

CAPÍTULO XV

PATOLOGIAS DO AÇO NA CONSTRUÇÃO: FALHAS NO PROCESSO CONSTRUTIVO E RECOMENDAÇÕES

*Mauricio da Silva Gregorio
Eloan Marlon dos Reis Moreira
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

As patologias (corrosão) no material metálico são provocadas pela deficiência de drenagem das águas pluviais, projetos que não atendem as normas exigidas, o que permite o acúmulo de umidade e de agentes agressivos como sais solúveis, proteção anticorrosiva ineficiente, excesso de deformações, causados por sobrecarga na estrutura em aço, flambagem global ou local, que é resultante de um modelo estrutural incorreto, deficiente no seu enrijecimento ou posição correta da peça conforme o melhor momento de inércia que pode não ter sido considerado em projeto de cálculo, fratura das peças devido a detalhes de projetos inadequados, defeito no processo de solda e manutenção preventiva eficaz. O risco de corrosão impacta diretamente na escolha da estrutura metálica como solução, mesmo tendo inúmeras vantagens sobre o concreto. Como parte desta proposta inclui-se o levantamento das patologias e possíveis soluções que possam ser utilizadas na recuperação de estruturas em aço, tendo como metodologia levantamento bibliográfico e estudo de campo.

Embora seja mais antiga que o concreto, a estrutura metálica voltou a ser empregada em maior escala, pela construção civil brasileira, apenas em meados dos anos 80. Hoje com a demanda da construção crescendo e o aumento do custo de funcionário, os investimentos em obras metálicas cresceram mais de 50% na participação da estrutura metálica na construção. (CBCA, 2014)

A evolução da sociedade humana sempre esteve relacionada com o surgimento de novas tecnologias, sendo possível correlacionar cada grande período de desenvolvimento da humanidade com a descoberta de novos materiais (PAVANATI, 2010).

O ferro, material com grande importância na construção, é um metal obtido em siderúrgicas por meio dos minérios de ferro, sendo o quarto elemento mais abundante na crosta terrestre (PAVANATI, 2010).

Os chamados aços estruturais, os aços utilizados na construção, são aqueles que, as suas propriedades de ductilidade, resistência, entre outras, são utilizados em elementos que tem a característica de suportar cargas. Tem respaldo nas normas de dimensionamento AISI/LRFD, AISC/LRFD e ABNT NBR 8800, tendo diversas classificações. O comportamento do aço é definido pelas propriedades mecânicas quando sujeito a esforços que determinam a capacidade de resistência do material transmitindo os esforços aplicados para não haver deformação ou ruptura (TEOBALDO, 2004).

A Corrosão é um fator que tem que ser observado na utilização do aço, é a alteração químico-física que uma substância sofre devido à reação com o seu meio. Com essas alterações o aço se transforma em compostos químicos iguais ao minério de ferro, fazendo que o material tenha perda de características importantes como elasticidade, resistência mecânica, ductilidade, entre outras, tendo também redução de seção resistente. No aço, se dá por corrosão eletrolítica ou química, sendo a primeira com mais frequência. Devendo evitar soluções erradas na análise do projeto, prejudicando posteriormente a estrutura (DIAS, 1998).

O efeito corrosivo é inimigo da estrutura metálica, gerando custos e insegurança na hora de sua escolha como solução construtiva, por esse motivo esse assunto deve ser discutido em larga escala para esclarecer suas possíveis causas.

A metodologia aplicada para este estudo, será através de levantamento bibliográfico e estudo de campo, aonde será proposto soluções para evitar pontos de pontos de corrosão. No campo, serão analisadas as patologias descritas abaixo e propondo possíveis ações para a preservação da estrutura metálica, que depende desde sua concepção, passando pelo desenvolvimento do projeto, fabricação, montagem e uma manutenção preventiva eficaz.

Neste estudo, será apresentado o registro das anomalias encontradas e o levantamento das possíveis causas. Com base nos dados de campo, serão abordadas as patologias constatadas, provenientes de corrosão, ataque por sais solúveis, falhas de planejamento, montagem e manutenção incorreta.

