com Odgers (2012) e os autores Coppola e Buoso (2019), na Europa, os trabalhos de reparo do concreto devem seguir as orientações da normativa europeia BS EN 1504-9:2008 *Products and Systems for the Protection and Repair of Concrete Structures. Definitions, Requirements, Quality Control, Evaluation of Conformity. General Principles for Use of Products and Systems* (2009). No entanto, deve ser feita uma avaliação crítica para cada obra, pois muitos dos métodos e materiais descritos nessa normativa podem não ser diretamente aplicáveis a projetos de conservação, podendo ser necessária uma formulação específica para cada projeto (ODGERS, 2012).

No que tange à corrosão das armaduras, os principais métodos disponíveis para controlá-la são (ODGERS, 2012):

- a) eliminar a fonte de umidade que a está causando;
- b) remover o cobrimento de concreto defeituoso e substituí-lo por um novo concreto/material de alta alcalinidade (técnica tradicional);

⁶ Testes devem ser realizados para identificar se as manchas presentes no concreto são relativas à presença desse composto ou à corrosão de armaduras.

⁷ Para Franzoni (2018), o concreto histórico apresentava três diferenças fundamentais em relação ao atual: o uso quase exclusivo de cimento Portland, em vez de pozolânicos ou de alto-forno (mais duráveis em ambientes agressivos); o fraco controle da relação água/cimento; e a escassa atenção à espessura do cobrimento. Segundo esta autora, restaurar um concreto histórico pode significar intervir em um material pouco durável, com defeitos ou, em qualquer caso, que não atende à legislação vigente.

- c) usar métodos eletroquímicos;
- d) evitar que a umidade ou o dióxido de carbono penetrem no concreto por meio de proteção da superfície.

A reparação convencional envolve a remoção mecânica do concreto contaminado seguida da sua substituição por material novo (concreto ou argamassa), após a limpeza, tratamento ou substituição da armação comprometida (HONDEL, 1997; JESTER, 2014; LOURENÇO, 2021), tomando medidas preventivas contra novo ataque.

No que tange aos métodos eletroquímicos, três técnicas reduzem a taxa de corrosão das armaduras e a deterioração do concreto adjacente, buscando eliminar a principal causa de dano por reversão e o não comprometimento da autenticidade material ou conceitual da obra (MACDONALD, 1996; HONDEL, 1997; JESTER, 2014; LOURENÇO, 2021; GENTIL, 2022):

a) Realcalinização

Esta técnica é eficaz quando a causa da corrosão é a carbonatação do concreto. Consiste em restaurar a passivação da armadura (estado alcalino natural) através da aplicação de uma corrente elétrica de um sistema de ânodo temporário ao aço da armação, formando uma solução alcalina.

b) Proteção Catódica

Tem como objetivo reduzir a taxa de corrosão do aço do concreto, principalmente de estruturas expostas a ambientes bastante agressivos, geralmente marítimos. O princípio de funcionamento consiste na aplicação permanente de corrente elétrica contínua, de baixa intensidade, entre as armaduras de concreto e um ânodo externo, objetivando controlar o processo existente de corrosão das armaduras e restabelecer, com o tempo, as condições passivas. Sua aplicação a edifícios históricos de concreto pode ser limitada devido às alterações visuais dada a fiação elétrica.

c) Extração de cloreto

Também denominada de remoção ou dessalinização, este método é eficaz quando a causa da corrosão é devida ao ataque de cloretos. Visa restaurar a passivação da armadura, através da aplicação de uma corrente elétrica de um ânodo temporário para o aço. Íons carregados negativamente, como cloreto, movem-se para o ânodo externo e são removidos com o sistema de ânodo após o tratamento.

Há, ainda, as medidas de proteção de superfície para concretos existentes que são os revestimentos protetores e os inibidores de corrosão (ODGERS, 2012). Para Coppola e Buoso (2019), estes podem, também, ser usados para melhorar a estética das estruturas de concreto aparente.

De forma geral, em se tratando de reabilitação de estruturas, as técnicas mais utilizadas quando a corrosão é devida à contaminação do concreto por íons cloreto são a reparação localizada e os métodos eletroquímicos, como a proteção catódica e a dessalinização. No caso daquelas carbonatadas, os meios são a reparação convencional e a realcalinização (LOURENÇO, 2021).

Sobre a reparação convencional, destacam-se problemas técnicos, concernentes à durabilidade,⁸ e aqueles relativos à perda de autenticidade; e, em se tratando de concreto aparente, de coloração, já que dificilmente o material novo, sem tratamento, terá a mesma tonalidade daquele original que apresenta a pátina dos anos de existência.

