

**VITALIANO J. COSTA, LDA.**  
equipamentos de pintura

Aceiro das Boiças • Qta. da Torre  
Cabanas • 2950-635 PALMELA  
Tel. Geral : 212 888 050  
Fax : 212 888 059  
Tel. Encomendas : 212 888 051  
e-mail: [geral@vitalianocosta.pt](mailto:geral@vitalianocosta.pt)  
site : [www.vitalianocosta.pt](http://www.vitalianocosta.pt)

## Informação Comercial

**Versão / Data:** 07/2017

**Título:** SELECÇÃO ESQUEMA DE  
TRATAMENTO ANTI-CORROSIVO

### COMO SELECIONAR UM ESQUEMA DE TRATAMENTO ANTI-CORROSIVO

Orientações sobre protecção anticorrosiva de estruturas de aço por esquemas de pintura de acordo com a ISO 12944. Recomenda-se a consulta das normas referidas.

#### 1. Como seleccionar o sistema de tratamento anti-corrosivo adequado

Seleccionar o sistema de protecção anticorrosiva de estruturas metálicas requer que uma variedade de factores seja tida em consideração para assegurar que, quer do ponto de vista técnico quer económico, seja encontrada a melhor solução. Para qualquer projecto, os factores mais importantes a considerar, antes da selecção dos produtos a aplicar, são os que se descrevem nos pontos abaixo

##### 1.1. Corrosividade ambiental

Ao seleccionar um sistema de protecção é fundamental apurar correctamente as condições a que as estruturas, instalações ou construções vão estar sujeitas quando operacionais. A fim de se estabelecer o efeito da corrosividade ambiental, é necessário ter em conta os seguintes factores:

- Humidade e temperatura (temperatura de serviço e gradientes térmicos)
- Presença de radiação UV
- Exposição química (por exemplo, uma exposição específica numa instalação química)
- Solicitação mecânica (impacto, abrasão, etc.)

No caso de estruturas enterradas, devem ser consideradas as características e o arejamento (presença de Oxigénio) do solo onde vão ser colocadas. A humidade e o ph do terreno, assim como a eventual exposição biológica a bactérias e microrganismos, assumem uma importância crítica. No caso de estruturas imersas, é também importante conhecer o tipo e a composição química da água.

A corrosividade do meio ambiente vai ajudar a determinar:

- o tipo de tinta a utilizar
- a espessura total do sistema de pintura
- a preparação de superfície exigida
- os intervalos de recobrimento, mínimo e máximo.

É de salientar que, quanto mais agressivo for o ambiente, mais rigorosa e cuidada deverá ser a preparação da superfície. Adicionalmente, torna-se ainda mais importante que sejam respeitados os intervalos de recobrimento entre as diversas demãos que compõem o sistema de protecção, incluindo retoques e reforços que sejam necessários.

Na Parte 2 da ISO 12944, são indicadas as classificações de corrosividade relativa a ambiente da atmosfera, do solo e da água. Trata-se de uma avaliação genérica, baseada no tempo de corrosão do aço carbono e do zinco. Não reflecte exposições específicas de natureza química, mecânica ou de temperatura. Contudo, a classificação indicada pela norma pode ser aceite como um bom indicador que deve ser tido em consideração na selecção global de sistemas de protecção para um determinado projecto.

A ISO 12944 distingue 6 categorias de corrosividade atmosférica:

C1	Muito baixa	C4	Alta
C2	Baixa	C5-l	Muito alta (industrial)
C3	Media	C5-m	Muito alta (marítima)

Na tabela seguinte descrevem-se, de forma genérica, exemplos das diversas categorias de corrosividade.

#### Categorias de corrosividade atmosférica de acordo com a Norma ISO 12944:

Categoria de corrosividade	Exterior	Interior
C1	-	Edifícios aquecidos com atmosferas limpas, por exemplo, escritórios, escolas, lojas e hotéis
C2	Atmosfera com baixo nível de poluição, principalmente áreas rurais	Edifícios não aquecidos onde pode ocorrer condensação, por exemplo, armazéns pavilhões desportivos.
C3	Atmosferas urbanas e industriais com poluição moderada de dióxido de enxofre áreas costeiras, com baixa salinidade	Salas de produção com humidade elevada e alguma poluição, por exemplo, instalações de processamento de alimentos, lavandarias fabricas de cerveja e lacticínios
C4	Zonas industriais e áreas costeiras com alta salinidade	Industria química, piscinas, estaleiros navais.
C5-l	Áreas industriais com humidade elevada e atmosfera agressiva.	Edifícios e áreas com condensação quase permanente e com alta poluição
C5-m	Áreas costeiras e "offshore", com alta salinidade	Edifícios e áreas com condensação quase permanente e com alta poluição