O objetivo principal deste estudo, é detalhar o máximo possível de falhas que possam mostrar pontos de corrosão, com estes dados, auxiliar em sua conservação para poder obter uma maior vida da estrutura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características das Estruturas

Existem mais de 3400 tipos de aços diferentes e cerca de 75% deles tiveram seu desenvolvimento últimos 20 anos. Os aços carbono têm em sua composição quantidades de elementos químicos limitados, que é ajustado conforme utilização. O maior interesse fica nos aços estruturais de alta e média resistência mecânica, esse termo é designativo a todos os aços, que devido à sua ductibilidade, resistência e demais propriedades, são utilizadas para peças na construção que estão sujeitas a carregamento (CBCA, 2014). Muitas características dos aços são determinadas pela sua composição química, utilizadas em aplicações estruturais, o que permite suas qualidades

mecânicas, propriedades diferenciadas com variações pequenas dos componentes desse material. Os aços são ligas que contem ferro e no máximo 2% de carbono na sua composição, embora esse valor normalmente não passa de 1%, para evitar assim sua dureza, facilitando e possibilitando sua aplicação. Outros elementos que compõem esse material são o silício (Si), o manganês (Mn), o enxofre (S) e o fósforo (P), que são elementos que resultam do processo de laminação (TEOBALDO, 2004).

Eles se diferenciam-se entre si pelo tamanho, forma, composição química e tamanho dos grãos. Sua composição pode ser alterada de acordo com o interesse de sua utilização, obtendo aços com diferentes resistências, ductibilidade soldabilidade, resistência a corrosão atmosférica entre outros (FERRAZ, 2003).

A resistência a tração é medida pela força necessária para gerar a quebra por estiramento do material. A Dureza é a propriedade característica do material sólido, que expressa sua resistência a deformações permanente, sendo diretamente relacionada com a força de ligação dos átomos. A principal maneira de avaliar a dureza consiste em verificar a resistência que a superfície do material oferece à penetração de uma peça de maior dureza (RODRIGUES, 2012).

A ductilidade pode ser descrita como a capacidade que os certos tipos de materiais apresentam de deformar sem romper. Pode ser medido por meio do alongamento ou da estrição, ou seja, redução na área de seção transversal do corpo de prova. Quanto mais dúctil o aço, maior será a redução de área ou alongamento antes da ruptura. A ductilidade tem grande importância devido à aplicação em obras metálicas (RODRIGUES, 2012). As principais características dos aços para aplicação estrutural são: bom escoamento, boa tenacidade, soldabilidade, homogeneidade, pode ser cortado por chama sem endurecer, além de uma excelente trabalhabilidade em corte, dobra e furações, sem apresentar defeitos (CBCA, 2014).

2.2. Principais Patologias

O termo "patologia" é derivado do grego (pathos - doença, e logia - ciência, estudo) e significa "estudo da doença". Pode-se atribuir patologia ao estudo dos danos ocorridos ao material devido a exposição e ação de meios externos (LOTTERMANN, 2013).

A corrosão consiste, em geral, em um processo espontâneo presente nas mais variadas atividades. Este processo pode ser definido como o fenômeno resultante da ação química ou eletroquímica de um meio sobre um determinado material, sendo usualmente associado aos metais, porém podendo ocorrer em materiais não metálicos como concreto e polímeros (GENTIL, 2011).

Os processos de corrosão de metais envolvem uma grande variedade de mecanismos que, contudo, podem ser reunidos em quatro grupos: corrosão em meios aquosos; oxidação e corrosão quente; corrosão em meios orgânicos e corrosão por metais líquidos. A corrosão em meios aquosos é a mais frequente, visto que a maioria dos fenômenos de corrosão ocorre no meio ambiente, no qual a água é o mais importante solvente (WOLYNEC, 2003).

A deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional causa alterações prejudiciais e indesejáveis, tais como desgaste, variações químicas ou modificações estruturais, tornando inadequado a utilização do material (GENTIL, 2011).

Dessa forma, quando acontece o desgaste do metal devido ao fenômeno de oxidação, inicia-se a corrosão. Em um ciclo vicioso, ocorre um maior desprendimento do metal, que vai ficando mais exposto aos danos causados pelo contato com a atmosfera. Se o metal contar com ferro na composição dá-se início à ferrugem. Quando estão oxidados e corroídos, os metais ferrosos começam a gerar o hidróxido ferroso, e sua camada avermelhada conhecida como ferrugem. A ferrugem destrói a resistência do metal e, dependendo de sua amplitude, inviabiliza a recuperação (BISPO, 2018; QUIMATIC, 2017).