⁸ Sobre esta questão, Lourenço afirma (2021, p. 351): "Dado que, se a reparação não remover todo o concreto contaminado por cloretos, novas áreas de corrosão são formadas adjacentes às zonas reparadas, designadas por ânodos incipientes, dando, assim, continuação à deterioração"

Macdonald (1997) aborda a questão da autenticidade e o dilema da conservação dos materiais originais para as diversas soluções técnicas apresentadas. De forma geral, considera, como dilema, para o reparo tradicional: a perda do material original e a mudança na aparência; para a proteção catódica e os inibidores de corrosão, potencialmente nenhum; para a realcalinização e dessalinização, algum dano físico do processo (p. 40).

Quando se trabalha com reparos tradicionais, a principal preocupação deve ser a correspondência o mais próximo possível ao concreto existente, tanto visualmente, quanto estruturalmente (propriedades mecânicas) e selecionar técnicas de intervenção que retenham o máximo do material original possível (JESTER, 2014).

O dilema da coloração

Combinar as propriedades de cor, textura e porosidade do reparo com as características do concreto do edifício deve ser primordial. Para uma correspondência bem-sucedida, é necessário amostrar o material existente, na área onde irá ser executada a intervenção, e identificar o cimento, os agregados e quaisquer aditivos, por meio de testes laboratoriais.

Para reparos tradicionais, segundo Odgers (2012), deve-se desenvolver uma mistura com cimento, areia e agregados semelhantes ao do concreto original, podendo ser acrescentada uma pequena quantidade de cimento branco para facilitar a combinação de cores. Em alguns casos, onde a aparência externa é significativa, poderão ser colocadas duas camadas. A primeira, reparará a estrutura e controlará a corrosão, e a segunda, cosmética, será de acabamento (geralmente de 5 a 10 mm), com uma mistura ligeiramente diferente para combinar exatamente com o original e restaurar a aparência.

Para esse autor, quando são necessários muitos remendos de natureza semelhante, uma solução é preparar reparos de painéis pré-moldados em uma oficina e, em seguida, levá-los ao local para serem instalados.

A avaliação cuidadosa das condições existentes, das causas e da natureza dos danos, além dos fatores ambientais é essencial antes que um método de proteção seja selecionado e implementado. Nas seções a seguir são abordados dois exemplos nos quais foram utilizadas técnicas diferenciadas para resolver o problema da corrosão e coloração.

Edificações de estudo

Neste trabalho, de caráter exploratório e descritivo, duas edificações internacionais, ambas conjuntos habitacionais, consideradas com grande valor patrimonial e executadas em concreto armado aparente foram estudadas: *Unité d'Habitation*, situada em Marselha, França, e *Alexandra Road Estate*, localizada em Londres, Inglaterra.

Os critérios para a seleção desses objetos foram: ser projetados por arquitetos considerados modernos/modernistas; ser constituídos com elementos característicos da arquitetura moderna; ser construídos em concreto armado aparente, expostos a ambientes internos e ao ar livre; ser protegidos por legislação patrimonial; ter passado por intervenções de reintegração na sua materialidade, para resolver danos relativos à corrosão das armaduras e à desagregação do concreto; e possuir informações técnicas disponíveis para consulta.

Unité d'Habitation de Marselha

A *Unité d'Habitation* ou Unidade de Habitação [Figura 3], edifício de apartamentos de 17 andares, foi encomendada pelo estado francês, em 1945, para abrigar funcionários públicos naquela que era, então, a segunda cidade mais populosa da França, Marselha. Construída pelo Ministério da Reconstrução e Urbanismo, entre 1947 e 1952, contou com projeto do arquiteto suíço-francês Charles-Édouard Jeanneret, mais conhecido como Le Corbusier, que expressou suas teorias arquitetônicas⁹ e urbanas, durante o período de reconstrução do pós-guerra, para responder ao grande problema de moradias insuficientes e insalubres (MILLAIS, 2015; BOTTON, 2019; LES UNITÉS D'HABITATION RESSOURCES PÉDAGOGIQUES, 2021).

