ESPECIAL FORMAÇAO

DESEMPENHO DE COMPONENTES METÁLICOS EM EDIFÍCIOS

I. Rute Fontinha[1], M. Manuela Salta[1](*)

Artigo submetido em Dezembro de 2006 e aceite em Fevereiro de 2007

RESUMO

Os materiais metálicos têm ampla aplicação na construção de componentes de edifícios, nomeadamente, tubagens, fachadas, coberturas, caixilharias e acessórios. Os metais mais utilizados são o aço, o alumínio, o zinco, o cobre e mais recentemente o aço inoxidável. Podem ocorrer anomalias nos componentes metálicos devido à sua corrosão, em muitos casos decorrente duma inadequada selecção do material ou do desenho do componente. Apresentam-se os parâmetros determinantes na perda do desempenho por corrosão, exemplificando com casos ocorridos em tubagem para condução de água, caixilharia de janelas e numa cobertura. São ainda referidas características dos metais e factores a ter em conta no projecto e na instalação, que poderão melhorar o desempenho dos componentes metálicos utilizados na construção de edifícios.

Palavras Chave: *Corrosão, Metais, Coberturas, Tubagens, Caixilharias*

PERFORMANCE OF METALLIC COMPONENTS IN BUILDINGS

ABSTRACT

Metallic materials are widely applied in components of buildings like: facades, roofing, plumbing, fixings. The most used metals are steel, aluminium, zinc, copper and, recently, stainless steel. However, some problems may occur in these components, caused by improper material selection or design for the intended service. In this paper, determinant parameters for the corrosion of the metallic components used in the buildings are focused and some corrosion cases, occurred in pipes, window frames and roofs of different metals, are presented. Additionally, some metals characteristics and design and installation factors that could lead to improved durability of metallic components used in buildings are pointed out.

Keywords: *Corrosion, Metal, Roofing, Plumbing, Windows.*

1. INTRODUÇÃO

O desempenho dos componentes metálicos usados na construção e em particular em edifícios é condicionado principalmente pela resistência à corrosão do metal que os constitui. Com efeito, a corrosão é a principal causa de degradação destes materiais, conduzindo à ocorrência de falhas em serviço e, em alguns casos, à deterioração do meio envolvente. Factores como a inadequada selecção do tipo de material, ou a existência de deficiências de projecto ou de construção/montagem, contribuem para acelerar ou provocar o aparecimento de patologia por corrosão.

Os elementos metálicos utilizados em diferentes componentes de edifícios, dependendo do fim a que se destinam, encontram-se em contacto com diversos meios: atmosfera (ex.: coberturas, caixilharia); água potável (ex.: sistemas de distribuição de água, circuitos de aquecimento); materiais cimentícios – betão e argamassas (ex.: elementos de fixação) e solo (ex.: condutas enterradas, estacas). Deste modo, os problemas de corrosão que podem ocorrer nos materiais metálicos são extremamente variados. Nesta comunicação consideram-se apenas aspectos relativos à corrosão de componentes metálicos em edifícios que contactam com a atmosfera e a água, considerando a sua divisão nas seguintes aplicações: coberturas, caixilharia e redes de distribuição de água.

Para estes grupos de componentes indicam-se os tipos de corrosão mais comuns, apresentam-se alguns exemplos deste tipo de patologias e alguns dos erros mais frequentes que são causa da ocorrência dessa corrosão. Indicam-se ainda algumas características dos metais que permitem garantir uma maior durabilidade face ao meio de exposição e procedimentos que podem minimizar a ocorrência da corrosão.

[1] Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa
[*] A quem a correspondência deve ser dirigida, e-mail: msalta@lnec.pt

2. MECANISMO DA CORROSÃO

2.1 Generalidades

Na construção civil a corrosão dos metais é geralmente um fenómeno electroquímico, análogo ao que se dá nas pilhas. No mecanismo electroquímico, dois metais em contacto eléctrico, num meio electrolítico, que é um condutor iónico, desenvolvem entre si uma diferença de potencial eléctrico, que gera um fluxo de corrente eléctrica com a transferência de electrões de um metal para o outro. Um dos metais (o ânodo) sofre corrosão, dando-se a oxidação dos seus átomos que passam para o electrólito na forma de iões metálicos (reacção anódica) e a libertação de electrões, os quais serão consumidos pelas reacções catódicas que se dão no outro metal (o cátodo), o qual não se corrói e cuja presença é essencial para a ocorrência de corrosão. A diferença de potencial também pode verificar-se entre diferentes zonas do mesmo metal, resultante de diferenças na sua composição ou da sua exposição a diferentes condições ambientais.

