

2ª EDIÇÃO

GUIA DE PROTEÇÃO PASSIVA DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS REVESTIMENTOS INTUMESCENTES



EVANDRO R. MARTIN

GUIA DE PROTEÇÃO PASSIVA DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS

REVESTIMENTOS INTUMESCENTES

Introdução:

A principal função da proteção passiva contra fogo é garantir que o elemento em aço não perca sua resistência mecânica em função do aquecimento durante um incêndio.

A temperatura crítica do aço para proteção contra incêndio é a temperatura que pode causar colapso estrutural em caso de incêndio, sendo muitas vezes considerada como 538 °C, conforme ASTM E119, o que corresponde ao ponto em que ele perde 50% de sua capacidade de carga.

É importante compreender suas propriedades mecânicas e físicas para entender como a temperatura afeta o aço. O ponto de fusão do aço é 1540°C. A temperatura crítica é de 720 °C, a 538 – 566 °C, o aço carbono retém apenas cerca de 50% do seu limite de escoamento.

O intuito deste documento é facilitar e simplificar as informações para os usuários das tecnologias de proteção intumescente, entretanto se recomenda a leitura das normas abaixo que foram utilizadas para a criação deste documento e são normas amplamente conhecidas e utilizadas pelos fabricantes de revestimentos intumescentes mais experientes e renomados no mercado mundial.

- ETAG N° 018 : 2011
- BS EN 16623 : 2015
- EAD 350402-00-1106 : 2017
- G020 Classifying Environments v2 : 2017

Definição da Temperatura Crítica:

Os engenheiros de projeto geralmente são responsáveis por definir o limite de temperatura crítica para um componente estrutural, mas geralmente e mais comum é seguir o padrão BS 476 onde a temperatura padrão para colunas carregadas é de 550°C e para vigas totalmente carregadas é de 620°C.

Basicamente, se um trecho ou membro não estiver totalmente carregado, as estruturas podem ser expostas a temperaturas mais elevadas sem risco de colapso, o que resulta na aplicação de revestimentos intumescentes de menor espessura. As tabelas de cobertura permitem isso, mas o engenheiro de projeto precisa fornecer a temperatura limite para cada viga e coluna da estrutura. Essa é uma análise muito crítica e precisa ser muito bem avaliada e por isso é muito mais simples seguir as temperaturas já definidas pela BS 476.

Seleção do Revestimento Adequado:

Para proteger o aço carbono é necessário fornecer uma proteção contra fogo adequada ao ambiente em que este material será exposto, caso seja utilizado o produto errado pode haver uma falha prematura do revestimento, comprometendo a proteção contra incêndio.

É importante ter em mente que cada tipo de ambiente requer um tipo específico de revestimento intumescente.

Os revestimentos acrílicos à base de água são adequados apenas para ambientes internos até a corrosividade ISO 12944-2 C3, os revestimentos acrílicos à base de solvente também são indicados apenas para ambientes internos até C4. Não são recomendados para regiões com exposição parcial a áreas de chuva, e ambos os revestimentos precisam de uma tinta de acabamento para protegê-los da umidade. Recomenda-se mantê-los sem acabamento somente em ambiente C1 conforme 12944-2.

Os revestimentos acrílicos base solvente são entendidos como mais resistentes a ambientes com alta umidade, porém não podem ficar expostos ao molhamento frequente. Alguns produtos trazem a indicação de que resistem a um curto período de tempo expostos ao intemperismo, porém precisa ficar claro que o desempenho é totalmente dependente da precipitação de umidade sobre o mesmo, períodos prolongados de exposição a chuva, por exemplo, levará a formação de bolhas, função direta do fato do polifosfato de amônio que é um dos principais aditivos responsáveis pela reação de intumescente ser higroscópico, ele absorve a umidade facilmente, levando a falha do revestimento.

