

A norma brasileira NBR 15575 - Desempenho de Edificações Habitacionais de Até Cinco Pavimentos, em vigor desde 12 de maio, estabelece requisitos e critérios de desempenho sob a ótica das necessidades do usuário. Essas exigências, antes subjetivas, tornaram-se requisitos técnicos, com parâmetros determinados. O prazo para adequação de projetos à norma é de seis meses. Assim, a partir de 12 de novembro, todos os projetos protocolados nas prefeituras devem estar de acordo com a Norma de Desempenho. A norma é dividida em seis partes. A primeira delas define as exigências dos usuários, que se transformam em requisitos tais como: segurança (contra incêndio, no uso e na operação), habitabilidade (estanqueidade, conforto térmico, conforto acústico etc.) e sustentabilidade (durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental). Cada requisito tem critérios mínimos definidos, ou, se for o caso, são indicadas as normas a serem consideradas.

Tabela 1 – VIDA ÚTIL DE PROJETO (VUP) PARA DIFERENTES SISTEMAS DA EDIFICAÇÃO, DE ACORDO COM A NBR 15.575

Sistema	VUP mínima, anos
Estrutura	≥ 40
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20
Pisos internos	≥ 13

A vida útil de projeto e a garantia

A norma define o que é a Vida Útil de Projeto (VUP), conceito que difere de prazo de garantia. A VUP é o tempo dentro do qual o edifício e seus sistemas devem atender aos requisitos de desempenho estabelecidos. Já o Prazo de Garantia é o período de tempo no qual a ocorrência de defeitos não pode ser justificada por mau uso ou envelhecimento natural, garantido pelo construtor ou incorporador.

O projeto do edifício deve especificar a VUP para cada um dos sistemas que o compõe (estrutura, cobertura, vedação vertical externa etc.). Os sistemas do edifício devem ser adequadamente detalhados e especificados em projeto, de modo a possibilitar a avaliação da vida útil.

Os prazos mínimos de VUP para cada sistema da edificação são definidos conforme a tabela 1. Desse modo, as estruturas, independentemente de sua constituição, deverão apresentar uma vida útil de projeto de, no mínimo, 40 anos. A avaliação do critério de durabilidade é feita pela verificação do cumprimento das exigências estabelecidas em normas brasileiras que estejam relacionadas com a durabilidade dos sistemas do edifício. Exemplos de tais normas são a NBR 6118 (para as estruturas de concreto) e a NBR 8800 (para as estruturas de aço e estruturas mistas aço-concreto). A verificação pode ser feita, ainda, pela comprovação, por ensaios, da durabilidade dos elementos e componentes dos sistemas, ou, ainda, pela análise de campo, utilizando a inspeção de protótipos.

O atendimento à vida útil de projeto

A NBR 8800 trata do dimensionamento de edifícios habitacionais, comerciais, industriais, públicos e também das estruturas que compõem passarelas de pedestres e suportes de equipamentos. Vai, desse modo, além do escopo da NBR 15.575. O que diz essa norma a respeito da durabilidade? Onde a norma interage com a NBR 15.575 na

Tabela 2 – QUALIFICAÇÃO DA AGRESSIVIDADE DE AMBIENTES TÍPICOS, DE ACORDO COM A NORMA ISO 12944-2

Categoria de agressividade	Exemplos ambientes típicos	
	Exteriores	Interiores
C1 (muito baixo)	Ambientes desérticos	Edificações condicionadas para o conforto humano (residências, escritórios, lojas, escolas, hotéis), com umidades relativas inferiores a 60%
C2 (baixa)	Atmosferas com baixo nível de poluição. A maior parte das áreas rurais. Exemplos: áreas rurais e pequenas cidades	Edificações onde a condensação de água é possível, como armazéns e ginásios cobertos
C3 (média)	Atmosferas urbanas e industriais com poluição moderada por dióxido de enxofre. Áreas costeiras de baixa salinidade. Exemplo: São Paulo	Ambientes industriais com alta umidade e alguma poluição atmosférica, como lavanderias, fábricas de alimentos, cervejarias e laticínios
C4 (alta)	Áreas industriais e costeiras com salinidade moderada. Exemplo: Santos (SP)	Ambientes como indústrias químicas e coberturas de piscinas
C5-I (muito alta, industrial)	Áreas industriais com alta umidade e atmosferas agressivas. Exemplo: Cubatão (SP)	Edificações ou áreas com condensação quase que permanente e com alta poluição
C5-M (muito alta, marinha)	Áreas costeiras e offshore com alta salinidade. Exemplo: Fortaleza	

