

APLICAÇÃO E MANUTENÇÃO REVESTIMENTO PROTETORES CONTRA A CORROSÃO E INCÊNDIO NAS ESTRUTURAS *

Fabio Gomes da Costa¹

Resumo

A corrosão é um dos principais mecanismos de deterioração dos materiais metálicos e cerâmicos, a prevenção e proteção contra a corrosão e incêndio é essencial para que as estruturas metálicas e mistas apresentem um adequado desempenho durante a sua vida útil e ações de incêndio. A deterioração das estruturas é causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional, seja de forma natural ou acidental, vão apresentar alterações prejudiciais e indesejáveis, sofridas pelo material metálico e armaduras do concreto armado, tais como o modificações estruturais, desgaste, variações químicas, tornando-o inadequado para o uso da estrutura, isso ocorre devido à instabilidade química (corrosão), quando exposto ao meio ambiente. Estas incidências, quando associadas ao uso incorreto e à falta de manutenção periódica, pode vir resultar em problemas que possam vir comprometer a vida útil da estrutura. No entanto, estes problemas pode ser mitigado através das inspeções e sistemas anticorrosivos e proteção contra incêndio adequados. Nesse contexto, o artigo pretende abordar os princípios, fatores e requisitos que devem ser considerados em uma seleção de sistemas de proteção e inspeções nas estruturas metálicas e mistas, visando o controle de qualidade do revestimento e a sua durabilidade ao longo das inspeções e manutenções.

Palavras-chave: Manutenção; Corrosão; Revestimento; Combate Incêndio

¹ Engenheiro Civil Pós-Graduado Engenharia e Ciência dos Materiais e Engenharia Processos Metalúrgicos / UMC / Diretor Técnico GomesTec Eng. & Soluções / São Paulo – SP - gomesteceng@gmail.com / www.gomesteceng.com.br

APPLICATION AND MAINTENANCE PROTECTIVE COATING AGAINST CORROSION AND FIRE IN STRUCTURES.

Abstract

Corrosion is one of the main deterioration mechanisms of metal and ceramic materials, prevention and protection against corrosion and fire is essential for metal and composite structures to have adequate performance during their life and fire actions. The deterioration of structures is caused by the physical-chemical interaction between the material and its operating environment, whether natural or accidental, will present harmful and undesirable changes suffered by the metallic material and reinforcement of reinforced concrete, such as structural modifications, wear, chemical variations, making it unsuitable for the use of the structure, this is due to chemical instability (corrosion) when exposed to the environment. These incidents, when associated with misuse and lack of periodic maintenance, may result in problems that could compromise the life of the structure. However, these problems can be mitigated through proper inspections, anti-corrosion systems, and fire protection. In this context, the article intends to address the principles, factors and requirements that should be considered in a selection of protection systems and inspections in metallic and composite structures, aiming the quality control of the coating and its durability throughout the inspections and maintenance.

Keywords: Maintenance; Corrosion; Coating; Fire Fighting

1. INTRODUÇÃO

Um dos materiais metálicos mais aplicados na construção civil são os aços, os ferros fundidos e as ligas de alumínio, cobre e zinco. Para além dos processos físicos de deterioração, de que se destaca principalmente a fadiga, a corrosão constitui a principal forma de degradação destes materiais. O seu desempenho à corrosão depende, naturalmente, não só do tipo de metal ou liga e da sua microestrutura, mas também das condições de exposição. Com relação aos aços expostos a um incêndio, necessitam de uma proteção complementar.

Dado que os mecanismos de corrosão e os fatores que determinam a velocidade de corrosão no ar, na água e no solo são distintos, é habitual considerar três tipos de exposição: atmosférica, em águas e em solos. Por sua vez, na exposição atmosférica, são habitualmente consideradas várias categorias de corrosividade que dependem, principalmente, da humidade e da presença de agentes agressivos como, por exemplo, os cloretos, e o dióxido de enxofre, a qual são definidos pelas normas ISO 9223 [1] e EN ISO 12944-2 [2]. As normas da ABNT já vêm abordando e se atualizando com este assunto, onde, em seus textos o fator de exposição das estruturas deve ser avaliado nas fases de concepção de projeto e nos processos construtivos.

Alguns metais, como o aço inoxidável, formam espontaneamente na sua superfície uma fina camada de óxido, muito estável e aderente, que proporciona uma barreira protetora eficaz e confere a este tipo de aço uma excelente resistência à corrosão uniforme em diversos ambientes. Contudo, a grande maioria dos materiais metálicos utilizados na construção, devido à sua fraca resistência à corrosão e ação externa decorrente de um incêndio, necessitam de serem protegidos, sendo o método de proteção mais usual a aplicação de revestimentos que exercem um efeito barreira entre o metal e o ambiente.

Os alumínio são protegidos por anodização ou por lacagem. O aço não ligado é habitualmente revestido com revestimentos metálicos (galvanização), com revestimentos orgânicos ou, mesmo, com revestimentos mistos, constituídos por revestimentos metálicos e orgânicos [3].

Outro método comum utilizado na proteção contra a corrosão, mas não muito aplicado nas edificações em estruturas metálicas no Brasil, é a proteção catódica. Este tipo de proteção envolve a modificação do potencial do substrato metálico, seja pela aplicação de uma corrente fornecida por uma fonte de alimentação ou pela ação galvânica resultante da ligação elétrica a um metal mais eletronegativo. Em alguns casos, a eficácia da proteção contra a corrosão e combate ao incêndio pode ser melhorada através da utilização conjunta de uma proteção catódica com sistemas de revestimentos de combate ao incêndio compatíveis e adequados.

Embora tenhamos uma grande variedade de materiais e sistemas de proteção, não existe uma solução universal para a proteção contra a corrosão e combate ao incêndio nas estruturas de aço. Assim, deve ser escolhido um sistema de proteção apropriado, de acordo com os requisitos especificados em projetos e pelas legislações de cada Estado e região, devendo-se considerar diferentes fatores: o projeto, a preparação da superfície, o custo, a aplicação, o desempenho, a manutenção, a agressividade do ambiente e as condições de exposição.

Estes fatores devem de ser considerados na fase de projeto onde o engenheiro junto com seus administradores e investidores, devem de buscar um equilíbrio entre a qualidade do produto e serviços realizados; aplicado ao melhor custo benefício do empreendimento e suas manutenções.