A corrosão que se desenvolve nos componentes metálicos de edifícios está intimamente ligada com a presença de água, o meio electrolítico que permite a ocorrência das reacções de corrosão. Neste meio, o principal agente oxidante é o oxigénio, mas frequentemente encontram-se também outras espécies presentes, como cloretos e sulfatos, que contribuem para a aceleração dos processos de corrosão.

2.2 Tipos de corrosão

Como já foi referido, o processo de formação de ânodos e cátodos pode decorrer da existência de dois metais diferentes em contacto, em que o metal menos nobre irá sofrer corrosão acelerada na zona de contacto, enquanto que o outro permanecerá intacto (*corrosão bimetálica*). Mas poderá estar envolvido apenas um metal, derivando da existência de heterogeneidades da microestrutura do metal (inerentes ao seu processo de fabrico ou causadas por acções externas, como é o caso das operações de soldadura). Também acontece, por exemplo, quando o mesmo elemento metálico tem zonas simultaneamente em contacto com meios de pH diferente, de desigual humidade ou temperatura, ou de concentrações diferentes de agentes activos, como o oxigénio.

Este último caso é uma das causas mais comuns da corrosão verificada em elementos metálicos em edifícios, que se designa por *corrosão por arejamento diferencial*. Neste processo, a zona da superfície do metal com menor acesso ao oxigénio adquire carácter anódico (corroendo-se), enquanto que na zona com maior acesso do oxigénio, com carácter catódico, ocorre a reacção de redução do oxigénio, ficando o metal intacto. A corrosão por arejamento diferencial conduz ao aparecimento de corrosão localizada e geralmente ocorre em fendas, recantos, sob depósitos ou na linha de interface entre a superfície molhada e a seca.

A corrosão pode ser generalizada e progredir de uma forma uniforme ou ser localizada, desenvolvendo-se apenas em determinados pontos. Este ataque localizado pode ser bem mais perigoso, pois pode avançar rapidamente e em profundidade, sendo geralmente pouco perceptível, ocorrendo em zonas onde a maior parte da superfície sofreu pouca ou nenhuma corrosão. Alguns tipos de corrosão são influenciados por factores metalúrgicos, noutros está associada a acções mecânicas, assim como as tensões existentes nas estruturas metálicas podem acelerar a progressão da corrosão.

Atendendo ao modo como se origina e progride a corrosão, e ainda ao aspecto resultante, podem ser considerados vários tipos de corrosão, indicando-se a seguir os principais tipos que afectam os componentes metálicos dos edifícios:

Corrosão uniforme – o metal corrói-se uniformemente em toda a superfície exposta, resultando a diminuição gradual da espessura da secção. Por vezes, formam-se camadas de produtos de corrosão protectores que inibem a corrosão ao longo do tempo.

Corrosão por picadas – corrosão localizada em pequenos pontos da superfície do metal, escavando-a, eventualmente até à perfuração completa. Pode derivar dos outros tipos de corrosão. Está muito associada à presença de cloretos ou de microorganismos no meio.

Corrosão intersticial – corrosão localizada que se desenvolve em interstícios onde se podem formar pequenos volumes de água estagnada (fendas, uniões de peças, sob depósitos de partículas), no interior dos quais se dá corrosão por arejamento diferencial.

Corrosão intergranular – corrosão que se desenvolve nos limites dos grãos cristalinos, com uma progressão semelhante à formação de fissuras, tendo como consequência a desagregação da liga e a perda de propriedades mecânicas.

Deszincificação – corrosão selectiva do zinco (em latões), que provoca a diminuição da resistência mecânica do metal.

Corrosão erosão – corrosão localizada que se desenvolve em consequência da erosão de películas protectoras provocada pelo movimento de um fluido.

Corrosão sob tensão – resulta da acção conjunta da corrosão e de tensões de tracção no metal. A corrosão inicia-se na superfície e propaga-se através da rede cristalina para o interior do metal na forma de fissuras.