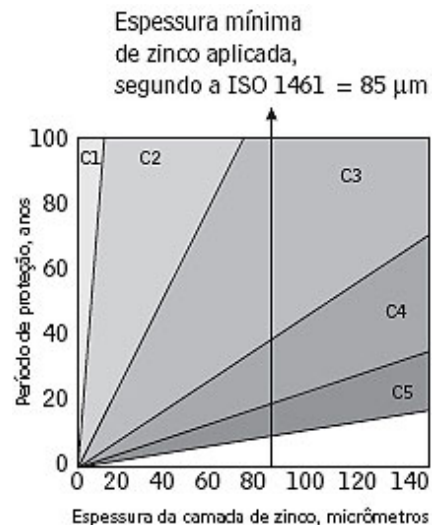
avaliação da durabilidade? A norma, revisada em 2008, inclui um anexo normativo - o Anexo N - que trata especificamente da durabilidade de componentes de aço frente à corrosão. Esse anexo é um poderoso auxiliar no atendimento da VUP mínima para as estruturas que pertencem ao escopo da NBR 8800.

Quais os pontos fundamentais no Anexo N?

Quando se considera a proteção frente à corrosão de uma estrutura de aço, uma distinção deve ser feita entre as medidas consideradas ativas e aquelas ditas passivas. As medidas passivas objetivam isolar a superfície metálica do ambiente agressivo - caso da pintura ou da galvanização. As medidas conhecidas como ativas, por outro lado, objetivam a prevenção da corrosão - ou sua minimização - pela interferência no processo de corrosão. Como exemplos, temos o controle da umidade relativa do ambiente, o uso de aços resistentes à corrosão atmosférica ou o emprego de boas práticas de detalhamento do projeto.

Escolha do sistema de proteção adequado

Uma estrutura localizada no cerrado brasileiro (por exemplo, Brasília) não necessita do mesmo sistema de proteção frente à corrosão empregado em um ambiente marinho ou industrial. Desse modo, a primeira etapa para uma correta especificação da proteção é a da qualificação da agressividade do ambiente. Esse enquadramento permite a obtenção do prazo determinado pela VUP a um custo mínimo. Mas como qualificar a agressividade de um ambiente? A norma ISO 12944-2 pode ser utilizada para essa qualificação. Ela divide os ambientes atmosféricos em seis



categorias de agressividade:

C1: Muito baixa agressividade

C2: Baixa agressividade

C3: Média agressividade

C4: Alta agressividade

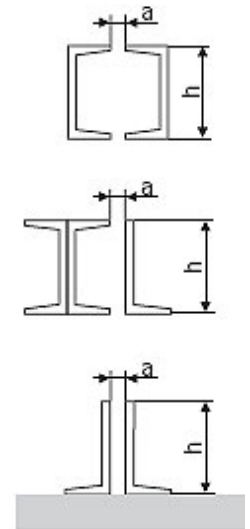
C5-I: Muito alta agressividade, industrial

C5-M: Muito alta agressividade, marinho

A tabela 2 reproduz parte daquela existente na norma. Ela inclui exemplos típicos de enquadramento. Havendo dúvida na qualificação de um ambiente, a categoria de agressividade deve ser escolhida.