#### Categorias para estruturas imersas ou enterradas de acordo com ISO 12944:

Categoria de corrosividade	Ambiente	Estruturas de ambientes e estruturas
Lm 1	Água doce	Instalações de rio, centrais hidroeléctricas
Lm2	Água do mar	Áreas portuárias com estruturas, tais como portas de comporta, diques, estruturas de plataformas
Lm3	Solo	Tanques enterrados condutas de aço e vigas aço

## 1.2. Tipo de superfície a proteger.

Para se poder especificar um sistema de pintura adequado, é necessário conhecer os materiais de construção que vão ser utilizados, tais como o aço, o aço galvanizado (por imersão a quente), o aço metalizado (por projecção), o alumínio ou o aço inoxidável. A preparação da superfície, os produtos a aplicar (em particular, os primários) e a espessura total do sistema dependerão principalmente dos materiais de construção que se pretende proteger.

## 1.3. Durabilidade pretendida para o esquema de protecção.

Considera-se tempo de vida esperado de um sistema de protecção, o período que medeia entre a aplicação e a verificação da necessidade de uma grande manutenção por repintura. A ISO 12944 especifica uma ordem de três intervalos de tempo para classificar a durabilidade:

Baixa	2 a 5 anos
Media	5 a 15 anos
Alta	Superior a 15 anos

## 1.4. Planeamento do processo da aplicação.

Em qualquer projecto, o cronograma das várias fases de construção determina, desde logo, como e quando podem ser aplicados os sistemas de pintura. Deve ser dada especial atenção a fase de prefabricação, quando existem componentes a prefabricar tanto em oficina como em campo, e igualmente, aos diversos estágios de construção que vão sendo completados.

E indispensável planear os trabalhos de forma a que a preparação de superfície e o tempo de secagem/cura dos produtos, relativamente as condições de humidade e temperatura, sejam considerados. Do mesmo modo, se uma determinada fase da construção decorre em oficina, em ambiente controlado, e a fase seguinte tem lugar em obra, este aspecto vai condicionar os intervalos do recobrimento que terão que ser respeitados.

## 2. Preparação de superfície

### 2.1. Graus de preparação de superfície

Existem diversas normas e formas de definir graus de preparação de superfície, contudo este texto concentra-se nos que se descrevem em seguida.



**A) Graus de preparação de superfície, de acordo com a Norma ISO 8501-1**

<b>Graus de preparação primária de superfície obtidos com a decapagem por projecção de abrasivo</b>	
Sa 3	<b>Decapagem por projecção dos abrasivos ate aço visualmente limpo</b> Quando analisada a olho nu, a superfície deve amostrar-se livre de óleos, gorduras e sujidade, assim como de calamina, ferrugem, tintas e matérias estranhas. Deve apresentar uma cor metálica uniforme.
Sa 2 1/2	<b>Decapagem muito cuidada por projecção do abrasivo</b> Quando analisada a olho nu, a superfície deve amostrar-se livre de óleos, gorduras e sujidade, assim como de calamina, ferrugem, tintas e matérias estranhas <sup>1</sup> . Quaisquer vestígios de contaminação residual terão o aspecto de leves manchas na forma de pontos ou faixas
Sa 2	<b>Decapagem cuidada por projecção dos abrasivos</b> Quando analisada a olho nu, a superfície deve mostrar-se livre de óleos, gorduras e sujidade, assim como da maior parte de calamina, ferrugem, tintas e matérias estranhas. Qualquer contaminação residual deverá estar bem aderente
Sa 1	<b>Decapagem ligeira por projecção de abrasivos</b> Quando analisada a olho nu, a superfície deve mostrar-se livre de óleos, gorduras e sujidade, assim como de calamina, ferrugem. Tintas e matérias estranhas <sup>1</sup> pouco aderentes

**Notas:**

- O termo 'matérias estranhas' pode abranger sais solúveis em água e resíduos do processo de soldadura. Estes contaminantes nem sempre se conseguem remover na totalidade com decapagem por projecção de abrasivo, limpeza manual ou com ferramentas ou decapagem a chama; pode tornar-se e necessário recorrer a decapagem húmida por projecção de abrasivos.
- A calamina, a ferrugem e as tintas consideram-se pouco aderentes quando se levantam facilmente com uma espátula romba.