3. CORROSÃO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Os metais mais usados nas redes de distribuição de água em edifícios são o aço galvanizado, o aço inoxidável, o cobre e o latão (este último em acessórios). Em Portugal, as tubagens de cobre são essencialmente usadas nos circuitos de água quente e em sistemas de aquecimento. Até há cerca de quinze anos, o aço galvanizado era o metal mais usado nas redes de água de consumo humano, mas actualmente o metal mais aplicado é o aço inoxidável. O chumbo, antigamente muito usado para este fim, foi banido devido à toxicidade que transmitia à água.

Os principais tipos de corrosão que afectam as tubagens e respectivos acessórios destes metais e os danos daí resultantes resumem-se na Tabela 1.

Tabela 1

Tipos de corrosão e danos mais comuns em redes de distribuição de água

Tipos de corrosão	Aço galvanizado	Aço inoxidável	Cobre	Latão	***Consequências***
Uniforme	✓	–	✓	✓	- Perda de espessura - Alterações das propriedades mecânicas - Roturas - Entupimentos
Picadas	✓	✓	✓	–	
Intersticial	✓	✓	✓	✓	
Bimetálica	✓	–	–	–	
Erosão	–	–	✓	✓	
Deszincificação	–	–	–	✓	
Metais dissolvidos	Zn, Pb, Fe, Cd	Fe, Cr, Ni	Cu	Zn, Cu	Alteração da qualidade da água: cor/sabor/composição

3.1 Causas mais comuns de corrosão

Frequentemente, na origem da corrosão em redes de distribuição de água estão factores como a sua deficiente concepção ou dimensionamento, inadequada selecção de materiais e deficiências na montagem e preparação para entrada em serviço. Indicam-se a seguir os erros mais comuns que afectam o comportamento à corrosão dos materiais usados nestes sistemas.

3.1.1 Inadequação do material à água que é transportada

Utilização de tubagens cujas características da liga, derivadas da sua composição química ou do processo de fabrico, não são adequadas para o contacto com a água ou para a execução de certas operações de montagem (ex.: soldadura). Devem ser usados tubos certificados com base em normas específicas para esta utilização, como por exemplo as indicadas na Tabela 2.

Tabela 2

Características requeridas para tubos de transporte de água (potável)

Material	*Características importantes do ponto de vista da corrosão e da toxicidade*	Normas europeias
Aço galvanizado	Espessura do revestimento de zinco ≥55 μm Composição química do revestimento com limites máximos para o teor de metais tóxicos (Sb, As, Pb, Cd, Bi)	NP EN 10240
Aço inoxidável	Ligas com teor de crómio ≥17 % Uniões por soldadura → Ligas austeníticas com baixo teor de carbono (≤0,03 %) ou estabilizadas (ex.: a adição de titânio)	EN 10312
Cobre	Cobre do tipo Cu-DHP, com a seguinte composição: – Cu+ Ag > 99,90 %; 0,015%≤ P ≤ 0,040 % Superfície interior com baixo teor de carbono residual (< 0,20 mg dm^{-2})	NP EN 1057

O mesmo se aplica aos acessórios das tubagens. Por exemplo, os acessórios em latão com um teor de zinco superior a 15% são susceptíveis de sofrer deszincificação, risco que pode ser minimizado com a adição de estanho à liga.

Devido à composição química da água pode ser necessário optar por um material mais resistente à corrosão do que o normalmente usado (ex.: as águas com elevados teores de cloretos ou águas macias). Na Tabela 3 reúnem-se algumas características da água, obtidas através de pesquisa bibliográfica [1], que são críticas para os diversos metais.

3.1.2 Erros na concepção e dimensionamento

O subdimensionamento de tubagens (no qual não foram contabilizados os períodos de maior circulação), cujo diâmetro é demasiado baixo para os caudais necessários, ou a existência de mudanças bruscas de direcção ou de secção no circuito, originando fluxo turbulento, conduzem a velocidades de escoamento demasiado elevadas (global ou pontualmente), que podem dar origem a corrosão erosão e, consequentemente, a roturas.

Para cada tipo de metal existe um *valor crítico para a velocidade de circulação da água* (v_c) no seu interior, acima do qual pode ocorrer corrosão. Na água fria, para o aço galvanizado e o cobre: v_c<2m s^{-1}, enquanto que para o aço inoxidável: v_c<30m s^{-1}. Estes limites serão inferiores no caso das águas quentes (aço galvanizado e cobre, vc<1m s^{-1} e v_c<0,5m s^{-1}, respectivamente) ou em que existam sólidos em suspensão [1,2].