Ao pensar na aplicação em ambientes externos ou que eventualmente possam estar em contato com umidade frequente e/ou permanente é preciso pensar nos revestimentos epóxi, que são os únicos que resistem à umidade e exposição a névoa salina, classificação C5 da ISO 12944-2. Esses revestimentos, mesmo sem acabamento, mantêm seu desempenho anticorrosivo e intumescente para proteger contra o fogo.

Existem alguns produtos de tecnologia intermediária entre acrílicos e epóxi (descrição a grosso modo), geralmente denominados pelo mercado como híbridos. Essas tecnologias têm um pouco mais de resistência à umidade quando comparadas às tecnologias acrílicas, mas não resistem se expostas por períodos prolongados, isso fica mais claro pelo fato destes produtos demandarem uma película de acabamento sobre eles em ambientes C4 e C5.

Nestes revestimentos a película de acabamento é responsável por manter a proteção do revestimento contra a umidade excessiva. Dito isso é importante lembrar que as películas de acabamento, geralmente poliuretano acrílico alifático, são películas semipermeáveis, ou seja, permitem a permeabilidade de umidade ao longo do tempo, o que poderá acarretar a falha dos sistemas de pintura em períodos prolongados de chuva (dias ou semanas), o que é muito comum em nosso país em função do nosso clima tropical.

Outro ponto importante para se ter em mente é que estruturas prediais passam por manutenções frequente, com montagem de andaimes, posicionamento de escadas para manutenção, etc. Inevitavelmente essa ação pode levar a um dano no revestimento de acabamento, muitas vezes imperceptíveis, mas que inevitavelmente facilitam o ingresso de umidade, consequentemente o sistema irá começar a apresentar falhas com formação de bolhas.

Essas tecnologias denominadas híbridas foram desenvolvidas para melhorar a capacidade dos fabricantes de estruturas metálicas de aplicar revestimento intumescente e transportar sem causar danos excessivos aos revestimentos durante o transporte, armazenamento e construção, pois com a tecnologia acrílica muitas obras sofreram com chuva e umidade durante essas etapas levando a danos que atingiram até 70% da área revestida. Para este fim, a tecnologia híbrida é adequada, pois irá garantir desempenho por um período curto de exposição ao intemperismo e

depois da conclusão da obra, ficará abrigada do intemperismo. Qualquer situação de exposição ao intemperismo não terá vida longa, pois a umidade com o tempo irá permear o acabamento, ou uma falha no acabamento levará a falha do revestimento intumescente.

Como o Brasil é um país tropical, para qualquer situação em que o ambiente seja classificado como C4, C5 ou CX conforme ISO 12944-2 e ISO 12944-9 respectivamente, os revestimentos intumescentes precisam ser testados conforme ISO 12944-6 (para ambientes C4 e C5 conforme Regime de Testes 1 e 2 e para ambientes CX conforme ISO 12944-9), e na sequência passar por teste de fogo conforme BS 476: parte 20:1987, que deve atender aos requisitos do EAD 350402-00-1106.

Os critérios de aceitabilidade conforme EAD 350402-00-1106 devem demonstrar que na média o tempo de falha das amostras de teste está dentro de 85% ou mais e sem nenhum painel de teste abaixo de 80% do controle.

Esses testes e comprovações são muito necessários para se ter uma certeza de desempenho de 25 anos ou mais para o revestimento intumescente, para se ter segurança, garantia e confiabilidade.


A proteção contra incêndio de uma edificação precisa ser encarada como um projeto específico.

Para definir a tecnologia de proteção passiva contra incêndio adequada é necessário avaliar a logística do projeto. Se a aplicação vai ser feita no fabricante de aço ou após a edificação da estrutura no local, a localização final da estrutura, o ambiente do fabricante de aço, etc.

Veja na figura abaixo imagens que demonstram a classificação genérica de ambientes segundo a ISO 12944-2. Em geral, classificamos a corrosividade do ambiente por esta classificação genérica da ISO 12944-2 por ser mais simples e prático no dia a dia, mas é possível analisar o ambiente de forma mais técnica, porém requer mais tempo e investimento, pois é necessário contratar um laboratório para fazer medições de contaminação atmosférica, qualificá-la, quantificá-la e medir a perda de massa causada pela corrosão em corpos de prova expostos pelo período de um ano. Esses detalhes, informações e valores podem ser encontrados na ISO 12944-2 tabela 1 do item 5.1.2.