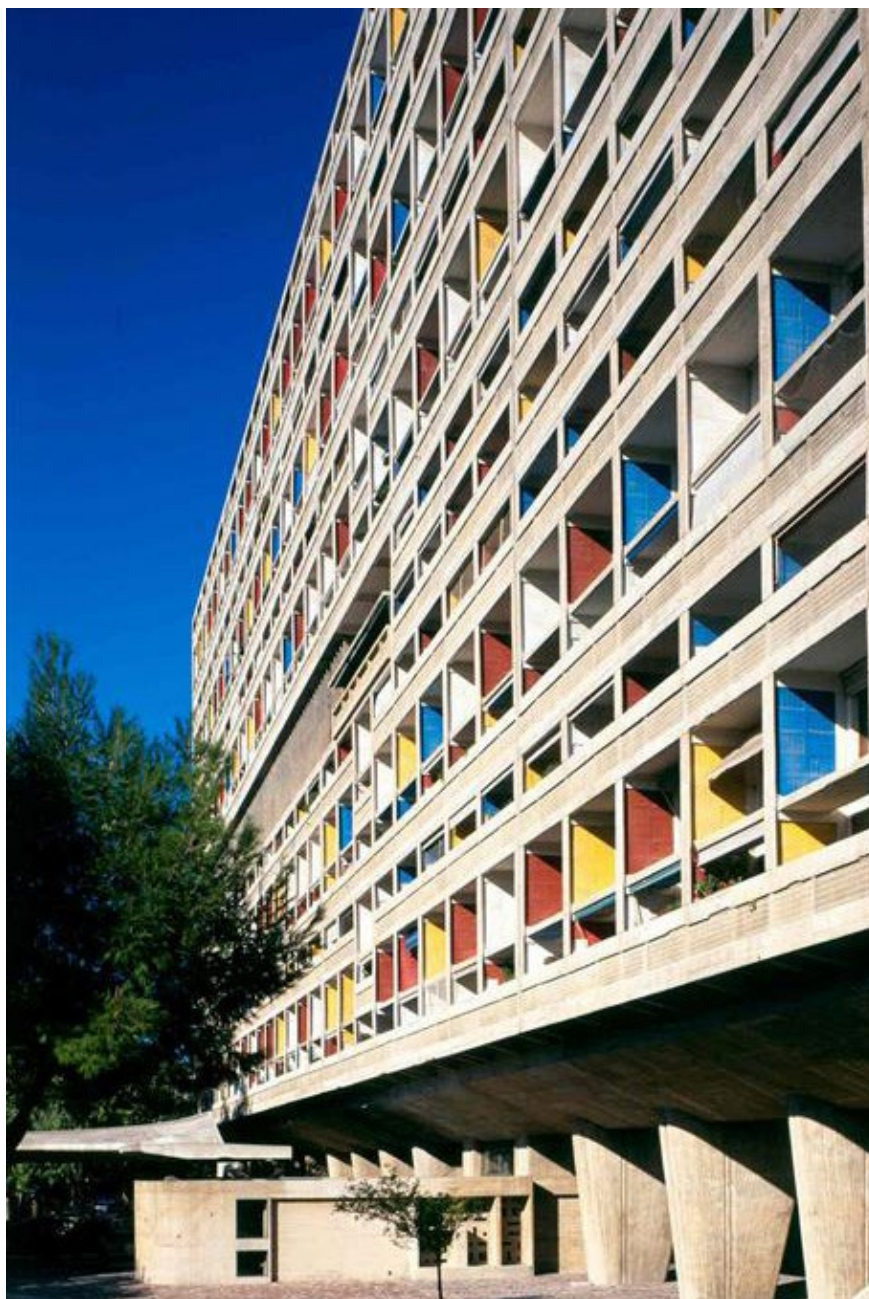


FIGURA 3 – Conjunto habitacional de Marselha.

Fonte: LES UNITÉS D'HABITATION RESSOURCES PÉDAGOGIQUES, 2021, p. 4.

⁹ Entre elas, os cinco pontos da Arquitetura, a saber: pilotis, planta livre, fachada livre, janelas em fitas longas e terraço-jardim (MILLAIS, 2015).

A *Unité d'Habitation* de Marselha, também conhecida como *La Cité Radieuse* (Cidade Radiante), foi projetada para 337 unidades¹⁰ e possuía um conjunto de instalações e equipamentos coletivos que a tornavam uma vila vertical: lojas, escritórios, hotel, restaurante, galeria envidraçada no terceiro nível e no terraço da cobertura, creche, ginásio¹¹, pista de corrida de 300 m e teatro ao ar livre (SBRIGLIO, 2013; FONDATION LE CORBUSIER, 2014; MILLAIS, 2015; BOTTON, 2019; LES UNITÉS D'HABITATION RESSOURCES PÉDAGOGIQUES, 2021).