<b>Graus de preparação primária de superfície obtidos por limpeza manual e mecânica</b>	
St 3	<b>Limpeza manual e mecânica muito cuidada</b> Como para St 2, mas a superfície deve ser tratada com muito mais minúcia para se obter um brilho metálico.
St 2	<b>Limpeza manual e mecânica cuidada</b> Quando analisada a olho nu, a superfície deve mostrar-se livre de óleos, gorduras e sujidade, assim como de calamina, ferrugem, tintas e matérias estranhas pouco aderentes (ver nota em baixo).

Notas: o grau de preparação St1 não é incluído por corresponder a um nível de preparação que não é adequado a pintura

**B) Graus de preparação da superfície obtidos por decapagem com jacto de água a alta pressão.**

Os graus de preparação de superfície, quando utilizado o método de limpeza com jacto de agua a alta pressão, devem considerar não só o grau de limpeza mas também o grau de flor de ferrugem (ou ferrugem instantânea), uma vez que esta pode ocorrer naturalmente no aço acabado de limpar durante o período de secagem.

Há várias maneiras de classificar o grau de preparação das superfícies de aço depois de decapadas com jacto de água a alta pressão, mas neste texto foi considerada a Norma ISO 8501-4 (initial surface conditions, preparation grades and flash rust grades in connection with high pressure water jetting).

Esta norma distingue três níveis de limpeza (Wa 1 — Wa 2 1/2,) no que diz respeito a contaminantes visíveis a olho nu, tais como ferrugem, calamina, revestimentos por pintura anteriores e outras matérias estranhas.

<b>Descrição da superfície após limpeza</b>	
Wa 1	<p><b>Decapagem ligeira com jacto de água a alta pressão</b></p> <p>Quando analisada a olho nu, a superfície deve mostrar-se livre de óleos e gorduras, tinta pouco aderente ou em más condições, ferrugem solta e outras matérias estranhas. Qualquer contaminação residual deve encontrar-se dispersa aleatoriamente e firmemente aderente.</p>
Wa 2	<p><b>Decapagem cuidada com jacto do agua a alta pressão</b></p> <p>Quando analisada a olho nu, a superfície deve mostrar-se livre de óleos, gorduras e sujidade assim como da maioria da ferrugem, revestimentos por pintura anteriores e outras matérias estranhas. Qualquer contaminação residual deve encontrar-se dispersa aleatoriamente e pode consistir em revestimentos ou matérias estranhas desde que firmemente aderentes ou manchas de ferrugem existente previamente.</p>
Wa 2 1/2	<p><b>Decapagem muito cuidada com jacto de água a alta pressão</b></p> <p>Quando analisada a olho nu, a superfície deve mostrar-se livre de ferrugem, óleos, gorduras, sujidade, revestimentos por pintura anteriores e, com excepção de leves vestígios, de outras matérias estranhas. A superfície pode apresentar descoloração em zonas onde o revestimento original não se encontre intacto. A descoloração cinzenta ou castanha/negra, que se observar em aço corroído e com picadas, não se consegue eliminar prolongando a utilização deste sistema de limpeza</p>

<b>Descrição do aspecto da superfície relativamente a três graus de flor de ferrugem</b>	
L	<p><b>Flor de ferrugem ligeira (“light”)</b></p> <p>Uma superfície que, quando analisada a olho nu, apresenta pequenas quantidades de uma camada de ferrugem amarela/castanha, através da qual se consegue ver o substrato de aço. A ferrugem (vista como uma descoloração) pode apresentar-se com uma distribuição uniforme ou em manchas mas encontra-se firmemente aderente e não é facilmente removida pela passagem suave de um pano.</p>
M	<p><b>Flor de ferrugem media (“medium”)</b></p> <p>Uma superfície que, quando analisada a olho nu, exhibe uma camada de ferrugem amarela/castanha que obscurece o substrato de aço original. A ferrugem pode apresentar-se com uma distribuição uniforme ou em manchas mas encontra-se razoavelmente aderente e a passagem suave de um pano deixa-o ligeiramente marcado.</p>
H	<p><b>Flor de ferrugem elevada (“heavy”)</b></p> <p>Uma superfície que, quando analisada a olho nu, exhibe uma camada de ferrugem amarela avermelhada/castanha que obscurece o substrato de aço original e está pouco aderente. A camada de ferrugem pode apresentar-se com uma distribuição uniforme ou em manchas mas encontra-se razoavelmente aderente e a passagem suave de um pano deixa-o facilmente marcado.</p>

## 2.2. Tipos de superfície a proteger

### A. Superfícies de aço

Para se poder assegurar que os sistemas de pintura oferecem de facto uma protecção durável, e essencial proceder a uma preparação da superfície adequada antes da aplicação de qualquer revestimento por pintura. Por esta razão, o estado inicial do aço deve ser avaliado.