	EXTERNO	INTERNO
C1		Prédios aquecidos com atmosferas limpas, por exemplo, escritórios, lojas, escolas, hotéis
C2	 Atmosferas de baixo nível de poluição. Principalmente áreas rurais.	Edifícios não aquecidos onde a condensação pode ocorrer, por exemplo, depósitos, salas esportivas.



	EXTERNO	INTERNO
C3	Atmosferas urbanas e industriais, poluição moderada de dióxido de enxofre. Áreas costeiras com baixa salinidade.	Salas de produção com alta umidade e alguma poluição do ar, por exemplo, instalações de processamento de alimentos, lavanderias, cervejarias, leiteiros.
C4	Zonas industriais e zonas costeiras de salinidade moderada.	Fábricas de produtos químicos. Piscinas, navios costeiros e barcos.



	EXTERNO	INTERNO
C5	Áreas industriais com alta umidade e atmosfera agressiva	Edifícios ou áreas com condensação quase permanentes e alta poluição
CX	Zonas litoral e offshore com alta salinidade	Edifícios ou áreas com condensação quase permanentes e alta poluição

Preparo de Superfície:

Antes de proceder o preparo de superfície as estruturas devem ser inspecionadas para verificar a contaminação por óleo e hidrocarbonetos e se presentes, remover com desengraxante alcalino. Esfregue a superfície para ativar o desengraxante e antes que seque, lave a área tratada com o método de Lavagem com Água à alta pressão (HP WC) conforme ISO 8501-4 Wa 1 utilizando água doce a fim de remover a contaminação e reduzir os cloretos da superfície.

Preparo de superfície para aço carbono – jato abrasivo ao metal quase branco, padrão Sa 2 1/2 conforme ISO 8501-1, perfil de rugosidade de 50 micrometros.

Preparo de superfície para aço galvanizado:

Ideal: Após remoção do excesso de zinco e defeitos da superfície a área a ser pintada deve ser desengordurada conforme ISO 12944-4 Part 6.2.4 Limpeza Alcalina. A superfície galvanizada deve ser preparada com jato ligeiro (brush-off) com o ângulo do bico à 45-60° perpendicularmente em relação a superfície com pressão no bico reduzida para criar um perfil de rugosidade utilizando abrasivo não metálico aprovado. Como referência, um perfil de rugosidade entre 25-55 micrometros, grau Fino G; Ry5 conforme ISO 8503 medido conforme método 2, deve ser atingido. Alternativamente pode ser utilizado o SSPC SP16 ou outro método mediante discussão e alinhamento com área técnica. No caso de revestimentos epóxi é mandatório obter um perfil de rugosidade mínimo e uniforme de 50 micrometros.

Aceitável: para PFP Acrílico somente: Lixamento superficial rigoroso, remoção do pó gerado seguido de aplicação de primer de aderência, após adequada limpeza da superfície.

Seleção de Primer e Acabamento para os Revestimentos Intumescentes:

A seleção do primer a ser aplicado é muito importante porque os primers precisam ser pré-aprovados para uma tinta intumescente, pois os revestimentos normalmente utilizados como primer, epóxi e alquídico não resistem a temperaturas superiores a 120 ou 90 °C a depender do primer, alguns primers também tendem a amolecer em situação de aquecimento excessivo, portanto é fundamental a utilização de um primer pré-aprovado.

Em situação de incêndio apesar da proteção com revestimento intumescente a temperatura do aço chegará a mais de 500°C com o tempo, então há um risco muito alto do primer não resistir a essa temperatura alta e causar a falha generalizada do sistema de proteção.

Trabalhando com primers adequados e dentro da faixa de espessura testada, em torno de 150 micrômetros normalmente, o sistema de pintura estará seguro.