1. REQUISITOS DE DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS E PROTEÇÃO CONTRA INCENDIO

1.1. Generalidades

As soluções de aplicação do revestimento e da tecnologia envolvida nos processos, é uma tarefa complexa. Existem dificuldades que realmente podem envolver condições de operação simples mas ao mesmo tempo complexas, o engenheiro ou especificador dos produtos deve de conhecer as características de cada processo e material disponível.

A seleção dos revestimentos protetores devem ser iniciados nos projetos básicos; considerando os requisitos da superfície à ser protegida, e os aspectos que devem ser considerados durante o processo de aplicação dos revestimentos protetores; também devem ser verificados e levados em consideração as seguintes condições:

1.1.1. Função

- Verificar as características funcionais da superfície da peça e das estrutura;
- A existência dos tipos de requisitos, necessários de aplicação e operação das peças e da estrutura.

1.1.2 Objetivo

- Avaliar o que precisa ser maximizado no sistema de proteção;
- Avaliar o que precisa ser minimizado no sistema de proteção;

1.1.3. Limitações

- Avaliar as limitações e condições de contorno que devem ser considerados na peça ou na estrutura;
- Verificar a viabilidade técnica do trabalho;
- Verificar a viabilidade econômica do trabalho;
- Conciliar os conceitos de projeto e executivos visando o meio ambiente;
- Considerar a viabilidade do custo e o ciclo de vida da peça ou estrutura revestida;

1.1.4. Opções

- Avaliar no mercado quais opções de materiais e processos existentes;
- Avaliar disponibilidade do transporte e mão de obra da região;
- Verificar tecnologia e controle de qualidade.

Tendo como referência estes conceitos, verificados e avaliados nas fases de elaboração dos projetos e nas especificações técnicas, vem contribuir com os projetistas e especificadores na escolha dos melhores e mais adequados produtos e processos de revestimento protetor a ser aplicado nas estruturas, contribuindo no sucesso do tratamento anticorrosivo e na proteção de combate ao incêndio.

1.2 Durabilidade

A durabilidade das estruturas de aço é determinada pelas suas condições funcionais, características do ambiente envolvente e das propriedades dos materiais estruturais. Assim, a concepção de novas estruturas de aço e a manutenção das já existentes incluem a definição ou avaliação das condições de serviços, caracterizando o macro e micro ambientes, bem como a avaliação das propriedades mecânicas e metalúrgicas dos materiais e sua adequação às especificidades do ambiente e condições de serviço [4].

O ambiente e o uso da estrutura tem grande influência na velocidade da degradação do revestimento protetor e na corrosão dos materiais metálicos. Consequentemente a descrição e classificação da corrosividade ambiental e uso da estrutura é essencial para a correta seleção e concepção de um método de reparação ou do sistema de proteção a aplicar na estrutura metálica.

A corrosividade da estrutura pode ser avaliada através de fatores críticos à corrosão dos metais, tais como o tempo de molhagem e o nível de poluição, de acordo com as especificações da ISO 9223, ou pode ser classificada com base em medições da velocidade de corrosão de amostras padrão, conforme indicado na ISO 9226. O anexo N – “Durabilidade de componentes de aço frente à corrosão” da NBR 8800, apresenta parâmetros para classificação dos ambientes de corrosividade e exemplos de ambientes, vem contribuir para escolha de um sistema adequado de proteção anticorrosiva.

1.3 Proteção da estruturas

Atuais construções metálicas em aço não são tão facilmente destruídas pelo fogo e pela ação da corrosão, entretanto, um dos pontos importantes nos projetos é reduzir o risco de incêndio e a degradação, caso um destes fatores ocorram, os projetos conciliados as especificações técnicas tende em aumentar o tempo de início de deformação da estrutura, conferindo, assim, maior segurança nas construções industrializadas.

Para atender este requisito, a escolhas de sistema de proteção contra corrosão e incêndio na estrutura metálica deve ser sempre definido na fase de concepção do projeto, visando o seu ambiente de exposição previstos nas atuais normas de classificação de intemperismo e de segurança contra incêndio, em geral, levando em consideração em um incêndio a temperatura crítica no qual o aço perde uma proporção significativa de sua resistência mecânica ou atinge o seu estado limite de deformação ou de tensões, ou seja, uma temperatura que representa uma condição de falha, que pode ocasionar o colapso da estrutura. Usualmente, refere-se a um tempo de resistência ao fogo, ou seja, o tempo para que a temperatura crítica ou condições de falha seja alcançadas em um determinado tempo, estes requisitos são

estabelecidos pela NBR 14432 sendo válida para todo o Brasil porem, e valido verificar a existência de algum regulamento local específico e exigências do Corpo de Bombeiros. [5]

Dependendo do tipo de estrutura, sua localização e sua utilização os revestimentos contra incêndio podem e devem trabalhar em conjunto com revestimento anticorrosivo, a fim de garantir melhor desempenho e vida útil da estrutura.

1.3.1 Revestimentos de proteção fogo

Na fase de projeto e especificações técnicas, é importante ter conhecimento do tipo de utilização da edificação e os tipos de materiais de armazenamento, são produtos celulósicos ou orgânicos.

Edificações com produtos celulósicos, possui queima mais branda atingindo cerca de 550 °C, após 20 a 30 minutos de incêndio. Logo os incêndios orgânicos podem alcançar temperaturas de 1000°C em menos de dez minutos e é conhecido como materiais de hidrocarbonetos. [6]

Casos em que as pinturas intumescentes não seja possível de ser aplicada nas estruturas tendo assim um revestimento contra a corrosão e incêndio; o projeto indica aplicação de revestimentos projetados ou rígido ao combate incêndio; importante considerar que a estrutura deve ser protegida contra a corrosão.

Trabalhar com dois sistemas protetores é uma opção deve ser considerada na fase de projeto, onde as tintas com base resina acrílica, pode ser uma solução indicada para residências e escritórios e as tintas à base de epoxídicas, para incêndios de hidrocarbonetos, estes revestimentos devem ser aplicados antes da proteção contra incêndio, como demonstrado no tabela 01.

Tabela. 01 - Ação das tintas em trabalho conjunto com proteção contra incêndio.

Tipo de Incêndio	Temperatura	Tipo de combustão	Tinta anticorrosiva
Celulósico	$\leq 550\text{ }^{\circ}\text{C}$	Papel, Plástico; Tecido; Madeira;	Resina acrílica
Orgânico	$\leq 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$	Refinarias; Plataforma; Combustível	Base de epóxi.