Os princípios inovadores de sua concepção e composição arquitetônica incluem: separação do solo por meio de pilotis e criação de um nível elevado do solo; estrutura principal do tipo pilar e viga, com unidades residenciais estruturalmente isoladas umas das outras para melhorar o isolamento acústico; arranjo dos apartamentos ao longo de ruas internas; unidades com aberturas em duas fachadas opostas, para receber a luz da manhã e da tarde; layout em dois níveis, com espaço de convivência de pé direito duplo (BOTTON, 2019).

O sistema construtivo em concreto armado é composto de diversas formas: vigas e pilares principais; pilotis; elementos de fachada pré-fabricados em concreto aparente de agregado fino; e concreto projetado para o telhado do ginásio (BOTTON, 2019). Para a *Fondation Le Corbusier* (2014), é a primeira grande manifestação de brutalismo na França.

Em 20 de junho de 1986, o *Marseille Unité d'Habitation* foi classificado como Monumento Histórico e recebeu o título de Patrimônio do século XX pelo Ministério da Cultura francês. Em 2016, tornou-se Patrimônio Mundial da UNESCO (DELEMONTEY, 2016; BOTTON, 2019).

Alexandra Road Estate

O conjunto habitacional *Alexandra Road Estate* [Figuras 4 e 5], localizado no bairro londrino de Camden, foi projetado em 1968 pelo arquiteto Neave Brown, do Departamento de Arquitetos do Conselho de Camden. Construído entre 1972 e 1978, é considerado um dos mais expressivos edifícios “low-rise, high-density”¹² (LUIJK, 2019), o que resultou na projeção internacional de seu idealizador e lhe rendeu premiação em 2017.



FIGURA 4 (esq.) – Vista interna da edificação principal.

Fonte: ODGERS, 2012, p. 202.



FIGURA 5 (dir.) – Fachada externa da edificação principal.

Fonte: PHUONG, 2012, p. 4.

¹⁰ Os apartamentos podem acomodar uma população de 1.500 a 1.700 habitantes (FONDATION LE CORBUSIER, 2014).

¹¹ Em 2013, o ginásio tornou-se o MaMo (Marseille Modulor), um centro de arte contemporânea.

¹² Segundo Diaz (2005), nos anos 1960, foi desenvolvida uma tipologia de construção urbana para aumentar o número de unidades habitacionais sem reduzir a qualidade de vida dos habitantes: edificações baixas com alta densidade, que se contrapõem ao modelo de “tower block” (p. 12) oferecido por Le Corbusier e outros.

De acordo com Diaz (2005), o conjunto é composto por três blocos lineares Leste-Oeste, e delimitado, ao norte, por ferrovia. Foi projetado para oferecer, além da moradia (520 apartamentos com um, dois, três ou quatro quartos e duplex), os seguintes serviços e opções de recreação: escola, centro comunitário, lojas, oficinas, clube de jovens, centro infantil e um parque de 16 mil m². As habitações em cada bloco são baseadas no modelo de terraço, muitas com jardins nos fundos e todas com entradas que levam diretamente à rua (DIAZ, 2005; PHUONG, 2012).

O edifício é um exemplo do estilo brutalista e foi construído em concreto armado aparente, moldado no local (PHUONG, 2012). As superfícies apresentam certa textura, marcadas com estampas dos veios das madeiras, embora algumas áreas tenham ficado lisas e outras rebocadas (ODGERS, 2012).

Com a criação do **Ten Year Rule**, em 1987, segundo a qual qualquer edifício com mais de dez anos de construção que possuísse interesse e estivesse ameaçado, poderia ser considerado patrimônio, **Alexandra Road Estate** foi o primeiro complexo habitacional do pós-guerra a receber o Grau de Proteção II em 18 de agosto de 1993.

As intervenções: análises e resultados

Nesta seção, são apresentadas as principais intervenções pelas quais as duas edificações de estudo passaram, a partir da realização de diagnóstico detalhado com a identificação dos danos e suas causas.

Unité d'Habitation de Marselha

No final anos 90, esta edificação apresentava graves problemas de degradação. Ela já havia passado por reparações pontuais, que, embora garantissem temporariamente a segurança, não podiam ser consideradas como uma resposta de conservação adequada, pois levariam gradativamente à substituição de todo o concreto nas fachadas – uma grave perda em termos de autenticidade (SBRIGLIO, 2013; BOTTON, 2016, 2019).

Estudos preliminares foram realizados entre 2000 e 2001, e entre 2003 e 2017 uma série de técnicas de reparo e de conservação foram implementadas, primeiro em áreas de teste, depois em escala maior para diferentes fachadas (BOTTON, 2019).