Corrosão por pites (do inglês pit, "poço" ou "cova") é uma forma de corrosão localizada que consiste na formação de pequenas cavidades de profundidade considerável e o mais importante, significativa frente a espessura do material. Ocorre de maneira extremamente determinada, podendo, portanto, ser chamada de puntiforme, não apresentando ataque no material circundante (GENTIL, 1994).

Corrosão por concentração diferencial é a variação de determinados componentes no meio no qual o material está permanentemente ou mesmo eventualmente imerso (em contato) provoca igualmente ação corrosiva. Seu mecanismo de ação é a formação de pilhas de concentração iônica diferencial e pilhas de aeração diferencial. Essa corrosão pode ser dividida em corrosão por concentração iônica diferencial, associada com a variação de determinadas concentrações iônicas propriamente ditas do meio, a corrosão por aeração diferencial, variando a concentração de determinados gases da atmosfera gasosa quando toca o material, a corrosão em frestas, ocasionada por configuração geométrica do material corrosível, que possibilita a formação de variações de concentração ou de aeração e pelo mesmo motivo, a corrosão filiforme, mas associada a configurações dos revestimentos aplicados, como pintura (GENTIL, 1994).

Corrosão galvânica é o contato elétrico entre materiais diferentes. A intensidade desta corrosão será proporcional à distância entre os valores dos materiais envolvidos na tabela de potenciais eletroquímicos, em outras palavras, na "nobreza" dos materiais. Exerce influência neste tipo de corrosão a proporcionalidade entre as áreas anódica e catódica. Tal proporção deverá ser maior possível com vistas a se obter a mínima corrosão na área anódica aliada à sua uniformidade (ALLEN et al, 2013).

A flambagem ou encurvadura ocorre em peças esbeltas (peças na qual a área de seção transversal é pequena em relação ao seu comprimento), quando são submetidas a um esforço de compressão axial. A flambagem acontece quando a peça sofre flexão transversalmente devido à compressão axial. A flambagem é uma instabilidade elástica, assim, a peça pode perder sua estabilidade mesmo se já tiver atingido o seu escoamento. Este colapso

ocorrerá sempre em torno do eixo de menor momento de inércia de sua seção transversal (MELCONIAN, 2000).

Corrosão atmosférica são fatores que influenciam na sua ação corrosiva (corrosividade) são: a temperatura, que altera a velocidade das reações químicas; a chuva, que lava a superfície de impurezas (particulados) e arrasta produtos que oferecem proteção; e o vento, que altera a composição relativa dos poluentes do ar (GENTIL, 2011; GEMELLI, 2001).

2.2. Hipóteses geradas no processo de patologia no aço

A hipótese gerada no processo de patologia do aço consiste na descrição de possíveis erros que influenciam diretamente na qualidade e resistência, podendo condenar toda a estrutura (PAVANATI, 2010).

A integração entre projeto, fabricação e montagem, é de muita importância, onde deverão ser discutidas as soluções de projetos e as características das peças fabricadas, de tal sorte a se evitar na montagem a não disponibilidade de equipamentos, custo excessivo, incompatibilidade da sequência construtiva, alteração no esquema estático. (RAAD JÚNIOR, 1999).

As estruturas metálicas requerem cuidados no momento da concepção do projeto (detalhamento das ligações e tratamentos de prevenção). Falhas no seu cumprimento originam problemas frequentes, como corrosão dos elementos resistentes e uma menor segurança à incêndios. Outro grande problema enfrentado é a ausência de locais acessíveis para o aperto dos parafusos. Para realizar uma ligação, é preciso colocar o parafuso no furo, as Falhas no Gabarito de Furação são ocasionados por gabaritos feitos errados, deixando os parafusos com uma folga maior do que a solicitada, deixando os parafusos folgados, é um erro dimensional.

Os Furos não Previstos em Projeto, normalmente ocorre quando precisa passar tubulações não previstas em projeto, isso reduz a seção no aço, e a resistência dos perfis, podendo colocar em colapso a estrutura A pintura é uma técnica de proteção anticorrosiva existente, ela tem por fi-

nalidade aplicação de revestimentos anticorrosivos através da pintura, sendo uma das técnicas mais utilizadas para proteção, a falha em sua aplicação pode gerar problemas na proteção da estrutura, recomendado jatear e pintar o material.