Como o aço irá trabalhar muito em situação de incêndio (dilatação e contração em função do aquecimento) se faz necessário ter um perfil de rugosidade adequado para uma ótima ancoragem do revestimento intumescente, para isso se faz necessário um preparo de superfície do aço para remover a carepa de laminação e criar perfil de rugosidade mínimo e uniforme de 50 micrometros através de jateamento abrasivo ao metal quase branco, padrão Sa 2 1/2 da ISO 8501-1.

A seleção do acabamento é um outro ponto fundamental e ainda mais importante, pois é mandatório usar apenas revestimentos de acabamento aprovados em teste de fogo, porque apesar da crença de que as chamas do fogo vão queimar o acabamento antes que a tinta intumescente se expanda efetivamente, isso não é verdade, pois o revestimento intumescente muito antes das chamas atingirem sua superfície, os revestimentos intumescentes começam a reagir a partir de 200°C, dependendo da tecnologia. Este é um ponto que foi negligenciado pelo mercado por muitos e muitos anos, e as normas deixam claro a necessidade de os acabamentos serem testados e aprovados em teste de fogo. Todos os fabricantes de revestimento intumescentes de renome (que estão há muitos anos no mercado) têm total conhecimento sobre este fato e possuem relações de acabamentos testados e aprovados.

Quando um acabamento não aprovado é aplicado sobre o revestimento intumescente, há uma chance de que ele fique aderido fortemente à tinta intumescente, conseqüentemente à medida que a tinta intumesce, começa a rachar e degradar, expondo o aço que inevitavelmente atingirá temperaturas acima de 550°C e poderá ocasionar um colapso assim que a estrutura perder sua resistência mecânica.

Essa situação é ilustrada na Figura abaixo, na qual um acabamento não aprovado é aplicado sobre uma tinta intumescente causando seu deslocamento durante um teste de fogo.



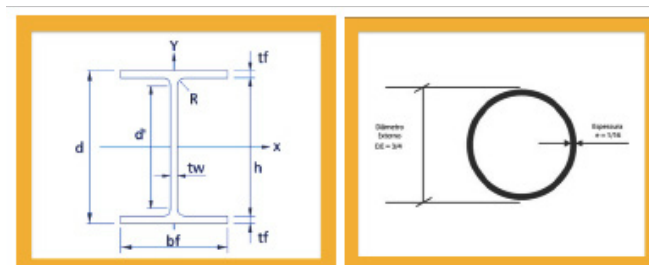
Em função disso o correto seria fornecedores, projetistas, engenharias etc. trabalharem somente com revestimentos testados e aprovadas por fornecedores de tintas intumescentes. O cuidado mais importante a ser tomado é com o acabamento. É obrigatório trabalhar apenas com acabamento aprovado em teste de fogo.

A norma EN 16623, além de determinar os testes a serem realizados, exige que o sistema de pintura não apresente mais de 15% de diferença de desempenho em relação ao valor original (entre a demão intumescente sozinha com primer x demão intumescente com primer e acabamento). As cartas de cobertura são preparadas sem o acabamento que certamente afeta o desempenho, e após os testes de corrosividade, o desempenho também cai, o que simula a resistência do revestimento ao longo de sua vida útil.

Dimensionamento da Espessura:

Para o correto dimensionamento da proteção contra incêndio, é necessário o cálculo do fator de forma, ou fator de massividade das estruturas, tanto para vigas, pilares e estruturas secundárias quando aplicável. É um cálculo simples que considera o período de aquecimento dividido pela área em corte, o que nos leva a um valor que chamamos de H_p/A , sendo H_p o perímetro aquecido que é a medida contínua dos lados expostos ao calor e A que é a área transversal da seção de aço.

De posse do H_p/A verifica-se a espessura necessária para proteção contra incêndio de acordo com o tempo de proteção exigido na carta de cobertura do produto que é elaborada pela certificadora com base em testes de fogo.