1.3.2 Revestimentos de proteção ao intemperismo

Aplicação de revestimento protetores constitui o meio proteção anticorrosiva mais usual para as estruturas de aço. Os revestimentos de proteção se integram entre si, com várias camadas compatíveis, conforme ilustrado na figura 01. O aço não ligado é habitualmente revestido com revestimentos metálicos, por exemplo os revestimentos a base de zinco ou zinco e alumínio, ou com revestimentos orgânicos (tinta e vernizes) ou, mesmo, com revestimentos mistos, constituídos por revestimentos metálicos e orgânicos. Desde que sejam respeitados os períodos de manutenção, geralmente a durabilidade de um revestimento misto é superior à soma da durabilidade de cada um dos revestimentos, uma vez que se beneficia de um efeito sinérgico entre eles. A norma ISO 12944-5 [3] sistematiza os esquemas de proteção

anticorrosiva por pintura aplicáveis a estruturas de aço, servindo de suporte à seleção dos esquemas de pintura.

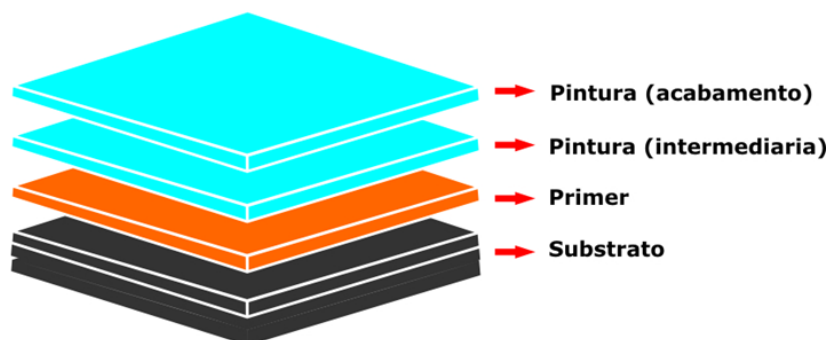


Figura 01 – Compatibilização do sistema de pintura orgânica, aplicado em substrato metálico.

Para se ter um desempenho otimizado no sistema de proteção das estruturas metálicas é essencial considerar na fase de elaboração das especificações as seguintes etapas:

- Ponderação nos requisitos do revestimento;
- Seleção do sistema de proteção mais adequado às condições ambientais específicas;
- Avaliação do projeto da estrutura para otimizar a aplicação e desempenho do revestimento;
- Adequação do revestimento às técnicas de fabricação ou inverso;
- Elaboração de especificações claras e inequívocas;
- Controle de qualidade dos materiais especificados e fornecidos;
- Inspeção de todas as fases do processo de aplicação do revestimento;

As especificações técnicas devem ser elaboradas por especialistas, tendo bom conhecimento e compreensão das tecnologias envolvidas nos sistemas de proteção, também deve ser realizado um registro adequado e detalhado dos procedimentos de aplicação do revestimento, de modo a ser possível avaliar o desempenho e durabilidade dos esquemas de pintura ou revestimentos protetores ao longo de seu tempo. Este tipo de informação é válido para avaliar possíveis falhas prematuras do sistema de proteção ou qualquer outro problema relativamente à sua aplicação ou desempenho, além de ser uma ferramenta importante na seleção futura de revestimentos protetores adequados.

A definição para aplicação do esquemas de pintura como revestimento protetor, existem diversas normas que devem ser respeitadas e aplicadas por especialistas familiarizados com as tecnologias envolvidas em todo o processo desde a fabricação, preparação e aplicação do revestimento, onde podemos citar:

- Camada depositada no nível atômico – átomos, moléculas, ions, agrupamentos;
- Camada consiste de líquidos ou partículas sólidas – materiais com espessuras maior igual a 10 micras;
- Materiais líquidos ou sólidos aplicados com camadas por imersão;
- Camadas de material disperso, são aplicados por meio de dispersão de partículas;

As inspeções e ensaios são essenciais para garantir que todos os requisitos das especificações do revestimento são atendidas; sendo que o controle de qualidade aplicado em todo o processo de aplicação do revestimento, é possível atingir um bom desempenho do sistema aplicado.

1.4 Esquemas de pintura e proteção

Os esquemas de pintura, é um documento que fornece diversas informações importantes que complementa os projetos executivos, ele estabelece os locais onde vão receber a pintura e o tipo de produtor e seu controle.

É um documento que define a proteção das estruturas contra ação da corrosão ou de um incêndio é normalmente assegurada pela aplicação de várias camadas de tinta, cada uma com um papel específico, formando um revestimento orgânico de proteção. As camadas de tinta deve ter diferentes cores para facilitar a sua identificação e são definidas pela ordem de aplicação ao substrato, nomeadamente: camada primaria (1º camada), a(s) camada(s) intermediaria(s) (qualquer camada de tinta entre o primário e a camada de acabamento) e a camada de acabamento (camada final).

A tinta é normalmente constituída por ligantes, pigmentos, cargas, aditivos, solventes e diluentes, estando os últimos dois sempre presentes nas tintas líquidas. Geralmente, o nome da tinta é dado pelo ligante, tinta epoxídica, tinta de poliuretano, tinta alquídica, tinta acrílica, tinta intumescente. A formulação da tinta deve ser equilibrada em termos dos seus constituintes, para que o revestimento por pintura cumpra todos os requisitos e propriedades específicas. As condições de aplicação e o uso de métodos de aplicação apropriados contribuem de forma relevante para o sucesso dos esquema de pintura selecionado, pelo que deverão ser objeto de controle.

Esquema de pintura com uma proteção eficaz contra a corrosão deve ser aplicável sob o conjunto especificado de condições; a secagem e cura e deve ser feita dentro do limite especificado, aderir eficazmente ao substrato metálico; fornece um revestimento com propriedade adequadas, cumprir os requisitos de decoração, e cumprir a durabilidade especificada. Na figura 02, temos um esquema de pintura final onde são definidos os requisitos de identificação de cor, complementa demais especificações dos materiais aplicados.

Esquema de pintura del parque vehicular del Sistema de Transporte Colectivo-Metro de la Ciudad de México



Figura 02 – Esquema de pintura onde são definidos os parâmetros finais de acabamento. Fonte: Wikipédia – Esquema de pintura - acesso março 2019.