Os principais danos observados foram: corrosão das armaduras e subsequente fragmentação do concreto [Figura 6a], pelo alto índice de cloretos, devido à proximidade do mar; fissuras visíveis nos elementos da estrutura; perda da policromia original nas varandas cobertas; modificação dos caixilhos das portas e janelas exteriores; manchas nas superfícies; além de acréscimos instalados por alguns proprietários nas varandas e no telhado (FONDATION LE CORBUSIER, 2014; DELEMONTEY, 2016; BOTTON, 2019).

Ensaio de caracterização do concreto indicaram a presença de cimento Portland antigo, como ligante, e agregados compostos por brita e areia, ambas de rocha calcária carbonática (BOTTON, 2019).

Adicionalmente, foram identificados os seguintes pontos críticos: a significativa profundidade de carbonatação do concreto, entre 10 e 45 mm; a irregularidade do cobrimento; a presença de íons cloreto e sulfato; e a alta porosidade do concreto (BOTTON, 2019).

Esses fatores levaram a recomendar, além do trabalho de reparo tradicional [Figura 6b], dois métodos preventivos para o controle de corrosão a longo prazo: (a) a aplicação de um inibidor de corrosão [Figura 6c], à base de monofluorofosfato de sódio; (b) a recalcalinização *in situ* dos pilotes e do piso inferior [Figura 6d], precedida pela

dessalinização (DELEMONTEY, 2016; BOTTON, 2019). De acordo com Botton (2019), o projeto teve como objetivo conservar o tecido original do ponto de vista filosófico, sempre que isso fosse técnica e economicamente viável.

O concreto foi formulado de acordo com o original, seguindo as análises realizadas nos estudos preliminares, sem aditivos. Após seu lançamento, foi aplicada uma leve aguada de cimento para harmonizar cosmeticamente as partes conservadas e as novas (BOTTON, 2019).

Em 2016, a quantificação de inibidor de corrosão encontrada nas áreas tratadas em 2004 apresentou níveis variáveis, mas ainda presentes (BOTTON, 2019). O trabalho subsequente nas fachadas oeste e leste implementou amplamente os protocolos da seção de teste, com melhorias marginais na técnica e na organização.

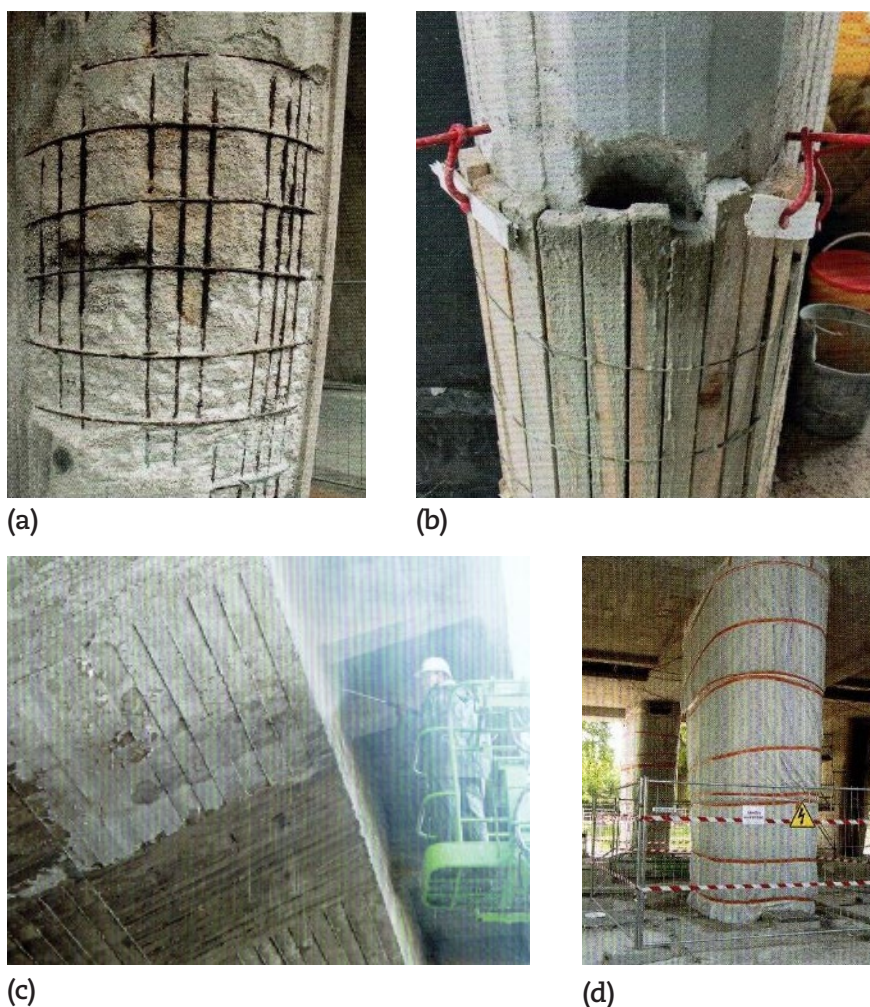


FIGURA 6 – Recuperação do concreto aparente.