A existência de *zonas no circuito que permitem a retenção da água*, que aí fica estagnada, onde também se vão acumular partículas que possam estar em suspensão na água, favorece a ocorrência de corrosão intersticial.

Tabela 3
Principais factores relacionados com as propriedades físico-químicas da água que influenciam o comportamento à corrosão dos metais usados em tubagens

Material	*Condições favoráveis*[a]	*Factores que promovem a corrosão*
Aço galvanizado	pH > 7 (ideal 7,5 – 8,5) Oxigénio até 15mg/L e baixo CO_2 livre 122 mg/L < $[HCO_3^-]$ < 305 mg/L $[Ca^{2+}]$ > 20 mg/L $[HCO_3^-]/([SO_4^{2-}]+[Cl^-])$ >1,0 ([ ] meq/L)[b]	Águas ácidas de baixa alcalinidade $[SO_4^{2-}]$ >150 mg/L $[Cl^-]$ >100 mg/L Temperatura > 55 ºC – 60 ºC
Cobre	pH>7 (ideal 8 – 9) 60 mg/L < $[HCO_3^-]$ < 305 mg/L Dureza > 60 mg/L $CaCO_3$ $[HCO_3^-]/[SO_4^{2-}] \geq 2$ ([ ] mmol/L)	Águas ácidas e macias com elevados teores de sulfatos $[SO_4^{2-}] / [HCO_3^-]$ >1 ([ ] mg/L)
Aço inoxidável	*Depende da composição da liga:* $[Cl^-]$ < 50 mg/L (*Tipo AISI 304*) $[Cl^-]$ < 250 mg/L (*Tipo AISI 316*)	*Depende da composição da liga:* *Tipo AISI 304* → $[Cl^-]$>200 mg/L Tipo AISI 316 → $[Cl^-]$>1000 mg/L Cloro livre > 5 mg/l

[a] No caso do aço galvanizado e do cobre, as condições favoráveis são aquelas em que se pode dar a formação de camadas de produtos protectores na superfície dos tubos. [b]meq = miliequivalentes.

3.1.3 Erros na montagem e preparação antes da entrada em serviço

Na montagem, as fontes de erro mais comuns ocorrem na execução das uniões, como por exemplo:

– soldaduras imperfeitas e irregulares, com excrescências ou com preenchimento incompleto da zona de união, o que dá origem a fendas e interstícios que favorecem, não só a acumulação de partículas em suspensão, como a concentração de espécies agressivas em solução (ex.: cloretos) e promovem a corrosão intersticial (Caso 1);

– uso de fluxos de soldadura inadequados, com corrosividade excessiva ou em quantidades excessivas, que podem entrar para o interior da tubagem durante a soldadura, onde vão dar origem à formação de picadas, quer pelo ataque directo dos agentes corrosivos que os constituem, quer por corrosão intersticial sob os seus depósitos;

– utilização de acessórios de união de material mais nobre (ex.: latão para ligar aço galvanizado), o que irá causar corrosão acelerada do tubo nas zonas de união (corrosão bimetálica). Nas tubagens de aço galvanizado devem usar-se acessórios do mesmo material, nas de cobre devem usar-se acessórios de latão ou bronze, e nas de aço inoxidável as uniões podem ser de ligas de cobre ou de aço inoxidável.

Também pode ocorrer a corrosão bimetálica nos sistemas de tubagens de aço galvanizado se no sistema existirem troços de tubagem de cobre sem o adequado isolamento eléctrico, e sempre que existirem tubagens de cobre a montante das de aço galvanizado, devido à possível contaminação da água por iões cobre.

A preparação para entrada em serviço geralmente passa pela realização de ensaios de estanquidade, após os quais a água geralmente permanece no interior das tubagens, por períodos por vezes bastante prolongados (meses). Durante este período pode ocorrer corrosão, com o aparecimento precoce de roturas, que geralmente está associada às seguintes situações:

– utilização de águas não tratadas para a execução dos ensaios de estanquidade, como por exemplo, águas de poços (*Caso 1*). Estas águas podem conter elevados teores de sólidos (terras) e de agentes agressivos (cloretos, sulfatos, microorganismos).