A tinta primária aplicada ao substrato deve possuir características de cobertura da superfície do aço, proporcionando uma boa aderência ao substrato e uma proteção anticorrosiva, ao mesmo tempo que originam uma boa base de aderência as tintas subsequentes. As camadas de tinta intermediárias é utilizada para aumentar a espessura geral do esquemas de pintura. O acabamento deve apresentar boas características de resistência aos fatores ambientais, como os raios ultravioleta do sol, resistência à abrasão e proporcionar uma acabamento decorativo, quando especificado.

O esquemas de pintura elaborados pelos engenheiros e especialistas, utilizam como referência os catálogos dos fabricantes de tintas e a Norma ISO 12944; tendo como referência uma durabilidade média de 5 a 15 anos ou alta maior que 15 anos, conforme norma, estabelece uma estimativa de vida útil para o esquema especificado anticorrosivo. Porém este revestimento pode ser compatíveis e trabalha em conjunto com revestimento de combate a incêndio, dependendo do sistema escolhido podendo elevar a durabilidade de proteção da estrutura.

Entende-se que durante este período, deverão ser realizadas as manutenções preventivas de pintura. Logo nestes casos não há como estabelecer um padrão, de intervalos para realização de intervenções, podem depender de alguns fatores, como:

- localização do equipamento ou da estrutura (agressividade do ambiente);
- condições de trabalho do equipamento ou da estrutura;
- taxa ou porcentagem de corrosão, antes de se estabelecer as intervenções.

Modo geral os esquemas de pintura vão subsidiar também a equipe de manutenção, podendo assim prever as inspeções rotineiras e anuais, avaliando o estado do revestimento aplicado com execução de ensaios de desempenho, caso necessário intervir na correção dos pontos localizados de corrosão, quando ocorrer.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Escolha do tratamento da superfície

A corrosão e o desgaste são os principais mecanismos de solicitações deve ser conhecidos na aplicação adequada do revestimento protetor nas estruturas, estes requisitos devem ser considerados e aplicados nos esquemas de pintura.

Toda interação entre o esquema de pintura e a escolha do revestimento protetor deve ser conhecida seja de caráter, mecânico, térmico, químico, eletroquímico e meio ambiente. As características à serem desempenhadas e atendidas pela superfície devem de cumprir as seguintes funções:

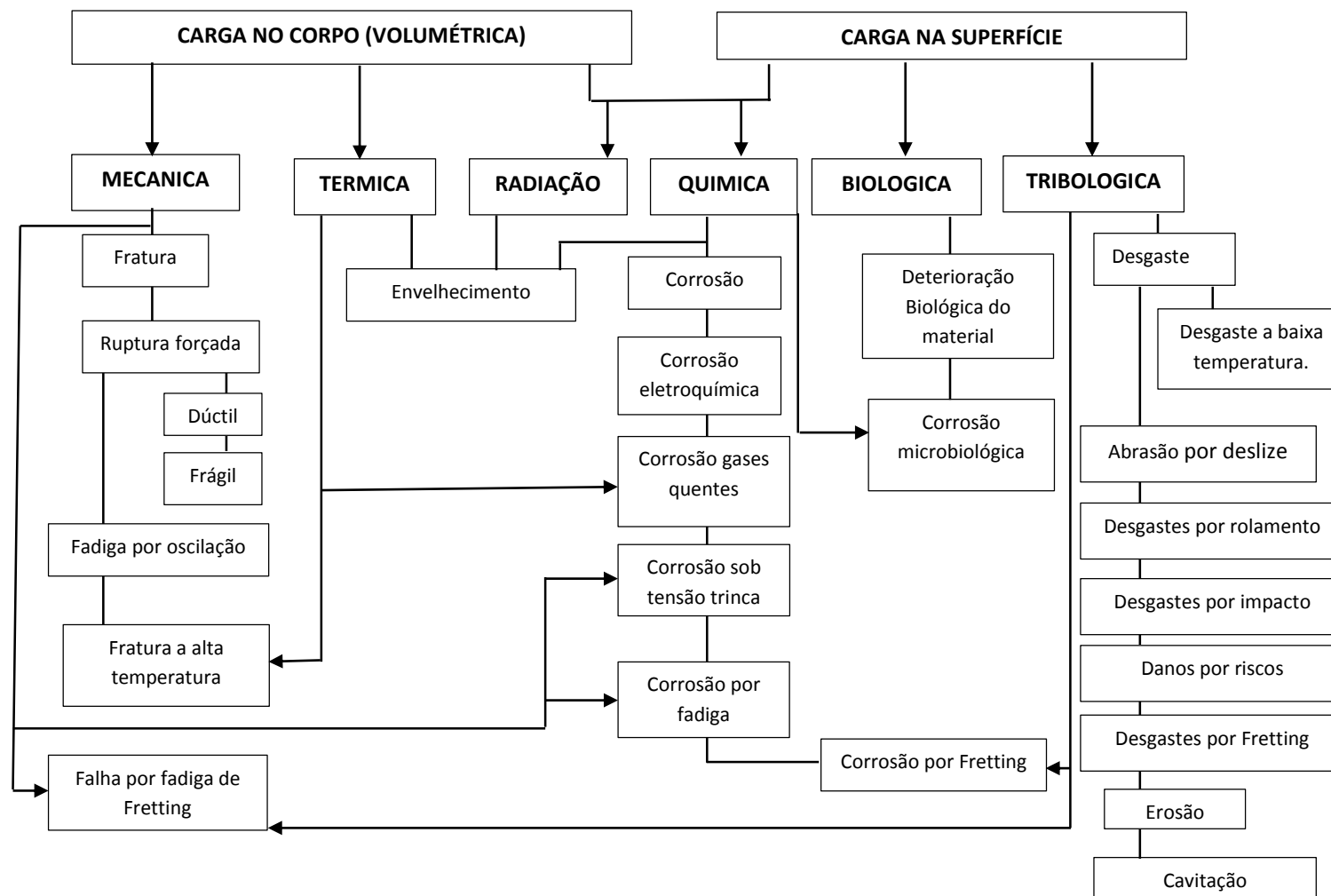
- Resistência a corrosão;
- Resistência ao desgaste;
- Necessidades tribológicas;
- Necessidades óticas;
- Necessidade de acabamento (aparência);
- Junções de interfaces;
- Comportamento magnético e isolante (blindagem);
- Condução de eletricidade.