Fonte: BOTTON, 2019, p. 119 e 122.

Alexandra Road Estate

Ao longo dos anos, foram identificados danos, principalmente, em relação à corrosão das armaduras de aço, cuja expansão ocasionava a fragmentação do cobrimento, sobretudo em virtude de sua pequena espessura – em algumas áreas possuía menos de 5 mm¹³. Além disso, o agregado original continha quantidades significativas de pirita

¹³ Este valor é inferior ao estabelecido pela normativa atual em vigor. Mais especificamente para a Inglaterra, a Tabela NA3 do Anexo Nacional do EUROCODE 2 (2004), Uk National Annex to EC2 Part 1-1, apresenta os seguintes valores para concretos com 50 anos de vida útil: 15 a 50 mm.

de ferro (FeS_2) e partes deste dissulfeto de ferro oxidaram lentamente e produziram manchas de ferrugem no concreto (ODGERS, 2012).

Esses danos foram reparados na década de 1990, usando uma mistura industrializada, baseada principalmente em polímeros altamente modificados, contrastando com o concreto original [Figura 7].



FIGURA 7 – Reparos iniciais (retângulos), contrastando com o concreto original, decorridos 10 anos.

Fonte: ODGERS, 2012, p. 204.

Em abril de 2001, 25 experimentos foram realizados para investigar esses reparos anteriores e testar novos, usando materiais semelhantes aos do concreto primitivo. Várias misturas de cimentos, areias e agregados foram analisadas para combinar a cor e a textura com o original. Esses experimentos seguiram as seguintes etapas (ODGERS, 2012):

- a) Limpeza da superfície de concreto original
- b) Corte dos reparos
- c) Preparo da mistura

Para a argamassa de reparo, foram utilizados cimento Portland comum e o branco, em misturas com areia prateada e silte. Cinco formulações foram testadas para uso em concreto liso e texturizado, sendo a escolhida a que incorporava areia prateada e cimento Portland branco.

- d) Aplicação das argamassas
- e) Execução do acabamento

Uma série de técnicas foram testadas para alcançar o acabamento necessário de marcação da tábua, incluindo o uso de pranchas de madeira, óleos desmoldantes e rolos de borracha com acabamento de textura de madeira.

Adicionalmente, foi realizado teste para remover e reparar um orifício com mancha de ferro [Figura 8a]. O produto da oxidação da pirita e da magnetita de ferro foi, primeiramente, retirado, com a utilização de broca de 25 mm de diâmetro e, em seguida, o orifício foi preenchido. A mistura usada para isso foi a mesma do concreto marcado por tábua: três partes de areia prateada para uma parte de cimento branco. Foi executada, também, uma lavagem com ácido acético a 20% em peso que removeu a mancha [Figura 8b], em cerca de 10 minutos, e não atacou a superfície (ODGERS, 2012).

f) Avaliação

Os reparos que haviam sido executados em abril de 2001 foram verificados em novembro de 2004 [Figuras 9a e 9b]. Os remendos cimentícios destacavam-se do concreto original e daquele que tinha sido submetido à limpeza, porque o cimento Portland branco, presente na mistura, migrou para a superfície durante a secagem. Este deveria ter sido removido com uma escova de aço, logo após a pega, para unificar as colorações dos materiais novos e existentes (ODGERS, 2012).



(a)



(b)

FIGURA 8 – Mancha por oxidação da pirita (a) e sua posterior limpeza (b).

Fonte: ODGERS, 2012, p. 207.

FIGURA 9 – Reparo tradicional realizado em 2001 (a) e sua imagem após três anos (b).

Fonte: ODGERS, 2012, p. 208.



(a)



(b)

Considerações Finais

O estudo da tecnologia da conservação de obras arquitetônicas em concreto armado e sua aplicação demandam urgência, visto que reparos podem ser necessários com menos de trinta anos após a construção do edifício modernista.