– limpeza incompleta ou inexistente do interior das tubagens após as operações de montagem para a remoção de eventuais resíduos destas operações, como restos de fluxos de soldadura, de óleos, de materiais de construção, partículas de metal, etc., e que vão contaminar a água usada nos ensaios de estanquidade (*Caso 2*);

Em ambos os casos ocorre a permanência prolongada da água, contendo agentes agressivos diversos, no interior das tubagens em condições de estagnação, o que permite o desenvolvimento de corrosão (intersticial e por picadas). Assim, após a conclusão de todas as operações de montagem, deve fazer-se circular água limpa (eventualmente aquecida) no interior das tubagens para que fiquem completamente limpas de resíduos das operações de montagem. Nos ensaios de estanquidade deve ser usada água limpa, filtrada, de preferência água potável. Se não for o caso, após a realização deste ensaio, fazer circular bastante água limpa nas tubagens.

Para minimizar o risco de corrosão durante o período de espera até entrada em serviço, as tubagens devem manter-se completamente cheias de água, a qual deverá ser renovada regularmente, para a remoção de sólidos eventualmente depositados, evitar a manutenção de condições de estagnação e promover a formação de camadas de produtos protectores. Em alternativa, secar completamente as tubagens com ar comprimido, selando-as para impedir o ingresso de água ou de matérias estranhas.

4. CORROSÃO EM COBERTURAS E CAIXILHARIAS

Estes componentes têm em comum o facto de estarem sujeitos, em primeiro lugar, à acção da atmosfera. Os principais factores que influenciam a corrosividade atmosférica são a existência de gases poluentes como os óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3) e a contaminação por cloretos. Assim, as atmosferas industriais e marítimas são geralmente as mais corrosivas. Outro factor determinante para a extensão da corrosão que irá ocorrer, é o tempo durante o qual a superfície de um metal pode permanecer húmida. Deste modo, também o tipo de clima influencia a corrosividade da atmosfera: geralmente, quanto mais húmido e quente, maior a corrosividade atmosférica.

Há que considerar também a corrosividade das atmosferas interiores, nas quais o metal também poderá estar sujeito ao contacto com água, devido a fenómenos de condensação que resultam das diferenças térmicas entre a atmosfera interior e exterior. A atmosfera interior pode ainda apresentar-se contaminada por agentes agressivos, dependendo da actividade realizada no edifício. Por exemplo, a atmosfera do interior de piscinas, de cozinhas, de instalações sanitárias ou outras com elevada humidade, tem uma corrosividade elevada, que pode superar a da atmosfera exterior.

Os principais metais usados nestes tipos de componentes metálicos são o aço (galvanizado ou/e pintado), o aço inoxidável, o zinco e o cobre (estes dois geralmente em coberturas) e ainda, em caixilharia, o alumínio (anodizado ou lacado). Os principais tipos de corrosão que os afectam e os danos daí resultantes resumem-se na Tabela 4.

Tabela 4

Tipos de corrosão e danos mais comuns em coberturas e caixilharia

Tipos de corrosão	Aço	Aço inoxidável	Zinco	Cobre	Alumínio	***Consequências***
Uniforme	✓	–	✓	✓	–	- Perda de espessura
Picadas	✓	✓	✓	✓	✓	- Perfurações
Intersticial	✓	✓	✓	✓	✓	- Alteração de propriedades mecânicas
Bimetálica[1)]	✓	–	✓	–	✓	
Sob tensão[1)]	–	✓	–	–	–	- Fracturas

1) Afecta principalmente os elementos de fixação.

4.1 Causas mais comuns de corrosão

A acção corrosiva da atmosfera sobre os componentes metálicos de coberturas e de caixilharia dos edifícios pode ser influenciada por aspectos relacionados com a sua concepção, a selecção de materiais ou do sistema de protecção a aplicar nestes elementos, ou a sua montagem. Indicam-se a seguir alguns dos erros mais comuns relacionados com estas situações.

4.1.1 Inadequação do material à corrosividade ambiental

A aplicação de uma liga com resistência à corrosão insuficiente para a atmosfera a que vai estar exposta ou com revestimento de protecção anti-corrosiva insuficiente, pode conduzir ao aparecimento de problemas de corrosão.

No caso dos metais a aplicar em coberturas, é necessário conciliar propriedades de resistência mecânica com resistência à corrosão. O tipo de ligas adequadas para este fim encontram-se estabelecidas em normas europeias (Tabela 5).