Devido às condições particulares de cada obra, como acessibilidade, topografia local, disponibilidade de canteiro, tipo de estrutura, entre outras, a montagem estará sujeita a desafios específicos e próprios de cada empreendimento. Sendo assim, deve ser elaborado um plano de montagem que contempla desenhos e diagramas de montagem, desenhos e constituintes dos subconjuntos da estrutura (treliças), programação de embarque, lista de expedição (define composição de cada subconjunto e modo a ser enviado para obra), cronograma e prazo final, no intuito de orientar todo o processo relacionado aos aspectos específicos de montagem, tipo de estrutura e concepções de fabricação. (RAAD JUNIOR, 1999).

O Subdimensionamento da Estrutura é quando a estrutura está dimensionada com capacidade inferior a solicitada, ocorrendo uma sobrecarga podendo levar a trincas e ruptura de pontos da estrutura. Emendas malfeitas, gerando excentricidade na transmissão de esforços, ocorre muito em peças emendadas em canteiros sem o devido acompanhamento e detalhamento de projeto.

O controle de qualidade reúne todas as atividades que visam a prevenção de falhas de projeto, fabricação e montagem, não se restringindo somente à função de inspeção. Além da verificação das matérias-primas, do produto em fabricação, da montagem, das ferramentas e dos calibradores, inclui a investigação das causas dos defeitos, a escolha dos métodos e dos planos de inspeção, a análise dos dados relativos às perdas e a determinação do nível de qualidade desejado no mercado. (RAAD JUNIOR, 1999).

O ambiente tem uma influência muito grande no comportamento da estrutura, no caso de estruturas expostas ao tempo e estruturas próximas ao mar, tendem a ter uma necessidade de maior cuidado na sua proteção, sendo muito utilizado aços como o cortem, que tem uma resistência maior a corrosão atmosférica, devido a pátina que o protege (PAVANATI, 2010).

3. RECOMENDAÇÕES NA PREVENÇÃO

Os processos construtivos têm evoluído, o aço tem colaborado para desenvolver novas formas construtivas, aumentando a eficácia de novas tecnologias e soluções técnicas para aumentar a produtividade das obras. Com o aumento das estruturas mistas e metálicas, os canteiros têm se industrializado, porém esse sistema exige mais ainda dos profissionais ligados tanto na área de projeto quanto execução conhecimentos diferenciados tanto da teoria quanto da prática, para ter um melhor aproveitamento da construção (SILVA, 2010).

Atualmente, existem revestimentos, técnicas e aços desenvolvidos com elementos que buscam proteger os produtos feitos à base de metais contra o ataque químico da corrosão, prevenindo o contato entre o agente corrosivo e o metal através da formação de uma película protetora, ou, neutralizando o efeito do agente agressor (SALES et al, 2001).

A proteção contra corrosão (revestimento/pintura), varia com o ambiente onde a estrutura será empregada. Esses processos de revestimento e pintura podem fazer da descrição do projeto, conforme as normas técnicas. A não conformidade na observação do procedimento diminui a durabilidade dessa estrutura podendo ainda interferir no comprometimento de lajes e vedações (SALES et al, 2001).

Geometria dos componentes são Superfícies planas ou lisas são desejáveis, geometrias curvas são preferíveis às que apresentam ângulos, pois possibilitam melhor uniformização do revestimento

A união entre componentes, a inspeção de uniões soldadas ou parafusadas é de primordial importância para a durabilidade das estruturas. O descuido com esta interface pode ocasionar desgastes desnecessários entre as peças ou ainda fissuras imperceptíveis a olho nu, mas que podem comprometer parte da estrutura com o tempo.

Proteção contra incêndio, materiais projetados, placas de gesso acartonado, lâ de rocha e tinta intumescente. A estrutura de aço carrega o rótulo de que é menos resistente ao fogo quando comparada ao concreto.

Ocorre que a estrutura metálica é mais leve, mais esbelta e melhor condutor térmica que o concreto, porém estes fatores não a tornam menos resistente em caso de incêndio quando existe a proteção adequada (e que faz parte do escopo do projeto e do custo da obra). Ambos sistemas estruturais (aço ou concreto) entram em ruína quando a temperatura do sinistro atinge 600°C aproximadamente.