O projeto de restauro deve ser elaborado segundo uma abordagem crítica e visar a conservação e perpetuação do monumento, além de ter estratégia corretiva e detalhamento desenvolvidos caso a caso, sem regras padrão. Para edifícios históricos, deve-se maximizar a permanência, a longo prazo, dos materiais e acabamentos originais.

Nos dois objetos de estudo, foram utilizadas soluções técnicas diferenciadas para a resolução do mesmo tipo de dano e que objetivaram minimizar a diferença de coloração do acabamento do reparo com o uso de material novo, em relação ao concreto existente, já envelhecido pelo tempo.

Os resultados mostraram que reparos bem-sucedidos podem ser efetuados usando combinações simples de areias, cimentos e agregados e que podem corresponder com o concreto original limpo.

Sugere-se que um catálogo de acabamentos e maneiras de alcançá-los seja desenvolvido, fornecendo diretrizes para preservar as diferentes características de superfície, já que as especificações de materiais variam nacional e internacionalmente. Isto poderia ser um capítulo de um guia de referência de tratamentos de conservação de exemplares modernistas em concreto armado.

Também vale observação para o contexto brasileiro: a necessidade de estudar a história do uso do concreto aparente no país, nas suas dimensões estéticas, estruturais e formais, pois essa técnica construtiva assinala enfaticamente inúmeros edifícios representativos do patrimônio moderno, amplamente reconhecido.

Por fim, ressalta-se a importância deste estudo no que tange ao desenvolvimento da ciência da conservação e do restauro, e seu reatamento na área da Arquitetura; na contribuição como guia para estabelecer a técnica a ser utilizada em obras com danos semelhantes; para servir como base do que vem sendo realizado internacionalmente e poder suscitar discussões amplas e profundas no campo tecnológico; e, por fim, para a preservação do patrimônio moderno edificado.

Referências

BERTOLINI, L.; ELSENER, B.; PEDEFERRI, P.; REDAELLI, E.; POLDER, R. **Corrosion of Steel in Concrete: Prevention, Diagnosis, Repair**. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2013.

BOTTON, F. La Restauration des facades de L'Unité d'Habitation Le Corbusier de Marseille. In. **Lettre d'information Patrimoines em Paca** – DRAC/MET. N. 34, 2016.

_____. Unité d'Habitation. In. CROFT, C.; MACDONALD, S. **Concrete: Case Studies in Conservation Practice**. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2019, p. 112–125.

BS EN 1504-9:2008 **Products and Systems for the Protection and Repair of Concrete Structures**. Definitions, Requirements, Quality Control, Evaluation of Conformity. General Principles for Use of Products and Systems. London: British Standards Institution, 2009.

CHERRY, B.; GREEN, W. **Corrosion and Protection of Reinforced Concrete**. Boca Raton; London; New York: CRC Press – Taylor & Francis Group, 2021.

CONCRETE SOCIETY TECHNICAL REPORT No. 54. **Diagnosis of deterioration in concrete structures: identification of defects, evaluation and development of remedial action**. The Concrete Society, 2000.

COPPOLA, L.; BUOSO, A. **Il restauro dell'architettura moderna in cemento armato**. Milano: Ulrico Hoepli Editore S.p.A., 2019.

DELEMONTEY, Y. **The Marseille Unité d'Habitation after Le Corbusier: Or the Chronicle of a Permanent Construction Site**. In. Essays d'ocomomo 54. 2016, p. 60-65.

DIAZ, L. **The Everyday and 'Other' Spaces:** Low-rise High-density Housing Estates in Camden. In. EAAE Conference on the Rise of Heterotopia: Public Space and the Architecture of the Everyday in a Post-civil Society Proceedings. Leuven, Belgium, 26-28 May 2005, p. 1-25.

EUROCODE 2: **Design of concrete structures - Part 1-2:** General rules - Structural fire design/ BS EN 1992-1-2:2004. London: British Standards Institution, 2004.

fib. Model Code for Service Life Design. In. **fib Bulletin 34**, Model Code, 2006.

FONDATION LE CORBUSIER. **Plan de gestion, de communication et de développement durable de l'Unité d'Habitation de Marseille.** [9], 2014.

FRANZONI, E. Conoscere la patologia di degrado dei materiali dell'architettura moderna. In. MORELLI, A.; MORETTI, S.; FONDAZIONE ARCHITETTI FIRENZE (Org.). **Il Cantieri di Restauro dell'Architettura Moderna:** Teoria e prassi. Firenze: Nardoni Editore, 2018.

GENTIL, V. **Corrosão.** Atualização: Ladimir José de Carvalho. Rio de Janeiro: LTC, 2022.