De um modo geral, as condições iniciais das superfícies de aço, antes da pintura, caem numa das três categorias seguintes:





- a) Estrutura do aço não revestido, sem pintura anterior
- b) Estrutura de aço protegida com primário de espera
- c) Estrutura de aço revestida com esquema do pintura que necessita manutenção

#### i) Estrutura de aço não revestido, sem pintura anterior

As superfícies de aço que nunca antes tenham sido revestidas podem encontrar-se cobertas, em maior ou menor escala, por ferrugem, calamina e outros contaminantes (poeiras, gorduras, sais solúveis, resíduos, etc.).

As condições iniciais em que se encontram essas superfícies estão definidas na Norma ISO 8501-1: 'Preparação de superfícies de aço antes da aplicação de tintas e produtos similares. Avaliação visual da limpeza de superfícies.

**Norma ISO 8501-1 identifica quatro tipos de condições iniciais para o aço A,B,C e D**

	Superfície de aço extensamente coberta com calamina aderente mas com pouca ou nenhuma ferrugem.
	Superfície de aço com início de enferrujamento e da qual começou a soltar-se calamina.
	Superfície de aço em que a corrosão já fez saltar na totalidade a camada de calamina mas todavia não apresenta corrosão por picadas visíveis a olho nu.
	Superfície de aço da qual já se desprende a totalidade da calamina e na qual se pode observar corrosão por picadas visíveis por olho nu.

As imagens abaixo mostram condições iniciais e graus de preparação de substratos de aço após preparação de superfície por decapagem com jacto abrasivo.



## ii) Estrutura de aço protegida com primário de espera.

A aplicação de primários de espera tem como principal objectivo a protecção temporária de chapas e componentes estruturais de aço durante o armazenamento ou na fase de prefabricação antes da aplicação do sistema por pintura final. São aplicados em espessuras muito baixas, normalmente entre 20-25  $\mu\text{m}$  e permitem operações posteriores de corte e soldadura.

As superfícies com primário de espera devem também ser preparadas antes da aplicação do esquema final de pintura, operação frequentemente designada como preparação de superfície secundária. Um primário de espera pode ter que ser parcial ou totalmente removido. Nesta fase da preparação de superfície devem ser considerados dois factores determinantes:

- a compatibilidade entre o primário de espera e o esquema de pintura final;
- o perfil de rugosidade obtido antes da aplicação do primário de espera e se é o adequado para o esquema de pintura final.

Recomenda-se que a superfície com primário de espera seja bem lavada com um detergente de base aquosa a 15-20 MPa e bem enxaguada posteriormente. Qualquer corrosão ou danos eventualmente provocados pelas operações de soldadura devem ser limpos de acordo com o grau de preparação de superfície recomendado pela Norma ISO 8501-1.

## iii) Estrutura de aço revestida com esquema de pintura que necessita manutenção.

O estado em que se encontram os esquemas de pintura que tenham sido aplicados anteriormente deve ser avaliado com todo o cuidado, determinando-se o grau de degradação de acordo com as normas. Esta avaliação deve repetir-se sempre que se proceda a trabalhos de manutenção para que seja apurado só o sistema anterior deve ser totalmente removido, ou apenas em parte. A Norma ISO 8501-2 define graus de preparação de substratos anteriormente pintados, no seguimento da remoção parcial localizada da pintura antiga e deve ser consultada para se definir qual o grau de preparação de superfície que vai ser necessário seguir.

**B. Superfícies de aço galvanizado, alumínio e aço inoxidável**

Em construção metálica, utilizam-se frequentemente outros metais que requerem procedimentos de preparação de superfície e esquemas de pintura adequados.

i) Aço galvanizado (imersão a quente)

Quando o aço galvanizado é exposto, formam-se, na superfície, substâncias que resultam da corrosão do zinco. Estas substâncias variam quer na composição quer na aderência ao substrato e vão influenciar o comportamento dos esquemas de pintura aplicados. De um modo geral, considera-se que a melhor altura para aplicar tintas sobre aço galvanizado é poucas horas após a galvanização, quando o zinco ainda está suficientemente puro, ou bastante mais tarde, quando já se encontra sazonado.