A correta determinação dos requisitos da superfície a ser protegida, é fundamental para o atendimento das condições de trabalho em um projeto e o tipo de uso da estrutura.

Na fase de projeto o engenheiro especialista deve de levar em considerações os esforços a qual a peça vai ser submetido no seu tempo de vida útil de projeto e de vida. Logo os principais esforços aplicados nas peças de uma estrutura devem ser levada em conta na elaboração dos projetos e especificações técnicas.

Na figura 03, pode ser observado os diversos fatores que contribuem na escolha do tipo de revestimento vai ser aplicado em uma determinada peça ou estrutura.

Figura 03 – Principais esforços aplicados nas peças receberão revestimento protetor. – Fonte: W. Tillmann; E. Vogli



A seleção do revestimento protetor para proteção contra a corrosão e incêndio nas estruturas deve-se ponderar as vantagens e desvantagens de ambos os tipos de revestimento e materiais disponíveis no mercado, visando o seu custo e benefícios do sistemas protetores, trabalhando de forma individual ou em conjunto.

2.2. Seleção do revestimentos protetores anticorrosivo

Na fase de projeto deve de ser levado em conta os fatos importantes e ser verificados na seleção dos revestimentos de proteção, o tipo de estrutura e a sua importância, estabelecer o tempo de vida desejável; a caracterização ambiental; o macro e microclimas, a durabilidade exigida; o desempenho do revestimento e o seu custo. Particularmente, a temperatura e humidade ambiental são muito importantes devido à influência no desempenho e durabilidade do revestimento durante e após sua aplicação.

Devem ser aplicados revestimentos com elevada resistência em ambientes agressivos, enquanto revestimentos menos resistentes são satisfatórios para ambientes moderados, pois são normalmente mais baixo o custo. Exemplo de aplicação de sistema de proteção de custo mais elevado ilustrado nas figura 04 e 05, onde desempenho da tinta deve de atender diversos fatores climáticos, resistências mecânicas térmicas entre outros.



Figura 04



Figura 05

Figura 04 – Aplicação das camadas de tinta fundo, intermediária e acabamento. Figura 05 – Revestimento protetor aplicado em estrutura onde temos diversos esforços aplicados nas peças do avião. Fonte: Site AkzoNobel – Fevereiro 2019.

Acessibilidade e requisitos gerais para manutenção do revestimento também são importantes e devem ser considerados. Se o acesso é difícil e dispendioso, o revestimento de proteção deve possuir uma maior durabilidade. Os intervalos de tempo entre ações de manutenção também podem influenciar na seleção de um revestimento sem requisitos de aplicação demasiados complexos. A exigência de um padrão elevado ou baixo depende da importância da estrutura e é muito relevante. A aparência também pode ser determinante em algumas situações porque pode ser especificado um tipo de acabamento, que poderá afetar a periodicidade da manutenção.

Fator de grande importância na seleção do revestimento protetor é o seu custo. Este custo compreende os custos iniciais e de manutenção, durante a vida prevista para a estrutura. Dificilmente é possível avaliar corretamente o custo da manutenção de uma estrutura porque ao longo de sua vida pode ocorrer mudanças que influenciam estes valores, diretamente e indiretamente; como por exemplo, a utilização da estrutura, o ambiente de exposição ou as tecnologias de revestimentos disponíveis.

Os principais custos devem ser considerados na escolha do revestimento protetor, e a sua preparação de superfície, o material de revestimento, a aplicação do revestimento e outras despesas gerais. Estas despesas abrangem a utilização de ferramentas e equipamentos específicos, supervisão, administração, fiscalização e demais valores referente energia, manutenções entre outros.

Custo da preparação da superfície depende essencialmente do estado da superfície e do grau de preparação, que está relacionado com o tempo dispendido. Os valores dos revestimentos obtidos por aplicação de esquemas de pintura são determinados através da espessura da película de tinta seca e área de cobertura. Os custos dos revestimentos galvanizados por imersão a quente são normalmente especificados por peso/unidade de área e os custos dos revestimentos protetores projetados termicamente são determinados pela espessura do revestimento.

O valor da aplicação à pistola sem ar, pistola com ar comprimido, rolo e trincha, as perdas de tinta na aplicação são aproximadamente 30% no caso da utilização da pistola com ar e de 5% para o rolo e trincha. O custo é influenciado também pelo tipo de tinta selecionado, sendo que as tintas alquídicas apresentam normalmente custos 15-20% inferiores aos das tintas de dois componentes. Finalmente, devem também ser considerados outros custos inerentes a utilização do revestimento por pintura como por exemplo uso de equipamentos de proteção. [8]

Seleção comparativo entre a seleção de esquemas de pintura e revestimentos metálicos pode ser verificado na tabela 02.

Tabela 02 – Comparação entres esquemas de pintura.

Esquema de pintura		Revestimento metálico	
Vantagens	Geralmente, a aplicação é fácil; A aplicação dos diferentes tipos de revestimento ao aço é mais simples. O equipamento necessário à pintura é adquirido facilmente. Não temos limites na dimensão ou tipo de estruturas. Ao contrário dos revestimentos metálicos; proporcionam boa resistência em condições ácidas e podem cumprir com diversos requisitos devidos à disponibilidade de uma ampla gama de produtos e cores.	Desvantagens	Quando é necessário pintura adicional, a aplicação no revestimento metálico pode ser complicada. Na galvanização por imersão a quente, existem limitações nas dimensões permitidas para fabricação e na disponibilidade de plantas de galvanização (tanques de imersão) Se não for aplicada proteção adicional, os revestimentos metálicos normalmente desenvolvem uma aparência fosca e pouco agradável com o tempo. Quando necessário soldar depois da aplicação de um revestimento metálico ou quando ocorre danos graves, e difícil atingir um padrão de proteção idêntico ao resto da estrutura, nessas zonas temos diferenças de tonalidade.
	A aplicação é suscetível a muitos erros quando a mão de obra tem pouca qualidade. Logo, devem ser adaptados os procedimentos e adequados junto com o controle de qualidade. A vida esperada é muitas vezes difícil de prever, mesmo quando estão disponíveis normas e especificações.	Vantagens	Sua aplicação é simples e facilmente controlada; A especificação é mais simples devido às normas disponíveis e ao maior nível de certezas quanto ao desempenho. A durabilidade é mais fácil de prever e dificilmente ocorrem falhas prematuras; Maior resistência à abrasão é aproximadamente 10 vezes superior, ou mais, aos esquemas de pintura convencionais. Em caso de danos, a corrosão ataca preferencialmente revestimento metálico, em vez do aço estrutural. É possível um revestimento espesso nas bordas.