4. CONCLUSÃO

Para evitar esses pontos de corrosão, o aço deve passar por manutenção e prevenção de patologias, os casos de falhas localizadas ou globais podem levar a estrutura ao colapso, podendo afetar vidas humanas e perdas econômicas importantes. O sucesso da obra que envolve estrutura metálica depende desde sua concepção, passando pelo desenvolvimento do projeto, fabricação, montagem e uma manutenção preventiva eficaz. Nas fábricas devemos ter controles de produção rigorosos, assim como controle dimensional e recomenda-se uma pré-montagem da estrutura assegurando o mínimo de falhas no canteiro.

Detalhar possibilidades de falhas que possam gerar pontos de corrosão, com esses dados auxiliar em sua conservação para podermos obter a durabilidade da estrutura.

Desde a etapa do projeto até a fase final da montagem, devem existir cuidados que precisam ser observados para não cometer erros construtivos, facilmente evitáveis por meio do planejamento e fiscalização eficientes.

Desta forma, deve ter um controle rígido de qualidade para padronizar e garantir uma boa fabricação e execução.

Conclui se ainda que a aplicação incorreta dos processos pode ocasionar pontos de corrosão, é importante a manutenção preventiva para evitar esses problemas além de uma fiscalização rígida atendendo a legislação vigente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, E; IANO, J. Fundamentos da Engenharia de Edificações: Materiais e Métodos. 5. ed. Bookman, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800:2008, Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, 2008

BISPO, V. M. S. Aplicabilidade da melanoidina como aditivo em materiais da construção civil. ETIC - ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2018.

CBCA - Centro Brasileiro da Construção em aço. 2014. Disponível em: <<http://www.cbcaacobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-acos-estruturais.php>>. Acesso em: 15 set. 2019.

DIAS, L. A. de M. Estruturas de Aço: conceitos, técnicas e linguagem. 2. ed. São Paulo: Ziguarte Editora, 1998.

FERRAZ, H. O aço na construção civil. Revista Eletrônica de Ciências. Outubro 2001, núm. 22. Disponível em: <https://www.ft.unicamp.br/~mariaa-cm/ST114/O%20A%C7O%20NA%20CONSTRU%C7%C3O%20CIVIL.pdf>. Acesso em: 11 OUT. 2019.

GEMELLI, E. Corrosão de Materiais Metálicos e sua Caracterização. 1ª ed., LTC: Rio de Janeiro, 2001. 183 p.

GENTIL, V. Corrosão. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 1994.

GENTIL, V. Corrosão. 6ª ed. LTC: Rio de Janeiro, 2011. 345 p.

LOTTERMANN, A. F. Patologia em estruturas de concreto: Estudo de caso. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, RS, 2013.

MELCONIAN, S. Mecânica Técnica e Resistência dos Materiais. 10ª edição. São Paulo: Editora Érica, 2000.

PAVANATI, H. C. Introdução à Tecnologia dos Materiais. Apostila do Curso de Técnico de Mecânica Industrial do Instituto Federal de Santa Catari-

QUIMATIC. Entender a diferença entre oxidação, ferrugem e corrosão garante

melhor proteção aos metais. 2017. Disponível em:

<https://www.quimatic.com.br/blog/2017/03/entender-a-diferenca-entre-oxidacao-ferrugem-e-corrosao-garante-melhor-protECAO-aos-metaIs/>. Acesso em: 11 out. 2019.

RAAD JUNIOR, A.A. Diretrizes para fabricação e montagem das estruturas metálicas. 243 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Ouro Preto, 1999.

RODRIGUES, M. C. Propriedades do aço. 2012. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/4421505/propriedades-do-aco-1->. Acesso em: 11 out. 2019.abri. 2019.

SALES, U. C.; SOUZA, H. A.; NEVES, F. A. Mapeamento de problemas na construção industrializada em aço. Revista Escola de Minas. Ouro Preto. Vol 54, no4. 2001.

SILVA. R. Projeto de produção para construção metálica aplicado em lajes mistas steel deck. In: Construmetal, 2010, São Paulo. Anais.

TEOBALDO, I. N. C. Estudo do aço como objeto de reforço estrutural em edificações antigas. 2004. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

WOLYNEC, S. Técnicas eletroquímicas em corrosão. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.