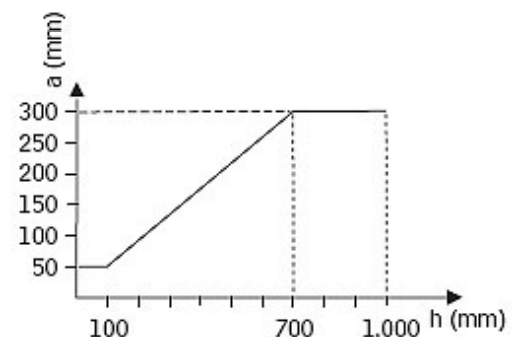
Métodos corriqueiros usados na proteção

A pintura e a galvanização dos componentes estruturais são meios comuns de proteção das estruturas. Mas como especificá-las corretamente? Existem várias fontes de consulta para uma correta especificação de um sistema de pintura. Uma das mais conceituadas é a norma ISO 12955-5. O manual intitulado "Projeto e Durabilidade", do CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço), disponível gratuitamente para download no website do CBCA, traz alguns dos sistemas propostos por essa norma. Como especificar corretamente um sistema de pintura para uma estrutura (externa) localizada, por exemplo, na cidade de São Paulo? A tabela 2 permite enquadrar São Paulo na categoria de agressividade "C3". Quais os sistemas que podemos escolher para a proteção da estrutura? A observação da norma - ou do manual - mostra várias possibilidades, desde sistemas de "baixa durabilidade", que exigem manutenção a cada dois - cinco anos (por exemplo, um sistema alquídico com espessura seca de 120 micrômetros) até sistemas que necessitam de manutenção em prazos superiores a 15 anos (por exemplo, um sistema epoxídico com espessura seca de 200 micrômetros). É importante ressaltar que nenhum desses sistemas conseguirá vencer a VUP da estrutura sem intervenções para manutenção. Haverá, provavelmente, três grandes intervenções para repintura ao longo de, por exemplo, 40 anos.



Um sistema de pintura mais robusto - como o epoxídico citado acima - permite um menor número de intervenções ao longo dos anos. De modo geral, um sistema mais caro, aplicado ainda na confecção/montagem da estrutura, costuma ser muito mais econômico ao longo dos anos que um sistema de baixa durabilidade. Como especificar, por outro lado, a galvanização dos componentes? O período de proteção dado pela camada de zinco depende, fundamentalmente, para uma dada agressividade ambiental, da espessura da camada depositada. A norma ISO 12944-2 traz a perda de massa ou de espessura por unidade de área superficial para o zinco (e também para o aço) durante o primeiro ano de exposição, para ambientes de diferentes níveis de agressividade (C1, C2 etc.). A figura 1 traz esses dados em forma gráfica. Um ambiente C3 - como a cidade de São Paulo - é caracterizado, pela norma, por uma perda de zinco situada entre 0,7 e 2,1 micrômetros por ano, durante o primeiro ano. Assim, os 40 anos exigidos da VUP podem ser atingidos ou suplantados com uma espessura mínima de camada de zinco de 85 micrômetros (ou 610 g/m²) - um valor mínimo, a ser aplicado segundo a norma ISO 1461. A durabilidade do revestimento de zinco ficará situada entre $(85/2,1) = 40,5$ anos e $(85/0,7) = 121$ anos, isto é, nenhuma manutenção será necessária ao longo da VUP de 40 anos.

É importante ressaltar que cada caso é um caso. Existem situações em que a pintura é a forma mais econômica de proteção e situações em que a galvanização deve ser o caminho escolhido. Não tenha ideias pré-concebidas a respeito de um ou outro sistema. Não se deve esquecer que o zinco pode ser pintado, com vantagens. A soma dos tempos de proteção oferecidos pela galvanização e pela pintura é sempre maior do que as somas individuais - há sinergismo. Vamos, agora, abordar uma das mais



importantes formas de se controlar o processo de corrosão. Trata-se da aplicação das boas práticas no detalhamento do projeto. É considerada uma medida ativa de controle da corrosão. O manual do CBCA e a norma ISO 12944-3 tratam desse tema com profundidade.

Acessibilidade

Os componentes de aço devem ser projetados para a acessibilidade, com a finalidade da aplicação, inspeção e manutenção do sistema de proteção especificado. Espaços estreitos entre elementos devem ser evitados tanto quanto possível. Onde não seja possível evitar espaços restritos, por razões estruturais ou práticas, as recomendações descritas na figura 2 devem ser avaliadas. Algumas regras devem ser, sempre que possível, obedecidas, quando pensamos em acessibilidade:

☆Todas as precauções de controle da corrosão incluídas no projeto devem ser inspecionáveis, repetíveis e reparáveis com facilidade, para uma dada localização e ambiente. A figura 3 ilustra uma situação em que o acesso para inspeção e reparo é inexistente.

☆A manutenção da pintura deve ser feita no menor tempo possível de execução, para a minimização de interferências, ou, então, deve ser tão espaçada (no tempo) quanto possível. Esta última opção é especialmente útil para estruturas, equipamentos e componentes localizados em pontos de difícil acesso.

☆O projeto deve contemplar a redução do custo e do grau de dificuldade da manutenção subsequente a um mínimo, incluindo o desmonte e remonte eventual de componentes estruturais e equipamentos, limpeza, preparo de superfície etc.