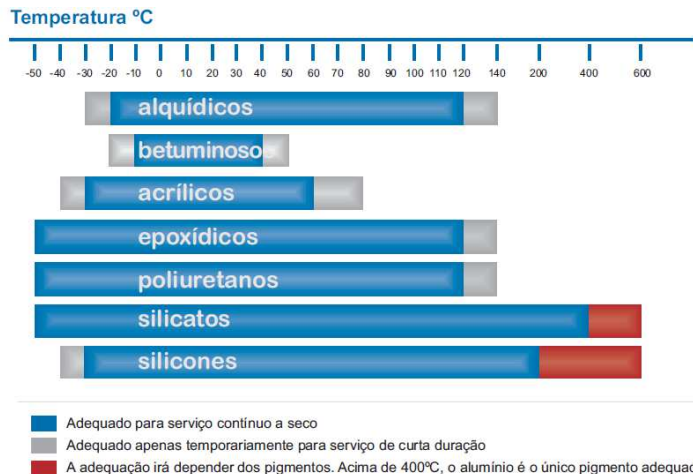
Nas fases intermédias, recomenda-se a remoção das substâncias resultantes da corrosão através de lavagem com um agente de limpeza alcalino, utilizado na diluição correcta. Normalmente, espera-se cerca de meia hora antes de se proceder a um enxaguamento cuidado com água, de preferência a alta pressão. Se necessário, combina-se a lavagem com uma acção mecânica, seja por escovagem com uma escova dura de nylon, com papel abrasivo ou com projecção de abrasivos como esferas de vidro ou areia. Nos esquemas de pintura a aplicar em ambientes de corrosividade reais baixa recomenda-se a aplicação de um primário especial de aderência. Nos casos de ambientes de corrosividade mais alta, a preparação das superfícies deve induzir um tratamento mecânico, de preferência decapagem por jacto com abrasivo mineral.

ii) Alumínio e aço inoxidável

As superfícies de alumínio e aço inoxidável devem ser limpas com água doce e detergente e depois cuidadosamente enxaguadas com água doce sob pressão. Para se obter urna melhor aderência do esquema de pintura, recomenda-se a utilização de escovas especiais ou a decapagem por jacto com abrasivo mineral.

**3. Temperaturas máximas de serviço**

As tintas apresentam diferentes resistências a temperatura, dependendo da sua natureza química e dos pigmentos que entram na sua composição. A resistência a temperatura dos diferentes tipos de tintas esta indicada abaixo.





#### 4. Definições Úteis

Na tecnologia dos revestimentos por pintura, existem diversos termos e conceitos que são muito úteis. Abaixo indicam-se alguns dos mais utilizados e que será conveniente conhecer quando se lida com revestimentos por pintura.

##### Volume de sólidos

O valor do volume de sólidos representa, em percentagem, a razão:

$$V_s(\%) = \frac{\text{espessura de filme seco}}{\text{espessura de filme húmido}} \times 100$$

##### Rendimento teórico

O rendimento teórico de uma tinta aplicada, numa dada espessura de filme seco, numa superfície lisa, é dado por:

$$\text{Rendimento teórico (m}^2\text{/litro)} = \frac{VS(\%) \times 10}{\text{espessura de filme seco } (\mu\text{m})}$$

##### Consumo prático

O consumo prático é calculado multiplicando o rendimento teórico por um factor de consumo considerado relevante. Este valor não é indicado nas informações técnicas de produtos porque depende de diversas condições externas, como:

##### Efeito ondulado da tinta

Quando a tinta é aplicada manualmente, a película não tem uma espessura completamente regular, apresentando, normalmente, um ligeiro efeito ondulado. Para que seja respeitada a regra dos 80/20, a espessura média aplicada será sempre ligeiramente superior a especificada. Isto significa que o consumo de tinta será superior ao calculado através do rendimento teórico.

##### Tamanho e forma da superfície

O rendimento teórico é calculado numa superfície lisa superfícies complexas e/ou de tamanho reduzido implicarão um maior consumo de tinta, principalmente se a aplicação for feita a pistola.

##### Rugosidade do substrato

Quando um substrato apresenta uma superfície especialmente rugosa, forma-se um 'volume morto' nas concavidades, que é necessário preencher e que vai afectar qualquer cálculo teórico. No caso dos primários de espera, que acompanham a irregularidade da superfície num filme muito fino, a rugosidade tem, como efeito prático, o aumento da área de aplicação e consequentemente o consumo prático.

##### Perdas físicas

Perdas físicas como restos de tinta que permanecem na embalagem, nas bombas ou nas mangueiras, tinta que excede o tempo de vida da mistura (produtos de dois componentes) e que já não pode ser aplicada, condições atmosféricas adversas (por exemplo vento), falta de competência do pintor, etc., vão contribuir decisivamente para um aumento do consumo prático.