2.2. Seleção de revestimento para proteção passiva contra incêndio

A proteção passiva contra incêndio isola a estrutura de aço do incêndio, materiais disponíveis podem ser aplicados nas estruturas são divididos em três grupos: projetados, materiais rígido ou semirrígidos e tinta intumescentes. [9]

Estes materiais são muito aplicado nas estruturas metálicas, visa minimizar ou retardar o efeito deletérico sobre o aço, sob ação do fogo, salvaguardando, tanto quanto possível vida e patrimônio da edificação em uma situação de incêndio.

2.2.1 Sistema com tinta intumescente.

Revestimento composto de tinta intumescente ou ignífuga, aplicada sobre uma base de epóxi compatível com o sistema e um acabamento denominado *top coat*, que funciona como uma camada protetora do revestimento, fornecido na cor branca ou em outras cores sob consulta. As espessuras da tinta podem variar de 300 a 5700 micras, de acordo com as especificações de projeto e fator de forma do perfil a ser protegido.

Os três materiais trabalham em conjunto com uma proteção anticorrosiva, porém a tinta intumescente foi desenvolvida como um gatilho que dispara uma reação em cadeia cuja sua característica é a sua expansão volumétrica. Ao se inchar, forma-se uma camada que reduz durante certo tempo, a velocidade de transferência de calor entre o ambiente e a estrutura que ela recobre.

Este material tem a propriedade de permanecer inerte em baixas temperaturas e começa a gerar uma camada carbonizada de materiais de baixa condutividade térmica quando a temperatura ambiente atinge o patamar de 200 °C a 230 °C. Nessa temperatura o aço ainda está em toda a sua resistência original resguardada, pois suas propriedades mecânicas não são afetadas até temperaturas próximas de 400°C.

2.2.2 Sistema com manta de fibra cerâmica

Revestimento com manta fibra cerâmica, fixada com pinos de ancoragem. O agente isolante é resistente até temperaturas de 1760°C, material inorgânico, possui classificação zero de propagação de fumaça e chama. As espessuras podem variar de 12 a 100 mm, de acordo com projetos e fator de forma do perfil a ser protegido. Neste sistema válido dependendo da classificação do ambiente e uso da estrutura ter pintura anticorrosiva.

2.2.3 Sistema com argamassa projetada

Produto composto de gesso, fibras de celulose e cargas inertes, utilizando uma bomba específica pressurizada e equipamentos apropriados para mistura do catalisador no bico de injeção. Apresenta baixo peso específico (4:1), boa resistência a danos mecânicos e alta aderência sobre superfícies de aço o que impede qualquer desagregação futura do material; tem acabamento texturizado tipo chapisco grosso e dispensa o uso de pinos, telas ou pimer

para sua ancoragem, não apresenta desenvolvimento de fungos ou bactérias, não está sujeito a erosão por corrente de ar, não retém água em contato com superfície de aço e após a cura, aproximadamente 14% da água agregada em forma de cristais, sendo que o restante evapora durante a cura, previsto em aproximadamente 28 dias. Sua espessura varia de 10 a 75 mm, conforme especificações de projeto e fator de forma dos perfis.

Este sistema não funciona como proteção anticorrosiva e requer superfícies isentas de corrosão solta, para garantir boa ancoragem do sistema. Seu controle de aplicação deve ser rigoroso para atender as especificações do fabricante.

2.2.4 Sistema de painéis de lã de rocha basáltica

Este sistema pode ser fornecido com acabamento aluminizado ou vinil, empalados a pinos de aço com arruelas, porem no sistema caixa. Sua espessura pode variar de 25 a 100 mm, conforme especificações de projeto e fator de forma do perfil. Pouco aplicado devido custo do produto e mão de obra especializada.

2.2.5 Sistema de painéis rígidos

Constituído por chapas de fibro de silicato autoclavado, medindo aproximadamente 1,25 x 2,5 m, fixadas com parafusos especiais ou por grampeamento. Este sistema pode ser aplicado em estrutura metálicas aparentes e confinadas, tem superfície lisa aceitando acabamento com tintas anticorrosivas. Sua aplicação é do tipo caixa, contornando as extremidades dos perfis a serem protegidos. Sua espessura variam entre 8 a 100, conforme projetos e fator de forma dos perfis.

2.3. Controle de qualidade

Os sistemas de pintura por ser mais usada e aprovadas tecnicamente, necessitam de criteriosos estudos para escolha do esquema de pintura mais adequado para as instalações ou equipamentos a serem protegidos.

Especificar o tipo de revestimento protetor nas estrutura, demanda de consulta de normas e procedimentos executivos específico, os ingredientes usados no revestimento são caracterizados como material polimérico, onde sua maioria é de origem orgânica, onde se enquadram dentro de várias classificações diferentes, quais sejam, tintas, vernizes, esmaltes, lacas e gomas. Estes produtos são aplicados para combate a corrosão e incêndio nas estruturas.

A proteção térmica dos elementos estruturais de aço (proteção passiva) é o meio mais comum de se proteger o aço contra o incêndio. Vários são os materiais utilizados com esta finalidade, tais como as argamassas projetadas, tintas intumescentes, mantas cerâmicas ou de lã de rocha basáltica, gesso acartonado e outros, nas figura 06 e 07 pode observar dois tipos de proteção aplicado em estruturas metálicas.



Figura 06 – Instituto cultural Itaú - Pintura Intumescente.

Figura 07 – Vigas metálicas com argamassa projetada.