Figura 3 - Situação em que o acesso para inspeção e reparos é muito dificultado. Não existe espaço para o trabalho com o ferramental de manutenção. Trata-se da cobertura de uma piscina aquecida

Complexidade

A complexidade excessiva deve ser evitada. Dê preferência à simplicidade e praticidade. A figura 4 mostra como a complexidade pode dificultar - ou até impedir - a manutenção da estrutura. A retenção de água e sujeira deve ser evitada tanto quanto possível. As figuras 5 e 6 ilustram alguns exemplos de arranjos geométricos considerados bons e ruins.



Figura 4 - Menos, em geral, é mais. Simplifique as formas

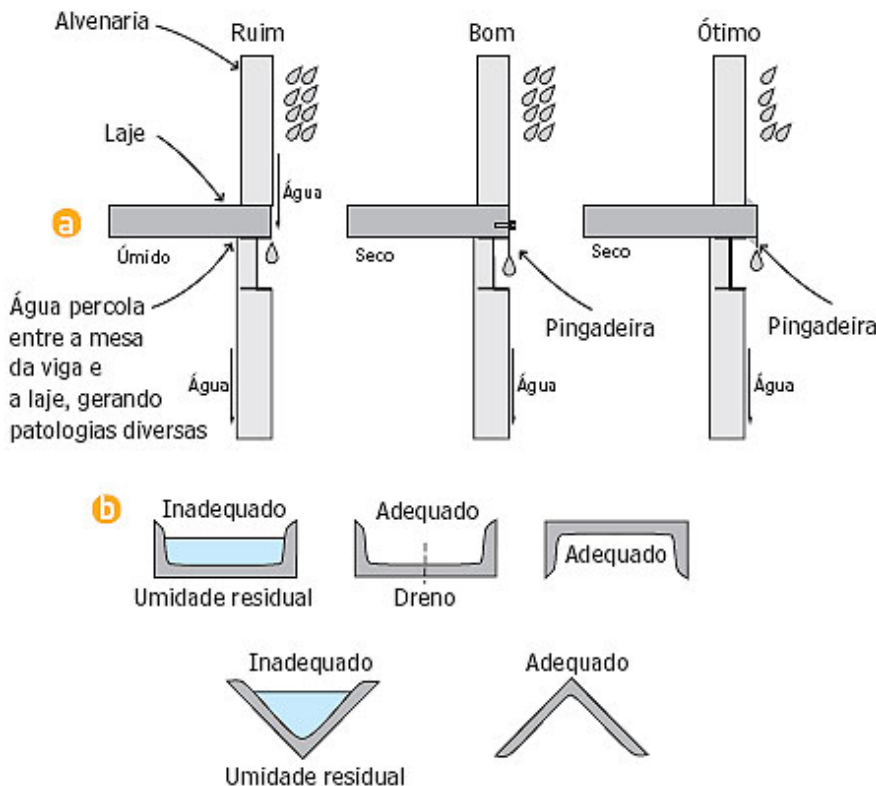


Figura 5 - Geometrias que facilitem o acúmulo de água devem ser evitadas: (a) uma simples pingadeira pode minimizar ou evitar o ingresso de água na alvenaria; (b) a disposição dos componentes pode promover ou não o acúmulo de água

Frestas

Frestas estreitas e juntas sobrepostas são pontos potenciais para o início da corrosão, devido à retenção de umidade e sujeira - incluindo a existência de qualquer abrasivo utilizado no preparo superficial. O problema potencial deve ser evitado selando-se a fresta. Pode-se utilizar um selante epoxídico, poliuretânico, ou mesmo um silicone que não libere ácido acético durante a polimerização. A figura 7 ilustra a promoção proposital, desnecessária, de frestas.

Soldagem

O procedimento de soldagem é de grande importância no controle da corrosão. Evite cordões de solda intermitentes ou descontínuos. Eles podem reter pó, água etc. A água retida não será rapidamente eliminada, propiciando o ataque. A solda deve ser feita com qualidade e permitir a acessibilidade (figura 8). Os cordões de solda não devem possuir imperfeições (asperezas, espirros, furos etc.) que dificultem o recobrimento do sistema de pintura escolhido. Soldas feitas em campo muitas vezes são irregulares e tornam o recobrimento da tinta desuniforme. Haverá pouca tinta nos picos e muita tinta nos vales. O sistema de pintura, desse modo, não atingirá a durabilidade estimada pelo projetista. Outro problema trata da existência de escória, liberada pelo eletrodo, e não convenientemente retirada. As escórias são higroscópicas. Pelo fenômeno da osmose, o vapor de água migrará tinta adentro, até a interface metal/escória. O processo de corrosão, então, se instalará, e, mais uma vez, o sistema de pintura não atingirá a durabilidade estimada. A figura 9 ilustra o conceito.