No caso do aço galvanizado e do aço inoxidável, há que ter em atenção, respectivamente, o tipo e espessura do revestimento de galvanização e o tipo de liga, que são mais adequados à corrosividade da atmosfera onde a cobertura vai ficar exposta.

Relativamente ao **aço galvanizado**, quanto mais agressivo for o ambiente, maior deverá ser a *espessura do revestimento metálico* aplicado. As chapas de aço galvanizado mais comuns apresentam um revestimento de zinco com uma massa de 275 g m^{-2}, valor que apenas é adequado para as atmosferas menos corrosivas, se este for o único revestimento de protecção do aço [3]. Para ambientes de corrosividade média a

Tabela 5

Materiais metálicos adequados para aplicar em coberturas

Material	*Tipo de material e espessura mínima da chapa*		*Norma de produto*
Zinco	Liga Zn-Cu-Ti	0,60 mm	EN 501
Aço galvanizado	Aço adequado para galvanização Revestimento de zinco, alumínio ou ligas Zn-Al	0,60 mm	EN 505
Cobre	Cobre do tipo Cu-DHP (Cu>99,85%)	0,50 mm	EN 504
Aço inoxidável	Ligas ferríticas, austeníticas, duplex com ou sem revestimento de estanho ou de liga chumbo-estanho	0,40 mm	EN 502
Alumínio	Al puro (>99,5%), ligas Al-Mn ou Al-Si	0,60 mm	EN 507

elevada devem ser especificados revestimentos com espessuras superiores e, eventualmente, reforçada a protecção com a aplicação de um revestimento orgânico. Os revestimentos de liga zinco-alumínio são geralmente mais resistentes à corrosão que os revestimentos de zinco.

O **aço inoxidável** é um material com uma aplicação relativamente recente neste tipo de elementos de construção, que é caracterizado por ter uma elevada resistência à corrosão, no entanto, há que considerar dois aspectos importantes para o seu bom comportamento:

→ *a composição química da liga:* as ligas ferríticas (sem adição de níquel) são as menos resistentes, sendo adequadas para ambientes rurais ou urbanos pouco poluídos, as ligas austeníticas e duplex, que contêm níquel, são normalmente adequadas para os ambientes urbanos/industriais ou marítimos, sendo as que contêm também molibdénio, as mais resistentes à corrosão. Para aplicações em condições de maior corrosividade ambiental, como os ambientes marítimo-industriais, pode ser necessário usar ligas austeníticas com teores elevados de molibdénio (>4%).

→ *o acabamento de superfície* condiciona a resistência à corrosão: uma elevada rugosidade da superfície facilita a retenção de poeiras e agentes agressivos, promovendo a corrosão. Deve evitar-se o uso de peças com acabamentos muito rugosos em ambientes marítimos (ricos em cloretos) ou em zonas do edifício com menor acesso da água da chuva. Caso isso não seja possível, recorrer a ligas mais resistentes à corrosão.

O **cobre**, que geralmente forma na atmosfera camadas de produtos de corrosão protectores e de elevado valor estético (patinas), não necessita de protecção adicional.

No fabrico de caixilharia, o metal mais comum é o **alumínio**, nomeadamente as ligas do tipo Al-Mg-Si, que aliam uma boa resistência à corrosão com uma boa resistência à tracção, facilidade de extrusão e soldadura, sendo adequadas a anodização – um dos tratamentos de superfície mais comuns na construção, o outro é a lacagem – que permitem a sua coloração e uma significativa melhoria da resistência à corrosão.

A anodização consiste na formação de uma camada protectora de óxidos de alumínio à superfície deste metal, sendo um tratamento de superfície adequado a todos os tipos de ambientes, mas que é particularmente eficaz na protecção do alumínio em ambiente marítimo. O bom comportamento à corrosão do alumínio anodizado depende essencialmente da qualidade da camada de anodização, isto é, da sua colmatagem e classe de espessura, que deve ser adequada à agressividade do ambiente de exposição. Para aplicações no exterior, o revestimento anódico deverá ter uma classe de espessura mínima de 15μm, em ambientes agressivos (ex. industriais, marítimos e mistos), deverá ser especificada uma classe de espessura mínima de 20 μm ou 25 μm [4].