É importante observar que os valores de H_p/A já são normalmente fornecidos pelos fornecedores de perfis de aço do mercado. Normalmente, esses fornecedores possuem tabelas com H_p/A calculado para 3 e 4 lados, e H_p/A considerando o efeito caixa que é utilizado quando se trabalha com placas corta-fogo, encapsulando em uma caixa os elementos estruturais.

Também é importante observar que o fator de massividade varia em função do número de lados expostos ao fogo, o Hp/A deve considerar no cálculo do Hp apenas o perímetro exposto ao fogo.

Por exemplo, em vigas com decks sobre ela, considera-se 3 faces expostas ao fogo, o mesmo acontece em um pilar na esquina de duas paredes com blocos de alvenaria ou concreto cobrindo 2 faces, então neste cenário apenas 2 faces estão expostas ao fogo.

Certificação dos Revestimentos Intumescentes:

Em função do fim nobre que tem um revestimento intumescente que é a proteção de vidas, através da preservação estrutural de edificações durante um cenário de incêndio, se faz necessário não apenas ter uma carta de cobertura de um revestimento intumescente, mas sim uma certificação de que ele é seguro e confiável, através de programas de certificação deles.

Infelizmente a legislação brasileira não possui uma exigência deste nível, e a necessidade de proteção passiva para estruturas metálicas fica a cargo de legislações estaduais sem muita exigência em termos de certificação.

Um revestimento intumescente possui uma relação muito extensa de matérias-primas (MP's) utilizadas para sua fabricação e garantir a uniformidade de qualidade de tantas MP's é praticamente impossível, pois muitas delas são encontradas e extraídas *in natura* e sua composição e pureza muitas vezes podem variar de um lote para outro, é por isso que nos países desenvolvidos há exigência de programas de certificação, que visam garantir não só a qualidade do produto, mas a segurança, credibilidade e confiabilidade.

Para isso os programas de certificação fazem testes regulares em produtos acabados retirados aleatoriamente do estoque ao longo do ano, para que haja confiabilidade no produto em termos de atendimento ao desempenho esperado.

Certificação dos Aplicadores:

Os aplicadores devem passar por treinamento e ser capacitados para aplicação de revestimentos intumescentes, primordialmente devem sempre receber treinamento do fabricante do revestimento intumescente.

E se possível possuem algum tipo de certificação ou programa de qualidade que envolvam auditorias para comprovação da qualidade do serviço executado.

Referências de Apoio:

ISO 12944-2:2017 - International Organization for Standardization - Paints and Varnishes – Corrosion Protection of Steel Structures by Protective Paint Systems-Part 2: Classification of Environments

EN13381-16623 Paints and varnishes - Reactive coatings for fire protection of metallic substrates - Definitions, requirements, characteristics and marking

Association for Specialist Fire Protection (ASFP) - Fire protection for structural steel in buildings
5th Edition, 01.07.2014

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. UL-1709 5^a Edition: Rapid Rise Fire Tests of
Protection Materials for Structural Steel. EUA, 24.02.2017

BS 476-21:1987 Fire tests on building materials and structures. Methods for determination of the
fire resistance of loadbearing elements of construction

BS EN 16623:2015 Paints and varnishes – Reactive coatings for fire protection of metallic
substrates – Definitions, requirements, characteristics and marking, March, 2016

Approved Document B, 2019 Edition - The Building Regulations for use in England

Yellow Book, 5th Edition – Fire Protection for Structural Steel in Buildings.

BS EN 1993-1-2:2005 - Eurocode 3 Part 1 & 2 – Design of Steel Structures International Building
Code 2015

NFPA 5000, 2015 Edition – Building Construction and Safety Code

Dias, J. F. D. Flambagem Lateral com Distorção de Vigas Mistas de Aço e Concreto em Situação
de Incêndio: Análises Experimental e Numéricas e Proposta de Procedimento de Cálculo. Tese de
Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, 2021.

Evandro R. Martin
Celular/Mobile: + 55 11 97684-7399
evandro.rivera@jotun.com.br