Figura 11 - Coloque os enrijecedores e assemelhados voltados às condições mais favoráveis (a), e não às menos favoráveis (b)

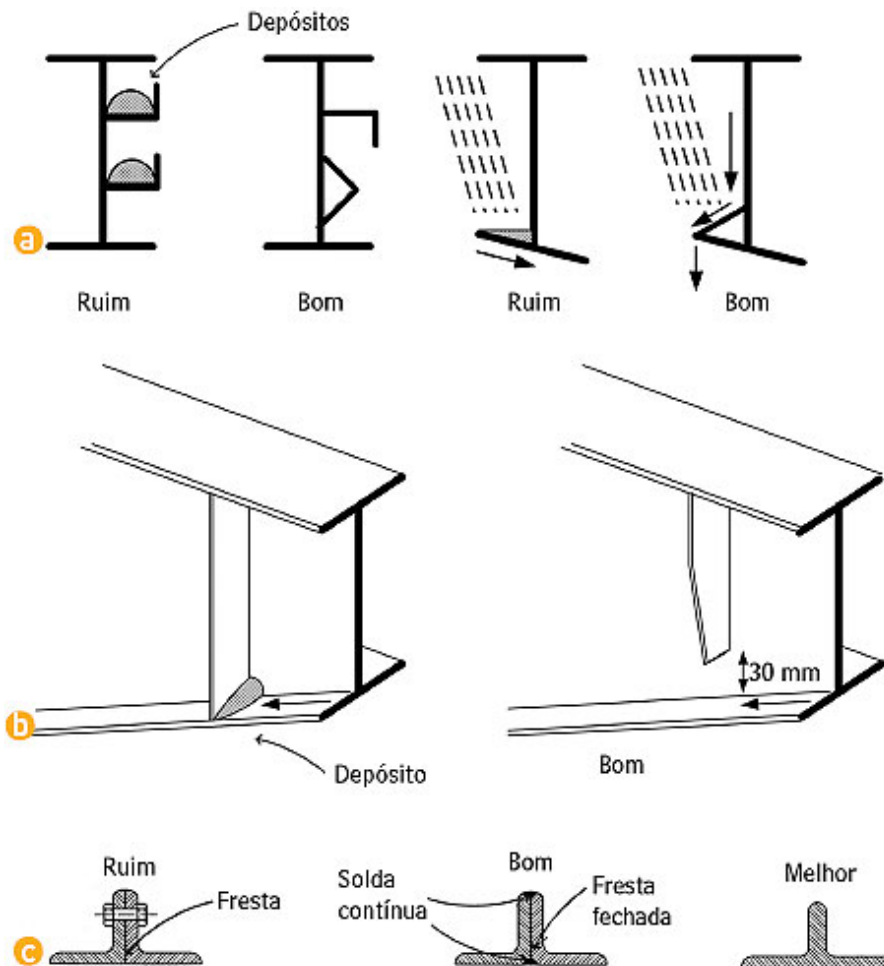


Figura 6 - Geometrias que facilitem o acúmulo de água devem ser evitadas: (a) e (b) o detalhe do enrijecedor pode ou não promover o acúmulo de sujeira e água; (c) deve-se evitar utilizar cantoneiras costa a costa - como pintar o interior de cantoneiras com esta disposição?

Superfície

Contornos arredondados são preferíveis aos cantos vivos, pois permitem a uniformidade do sistema de proteção, caso a proteção seja dada pela pintura. Por conta da tensão superficial da tinta, as arestas receberão uma camada de tinta menos espessa do que aquela depositada sobre as superfícies planas. O revestimento aplicado sobre os cantos vivos apresentam, além disso, menor resistência aos danos mecânicos. Assim, recomenda-se que os cantos vivos sejam arredondados ou chanfrados (figura 10).