Para se ter o bom desempenho destes produtos aplicados nas estruturas, o controle de qualidade é um dos itens de grande importância visando a funcionalidade do revestimento aplicado. Usualmente para verificar o revestimento protetor aplicado em uma estrutura ou peça, é empregado a verificação da espessura da película de tinta seca e aderência, são classificados como ensaios não destrutivos e destrutivos. A opção pelo método de controle mais adequado depende da natureza do substrato, necessidade de utilização da peça após a medição, tipo de revestimento a ser medido, geometria da peça, dentre outros fatores importantes para se conseguir a qualidade desejada e o atendimento ao tempo de vida útil previsto em projeto. [9]

De acordo com os critérios de projeto e especificações técnicas, seja previstos não apenas os ensaios de espessura e aderência, é preciso também realizar por amostragem ensaios físicos e visuais durante as diversas etapas de aplicação do produto protetor como:

- a. Condições do substrato;
- b. Espessura da camada aplicada;
- c. Densidade do material aplicado;
- d. Aderência do produto aplicado;
- e. Condições de aplicação do revestimento;
- f. Inspeção visuais;

Estas inspeções devem ser realizadas por inspetores ou engenheiros com treinamentos e com experiência no manuseio dos equipamentos, e na elaboração de relatórios técnicos específicos seguindo recomendações normativas e especificações do projeto.

Todos os materiais aplicados nas estruturas e equipamentos deve ter certificado de qualidade correspondente ao boletim técnico do fabricante. Certificados de qualidade deve ser emitidos pelas respectivos produtores do produto respeitando as suas respectivas normas de controle de qualidade.

A comprovação dos materiais aplicados podem ser ensaiados em laboratórios reconhecidos, de acordo com as normas técnicas nacionais ou, na ausência destas, de acordo com normas ou especificações estrangeiras internacionalmente reconhecidas.

Para os ensaios de acompanhamento durante a aplicação do revestimento protetor o prestador de serviço deve apresentar relatório referente dos trabalhos realizados tanto em fabrica como em campo. A NBR 14847 - Inspeção de serviços de pintura em superfícies metálicas[10]; estabelece parâmetros de controle devem ser respeitados e informados em uma inspeção, tais como:

- a) identificação do equipamento, instalação ou estruturas;
- b) referência à especificação e projetos utilizados para os serviços de pintura.
- c) identificação dos instrumentos de controle de qualidade e de seus certificados de calibração e aferição;
- d) indicação da data de início e término de cada etapa do serviço realizado;
- e) identificação da empresa aplicadora;
- f) identificação do grau de oxidação, do grau de tratamento, do perfil de rugosidade e do método de tratamento utilizado, como por exemplo: tratamento com jateamento abrasivo, mecânico, manual, químico ou hidrojateamento;
- g) identificação do abrasivo, quando aplicável;
- h) identificação das tintas, argamassa projetada; boletim técnico, nome comercial, fabricante, diluente, lote, data de fabricação e prazo de validade, método de aplicação, número de demãos, intervalo entre de mãos, espessura da película seca por demão, aderência e cor;
- i) identificação do equipamento e aplicação das tintas;
- j) identificação do resultado do ensaio de descontinuidade, quando especificado;
- k) nome do inspetor e data.

Este controle pode ser aplicado tanto para os revestimento protetores anticorrosivos como na proteção contra incêndio, resumo dos principais ensaios são apresentado nas tabelas 03 e 04; visam complementar as especificações técnicas e são indicados para controle de qualidade nas obras.

Tab. 03 - Principais ensaios de acompanhamento do revestimento protetor aplicado nas estrutura metálica frente a corrosão.

Propriedades	Pintura de fundo	Pintura acabamento	Especificação Recomendada	Método de Ensaio	Local ensaio.
Limpeza de superfícies de aço	Conforme Projeto e classificação ISO 12944 e SIS 055900	Conforme Projeto e classificação ISO 12944 e SIS 055900	Após limpeza não ultrapassar 12 horas. SA 2 ½ ou SA 3	Ensaio Visual conforme SIS 055900	Fabrica ou obra
Determinação da espessura de película seca	Conforme Projeto e classificação ISO 12944	Conforme Projeto e classificação ISO 12944	B (Baixa) 2 a 5 anos M (Media) 5 a 15 anos A (Alta) acima de 15 anos	NBR 10443	Fabrica ou obra
Determinação de aderência	Corte X - película seca maior ou igual a 70 micra	Corte X- película seca maior ou igual a 70 micra	Película de tinta seca maior ou igual a 70 micra	NBR 11003	Fabrica ou obra
Determinação de descontinuidades em revestimentos anticorrosivos aplicados sobre substratos metálicos	Conforme indicações de projeto e nas regiões de Stripe Coats [11].	Conforme indicações de projeto e nas regiões de Stipe Coats [11].	Espessura de tinta seca de 300 micra a 500 micra	NBR 16172	Fabrica ou obra
Inspeção de serviços de pintura em superfícies metálicas	Acompanhamento visual	Acompanhamento visual	Indicações de projeto e especificações técnicas	NBR 14847	Fabrica ou obra.

Tab. 04 - Principais ensaios de acompanhamento recomendados para proteção estrutura metálica frente ao fogo.

Propriedades	Argamassa projetada	Fibra Projetada	Especificação Recomendada	Método de Ensaio	Local ensaio.
Densidade Seca Média	240 kg/m ³	280 kg/m ³	240 kg/m ³	ASTM E605	Preparação em campo ou obra. Ensaio laboratório
Aderência ao substrato - Aço	16,2 kPa	15,9 kPa	9,6 kPa	ASTM E736	Ensaio no campo ou obra
Compressão, 10% Deformação Max.	68,9 kPa	85,7 kPa	57 kPa	ASTM E761	Preparação em campo ou obra. Ensaio laboratório
Erosão ao ar 24 km/h	0 g/m ²	0 g/m ²	Max. 0,05 g/m ²	ASTM E859	Preparação em campo ou obra. Ensaio laboratório
Corrosão	Não contribuir	Não contribuir	Não contribuir	ASTM E937	Preparação em campo ou obra. Ensaio laboratório.
Impacto – Aderência	Não delaminar ou desprender	Não delaminar ou desprender	Não delaminar ou desprender	ASTM E760	Preparação em campo ou obra. Ensaio laboratório.
Deflexão	Sem trincas ou delaminação	Sem Trincas ou delaminação	Sem trincas ou delaminação	ASTM E759	Preparação em campo ou obra. Ensaio laboratório
Resistencia Fungos	Sem proliferação de fungos ou manchas	Sem proliferação de fungos ou manchas	28 dias em usos gerais 60 dias pleno.	ASTM G21	Preparação em campo ou obra. Ensaio laboratório

As execução dos ensaios indicados é um fator importante para fiscalização das obras de construção Civil, visando as manutenções e vida útil de projeto e de uso, sendo uma das áreas de atividade dos engenheiros civis e de outros técnicos cuja área de trabalho é a construção, tais como os fiscais de obras, os engenheiros de outras especialidades e os arquitetos entre outros [13].