HELENE, P. Introdução. In. RIBEIRO, D. V. (Coord.). **Corrosão e Degradação em Estruturas de Concreto:** teoria, controle e técnicas de análise e intervenção. Rio de Janeiro: GEN/ LTC, 2021, p. 1-10.

HONDEL, A. W. M. VAN DEN. Concrete diagnose - Failure and repair of reinforced concrete. In. **Docomomo Dossier: The Fair Face of Concrete:** Conservation and Repair of Exposed Concrete. 1997, p. 57-60.

JESTER, T. C. (ed.) **Twentieth-Century Building Materials:** History and Conservation. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2014.

LES UNITÉS D'HABITATION RESSOURCES PÉDAGOGIQUES. Disponível em: <www.sitelecorbusier.com> Acesso em: 15 dez. 2021.

LOURENÇO, M. Z. Uso de técnicas eletroquímicas para a reabilitação de estruturas. In. RIBEIRO, D. V. (Coord.). **Corrosão e Degradação em Estruturas de Concreto:** teoria, controle e técnicas de análise e intervenção. Rio de Janeiro: GEN/ LTC, 2021, p. 351-370.

LUJIK, H. M. **Learning from a building Alexandra Court:** designing a new kasbah. Thesis (Master Architecture Urban Design and Engineering) - Eindhoven University of Technology, 2019.

MACDONALD, S. Reconciling Authenticity and Repair in the Conservation of Modern Architecture. In. **Journal of Architectural Conservation**, No 1, p. 36-54, 1996.

_____. Authenticity Is More than Skin Deep: Conserving Britain's Postwar Concrete Architecture. In. APT Bulletin, Vol. 28, No. 4, p. 37-44, 1997. Published by: Association for Preservation Technology International (APT) / In: Docomomo Dossier: The Fair Face of Concrete: Conservation and Repair of Exposed Concrete. pp. 57-60. 1997.

_____. 20th century Heritage: Recognition, Protection and Practical Challenges. In. **Heritage at Risk:** ICOMOS World Report 2002-2003 on Monuments and Sites in Danger. Paris: ICOMOS, 2003.

_____. **Materiality, monumentality and modernism:** continuing challenges in conserving twentieth-century places. ICOMOS. Los Angeles: 2009.

MILLAIS, M. A critical appraisal of the design, construction and influence of the Unité D'Habitation, Marseilles, France. In. **Journal of Architecture and Urbanism.** Volume 39(2), 2015, p. 103-115.

ODGERS, D. (ed.). **Practical Building Conservation: Concrete**. English Heritage. Great Britain: MPG Books Group, 2012.

PACHECO, J.; POLDER, R. Corrosion initiation and propagation in cracked concrete – a literature review. In: ANDRADE, C.; GULIKERS, J. (ed.). **Advances in Modeling Concrete Service Life: Proceedings of 4th International RILEM PhD Workshop**, 2011, p. 85-93.

PHUONG, D. T. K. **Alexandra Road**. Ho Chi Minh City University of Architecture. International Training Center, 2012.

PRUDON, T. H. M. **Preservation of Modern Architecture**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.

REDONDO, G. P.; FRANCO, G.; GEORGIU, A.; IOANNOU, I.; LUBELLI, B.; MUSSO, S. F.; NALDINI, S.; NUNES, C.; VECCHIATTINI, R. **State of Conservation of Concrete Heritage Buildings: A European Screening**. In: Infrastructures. Vol. 6. Is. 8, 2021, p. 1-15.

RIBEIRO, D. V. Deterioração das estruturas de concreto. In: RIBEIRO, D. V. (Coord.). **Corrosão e Degradação em Estruturas de Concreto: teoria, controle e técnicas de análise e intervenção**. Rio de Janeiro: GEN/LTC, 2021, p. 159-189.

SAINT, A. Philosophical principles of modern conservation. In: MACDONALD, S. **Modern Matters: principles and practice in conserving recent past**. Shaftesbury: English Heritage/Donhead Publishing, 1996, p. 15-27.

SBRIGLIO, J. **L'unité d'habitation de Marseille (Le Corbusier)**. Paris: Éditions Parenthèses, 2013.

TUUTTI, K. **Corrosion of steel in concrete**. CBI research report no 4.82. Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, Sweden, 1982.

WOODSON, R. D. **Concrete Structures: Protection, Repairs and Rehabilitation**. Burlington, MA, USA: Elsevier Inc., 2009.

RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (ISSN 2675-0392) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma online a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

Submetido em 08/04/2022

Aprovado em 14/07/2022