4.1.2 Projecto e instalação inadequados

O projecto das coberturas deverá ter em conta aspectos específicos que agravam a corrosão dos metais, nomeadamente, a existência de zonas que pela sua forma proporcionem a retenção de água por períodos prolongados. Isto é particularmente prejudicial para o zinco e o aço galvanizado. É necessário ter ainda em conta a possibilidade de ocorrência de condensações no lado interior (*Caso 3*), sendo necessário introduzir no sistema de cobertura uma *barreira de vapor* que isole a superfície do metal ou garantir a existência de uma câmara de ventilação sob a superfície.

No caso das caixilharias, é principalmente a existência de zonas sujeitas à deposição e acumulação de poeiras com difícil acesso da água da chuva (que tem uma acção de lavagem das superfícies), que promove a corrosão neste tipo de componentes.

Na instalação de coberturas e de caixilharia, algumas das fontes de erro mais comuns que favorecem o aparecimento de corrosão relacionam-se com os seguintes aspectos:

– a *utilização de materiais menos nobres para a fixação*, sem o adequado isolamento, o que provoca a corrosão acelerada dos elementos de fixação (corrosão bimetálica), exemplo: parafusos de aço galvanizado em aço inoxidável;

– o *deficiente isolamento de juntas exteriores*, permitindo a entrada de água para o interior, que se vai acumular em locais geralmente pouco arejados, promovendo a ocorrência de corrosão;

– a *falta de cuidado no manuseamento* dos elementos metálicos ou a utilização de ferramentas inadequadas, que por vezes causam danos nos revestimentos protectores, que serão locais preferenciais para o aparecimento de corrosão;

– a *limpeza dos elementos metálicos com produtos agressivos*, geralmente contendo cloretos (ex.:ácido muriático), para remoção de resíduos de materiais de construção, pode dar origem a corrosão localizada, geralmente na forma de picadas. Caso seja necessário recorrer a este tipo de produto, as superfícies metálicas devem ser lavadas a seguir com bastante água limpa. A utilização de produtos excessivamente abrasivos também pode causar problemas.

O contacto com lixiviados de materiais cimentícios, como por exemplo, os provenientes de escorrimentos de águas pluviais de terraços com piso de betão, que são constituídos por soluções fortemente alcalinas provocam corrosão acentuada em elementos de alumínio anodizado (*Caso 4*) e aço galvanizado. Os elementos de caixilharia, nomeadamente, os de alumínio anodizado, devem ser colocados numa fase final da construção, ou então deverão ser protegidos com a instalação de um sistema de drenagem de águas adequado.

REFERÊNCIAS

[1] R. FONTINHA, (Compatibilidade de materiais metálicos com o meio de exposição), *Trabalho de Síntese*, LNEC, Agosto, Lisboa (2002).

[2] V. PEDROSO, (Problemas e reabilitação dos sistemas prediais de distribuição e de drenagem de águas) *in Proceedings of 3.º ENCORE – Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios*, LNEC, Vol. 2, 1201-1208, Lisboa, Portugal (2003).

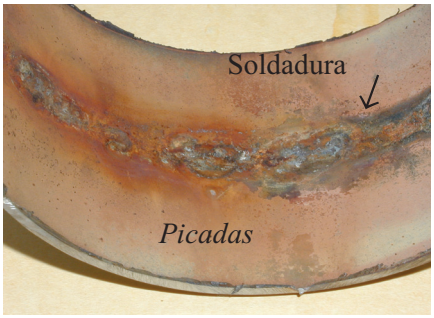
[3] EN ISO 14713:1999, (Protection against corrosion of iron and steel structures – Zinc and aluminium coatings – Guidelines), CEN, Brussels, Belgium (1999).

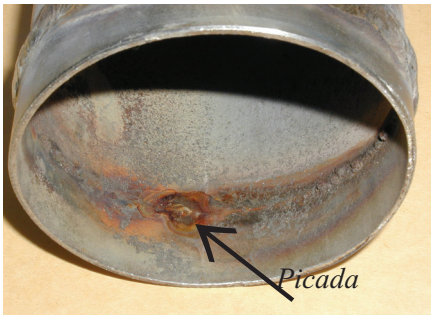
[4] NP 1482:1985, (Alumínio Anodizado. Características do revestimento dos produtos destinados à construção civil), IPQ, Monte da Caparica, Portugal (1985).

[5] R. FONTINHA e M. SALTA, (Componentes metálicos na construção – Comportamento à corrosão e sua prevenção), *ITPRC 3*, LNEC, Lisboa (2004).