A fiscalização das obras envolve diversas áreas temáticas, correntemente designadas por áreas funcionais, de que se destacam o controle de custos, o controle de prazos e o controle de qualidade, que representam as áreas mais importantes de trabalho das equipes de fiscalização e controle de qualidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A falta de preparo e conhecimento dos engenheiros e dos administradores, podem induzir na escolha errada ou impropria na utilização e na aplicação dos materiais poliméricos protetores, com a finalidade de prevenir processo de corrosão e combate a incêndio. Qualquer projeto deve de estar presente nas diversas etapas que garantam a qualidade exigida pelas normas e demais legislações vigentes. Porém este tipo de material muitas vezes se passa despercebido na elaboração do projeto e especificações, e quando o material vai ser empregado o executante não toma os devidos cuidados em preservar a sua qualidade. Sendo que estes materiais são comumente utilizados em todos os tipos de estruturas, como tubulações, divisórias, coberturas, residências, prédios, estações de metrô, trem, portos e aeroportos.

A escolha e a qualidade do revestimento protetor, são determinadas pelas suas características físicas e químicas, como a sua resistência à corrosão, porosidade, dureza, resistência ao desgaste, aparência, rugosidade, aderência, propriedades magnéticas, condutividade elétrica, tensão interna, espessura de camada, dentre outras.

A importância de especificar corretamente um procedimento e metodologias de aplicação de revestimento protetor tanto corrosivo como combate a incêndio, é um fator de grande importância na fase de elaboração dos projetos. A espessura de um revestimento protetor e sua qualidade aumentam com a melhoria destas características, tanto que esta medida é usada como parâmetros de controle de qualidade e testes de aceitação dos materiais revestidos.

Pode-se dizer que espessura de camadas de revestimento é um parâmetro importante e determinante para fabricantes e usuários, porém o controle de qualidade durante e após aplicação dos revestimentos protetores é fator de grande importância, deve de ser os mesmos cuidados quando na elaboração das especificações técnicas e projetos.

4 CONCLUSÃO

Os sistemas de proteção sendo definidos nas fases iniciais de projetos básicos, executivos e trabalhando com especificações técnicas claras e detalhadas e possível ter uma sinergia dos sistemas de proteção contra corrosão e combate a incêndio atuando de forma simultânea, melhorando a eficiência de proteção nas estruturas e garantindo melhor desempenho de vida útil de projeto e reduzindo trabalhos de manutenções corretivas.

Porém; a falta de conhecimento técnico das propriedades dos materiais que podem ser aplicados na proteção das estruturas metálicas visando proteção anticorrosiva e combate a incêndio induzem aos engenheiros e arquitetos que projetem e especifiquem de forma errada a proteção das estruturas, podendo levar a estrutura à perda de eficiência ou até mesmo ao seu colapso.



Aplicação da proteção anticorrosiva e incêndio, envolve procedimentos complexos e detalhados, que devem ser administrados cuidadosamente, para que sejam evitados futuros acidentes e perda desempenho nas estruturas em curto espaço de tempo.

As informações apresentadas tem como objetivo alertar e orientar todos os envolvidos no processo construtivo de uma edificação, verificando a qualidade e procedência dos materiais e serviços e não buscando apenas o menor preço de mercado.

Trabalhando com projetos e especificações claras e objetivas, o surgimento de falhas nas diversas etapas de aplicação dos revestimentos protetores, serão minimizados para que não ocorra futuros riscos, e com o passar do tempo os defeitos que pode se agravar; e comprometer a estrutura, podendo chegar até o seu colapso ou falha; logo todas etapas de trabalho sejam realizados com critérios e segurança.

Agradecimentos

Agradeço Celso Ricardo, Diretor da empresa Tecnolirb Tecnologia em pintura, que incentivou na elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] ISO 9223:1992. Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of atmospheres – Classification.
- [2] NP EN 12944-2: 1999, Tintas e vernizes; Proteção anticorrosiva de estruturas de aço por esquemas de pintura – Parte 2. Classificação de ambientes.
- [3] M.J Correia; H. Pernetá; M.Salta - Sistema de Proteção contra corrosão das estruturas Metálicas – VIII Congresso de Construção Metálicas e Mista; 2011; 1 edição; pg. II-645 a II-655.
- [4] Maria J. Correia; Hugo Pernetá; Hugo Patrício – Guia técnico de recomendações para conservação de estruturas metálicas - VIII Congresso de Construção Metálicas e Mista; 2011; 1 edição; pg. II-621 a II-631.
- [5] Polícia Militar do Estado de São Paulo – Corpo de Bombeiros – Instrução técnica 08/2018 Segurança estrutural contra Incêndio;
- [6] Zenobi; Gabriel Esteban; Soares; Lucas Cesar Coelho - Seleção correta de tintas intumescentes para proteção contra fogo celulósico em projetos de construção civil em aço - Contribuição tecnocientífica ao Construmetal 2016.
- [7] ABNT NBR 14432:2001 - Exigência de resistência ao fogo de elementos de construção de edificações – Procedimento; 14 páginas;
- [8] Bayliss D.A. e D.H. Deacon; Steelwork Corrosion Control. 2nd ed; revised. London: Spoon Press, 2002;
- [9] R.B.R.S. Oliveira; A.L. Moreno Junior – Tinta Intumescente como revestimento de proteção ao fogo. – Revista Ibracon de Estruturas e Materiais - Volume 10, Number 1 (February 2017) p. 220 – 243;
- [10] Celia R. Tomachuk e Fernanda M Queiroz – Métodos não destrutivos utilizados para medir espessura de camada de revestimentos – Revista Tratamento de Superfície edição 34 – pag.168 – 173.

- [11] ABNT NBR 14847:2002 - Inspeção de serviços de pintura em superfícies metálicas – Procedimento – 5 páginas.
- [12] Alireza Bahadori - Essentials of Coating, Painting, and Lining for the Oil, Gas, and Petrochemical Industries; School of Environment, Science, and Engineering Southern Cross University, Lismore, NSW, Australia – 2015;
- [13] Ana Patrícia M. Cardoso – Procedimento de Controlo da Qualidade de Trabalhos de Pintura na Construção de Edifícios – Dissertação Mestre em Engenharia – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto FEUP – Fevereiro 2009.