Figura 7 - Frestas devem ser evitadas sempre que possível

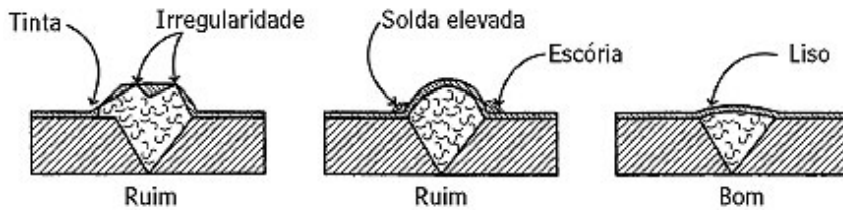


Figura 9 – Cordões de solda não devem possuir imperfeições

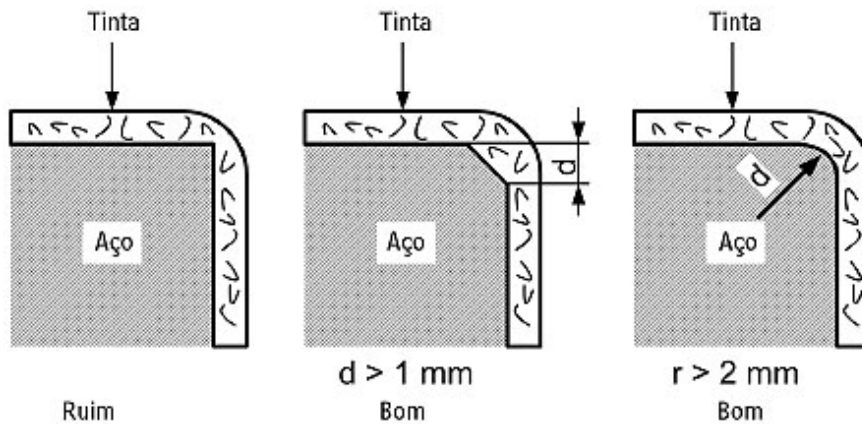
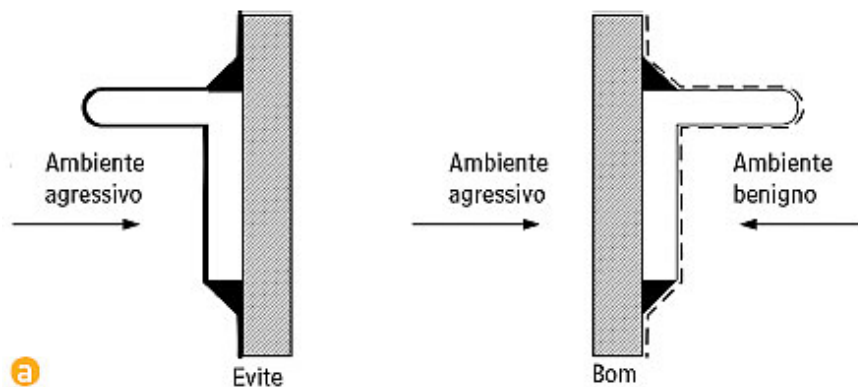


Figura 10 – Elimine os cantos vivos



Onde e quando for possível, altere a localização dos enrijecedores e componentes semelhantes, do lado exposto às condições mais agressivas, para condições de exposição mais favoráveis (figura 11).

Componentes estruturais que serão decapados (por exemplo, aqueles destinados à galvanização) deverão possuir geometria (e também técnicas de fabricação) que promovam a continuidade da superfície, sem a criação de frestas, bolsões etc. Essa prática impedirá que o ácido utilizado na decapagem penetre e fique retido nas frestas, ocasionando um defeito que é costumeiramente conhecido como "choro" ácido. Caixas e tubos a serem galvanizados deverão possuir aberturas adequadas, permitindo a entrada e saída dos líquidos utilizados no processo (como, por exemplo, o ácido utilizado na decapagem).

LEIA MAIS

NBR 15575 - Edifícios Habitacionais de Até Cinco Pavimentos - Desempenho, Partes 1 a 6. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2008.

NBR 6118 - Projetos de Estruturas de Concreto - Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2007.

NBR 8800 - Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2008.

ISO 12944-2 - Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems: Part 2 - Classification of environments. International Organization for Standardization, Genève, 1998.

ISO 12944-5 - Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems: Part 5 - Protective paint systems. International Organization for Standardization, Genève, 1998.

Projeto e Durabilidade. F. D. Pannoni. Instituto Aço Brasil/Centro Brasileiro da Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2009. Disponível para download gratuito em www.cbca-iabr.org.br.

ISO 1461 - Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - Specifications and test methods. International Organization for Standardization, Genève, 2009.

ISO 12944-3 - "Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems: Part 3 - Design considerations. International Organization for Standardization, Genève, 1998.