Caso 1 – Tubagem de aço inoxidável que ao fim de alguns meses após instalação apresentava múltiplas perfurações, principalmente na zona das soldaduras [5].

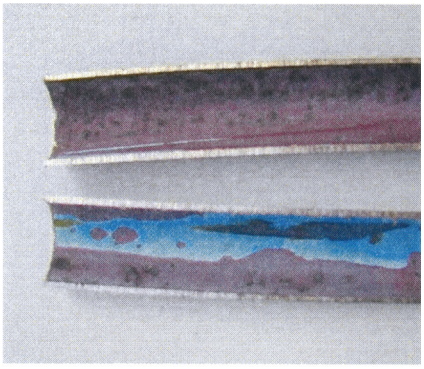


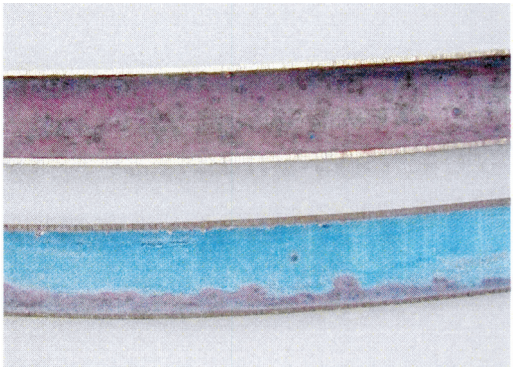




Causa: Elevada irregularidade do lado interior das soldaduras, aliada ao facto de ter sido usada água de um poço com elevados teores de sólidos no ensaio de estanquidade das tubagens, a qual não foi retirada e permaneceu durante alguns meses na tubagem em condições de estagnação.

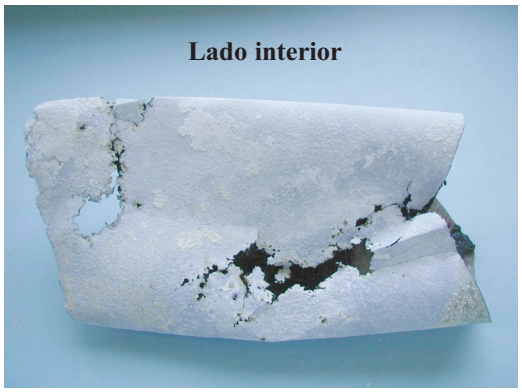
Caso 2 – Tubagem de cobre de uma instalação de aquecimento central com corrosão generalizada por picadas na superfície interior, algumas conduzindo à perfuração [5].

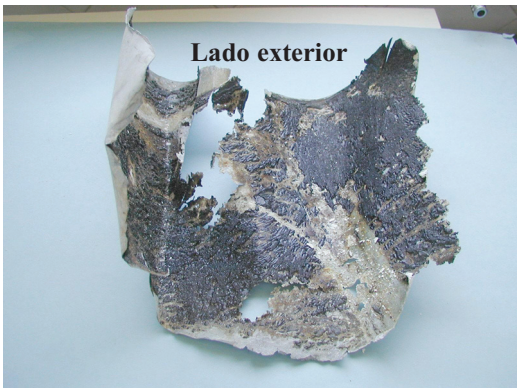




Causa: O ingresso de elevadas quantidades de fluxo de soldadura a quando da montagem, cujas partículas, arrastadas pela água usada no ensaio de estanquidade, se depositaram ao longo da superfície dos tubos e aí permaneceram durante um longo período de tempo, em condições de estagnação. Os compostos do fluxo podem ainda ter contribuído para a aceleração da corrosão.

Caso 3 – Chapa de zinco usada na impermeabilização de uma cobertura de piscina com zonas com corrosão generalizada intensa e extensa perfuração [5].





Causa: O sistema de cobertura aplicado não tinha uma barreira de vapor eficaz, o que permitiu que a água resultante de condensações do vapor de água da atmosfera interior atingisse a superfície da chapa de zinco e aí permanecesse durante longos períodos em condições de arejamento deficiente.

Caso 4 – Perfil de caixilharia de alumínio anodizado aplicado na fachada de um edifício novo apresentando zonas com corrosão generalizada intensa [5].



Causa: A corrosão foi observada após a ocorrência de chuvas e resultou do contacto com soluções fortemente alcalinas, resultantes da lixiviação da laje de cobertura de betão pela água da chuva, devido ao facto de não estar ainda construído o sistema de drenagem.