

# DT-13

Treinamento Pintura Industrial  
com Tintas em Pó



Motores | Automação | Energia | Transmissão & Distribuição | Tintas

## Prefácio

Os revestimentos de superfície por pintura vêm sendo utilizados há milhares de anos, com um aumento gradual de seu consumo.

Apenas a partir do final do século 19 iniciou-se efetivamente uma indústria de pintura, surgida através da necessidade de proteção de máquinas e equipamentos que foram se desenvolvendo com o início da revolução industrial. A partir daí, sentiu-se a necessidade de não apenas decorar, mas principalmente proteger as superfícies.

O sucesso de uma tinta não depende exclusivamente de sua qualidade e características técnicas, mas também fundamentalmente, do estado e preparo das superfícies em que serão aplicadas. Acrescenta-se a isso o fato de que muitas pessoas que vão utilizar esses produtos apresentam um desconhecimento justificável, levando-os por vezes, a resultados pouco produtivos e inadequados para o fim a que se destina.

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>6</b>
1.1	Objetivos do curso sobre tintas em pó .....	6
1.2	Histórico da tinta em pó .....	6
1.3	Importância da pintura .....	7
<b>2</b>	<b>Corrosão</b> .....	<b>8</b>
2.1	Importância do estudo da corrosão .....	8
2.2	Tipos de processos de corrosão .....	9
2.2.1	Corrosão eletroquímica .....	9
2.2.2	Corrosão química .....	9
2.3	Classificação de processos corrosivos .....	9
2.3.1	Formas de corrosão .....	9
2.3.2	Mecanismo eletroquímico de corrosão .....	12
2.3.3	Corrosão galvânica .....	12
2.3.4	Corrosão eletrolítica .....	13
2.3.5	Corrosão sob atrito .....	14
2.3.6	Corrosão por aeração diferencial .....	14
2.3.7	Meios corrosivos .....	15
2.3.7.1	Classificação dos ambientes corrosivos .....	15
<b>3</b>	<b>Revestimentos protetores</b> .....	<b>17</b>
3.1	Revestimentos metálicos .....	17
3.2	Revestimentos não-metálicos inorgânicos .....	18
3.3	Revestimentos orgânicos .....	18
<b>4</b>	<b>Tratamento de superfície</b> .....	<b>19</b>
4.1	Graus de corrosão .....	19
4.2	Tipos de limpeza de superfície .....	20
4.2.1	Limpeza química .....	21
4.2.2	Limpeza mecânica .....	21
4.2.3	Desengraxe com solvente .....	21
4.2.4	Limpeza com jateamento abrasivo .....	21
4.2.5	Tratamento por deposição química .....	24
4.2.5.1	Fosfatização .....	25
4.2.5.2	Tratamento de superfície com nano cerâmico .....	30
4.3	Comparativo entre tratamento de superfície por imersão e spray .....	30
4.4	Sugestões simples de preparo de superfícies não ferrosas .....	31
4.5	Defeitos observados na superfície .....	33
<b>5</b>	<b>Práticas de projeto</b> .....	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>Tinta em pó</b> .....	<b>35</b>
6.1	Fatores econômicos da utilização das tintas em pó .....	35
6.1.1	Segmento de mercado / produto .....	37

6.1.2	Rendimento teórico das tintas em pó .....	37
6.2	Tinta em pó x tinta líquida .....	38
6.3	Classificação de tinta em pó .....	39
6.4	Composição básica das tintas em pó .....	39
6.4.1	Resinas.....	39
6.4.1.1	Resina Poliéster .....	39
6.4.1.2	Resina epóxi.....	40
6.4.1.3	Resina híbrida (epóxi + poliéster).....	40
6.4.1.4	Comparativo de desempenho entre os sistemas .....	40
6.4.2	Pigmentos .....	40
6.4.3	Cargas .....	41
6.4.4	Aditivos.....	41
6.4.5	Agente de cura .....	42
6.5	Estabilidade e armazenamento.....	42
6.6	Processo de fabricação da tinta em pó .....	42
7	Aplicação .....	45
7.1	Sistemas de aplicação de tinta em pó .....	47
7.1.1	Leito fluidizado simples (chapa pré-aquecida).....	47
7.1.2	Leito fluidizado eletrostático .....	47
7.1.3	Pistola eletrostática .....	47
7.1.3.1	Pistola eletrostática de efeito corona .....	48
7.1.3.2	Pistola eletrostática de efeito tribo .....	49
7.1.3.3	Comparativo entre sistema corona e tribo.....	50
7.2	Parâmetros de influência na aplicação de tintas em pó .....	50
7.3	Reaproveitamento do pó utilizado .....	56
7.4	Monovia.....	56
7.5	Suporte das peças.....	56
7.6	Manutenção do sistema pintura .....	57
8	Cura de tinta em pó .....	58
8.1	Estufa por irradiação .....	58
8.2	Estufa por convecção .....	59
8.2.1	Estufas estacionárias .....	59
8.2.2	Estufas contínuas .....	60
8.3	Mecanismo de formação da película .....	60
9	Problemas das tintas em pó .....	62
9.1	Problemas na aplicação das tintas em pó.....	62
9.1.1	Aterramento do sistema deficiente .....	62
9.1.2	Falta de tintas nas peças.....	62
9.2	Problemas após a aplicação.....	63
9.2.1	Deficiência de temperatura .....	63

9.3	Identificação das falhas .....	63
10	Controle de qualidade .....	68
10.1	Testes na tinta em pó.....	68
10.1.1	Análise granulométrica .....	68
10.1.2	Reatividade.....	68
10.1.3	Estabilidade (NBR 5830/76) .....	68
10.1.4	Fluidização.....	68
10.1.5	Peso específico.....	69
10.2	Testes na tinta em pó após a cura .....	69
10.2.1	Brilho (ASTM D-523-57).....	69
10.2.2	Embutimento (Norma DIN 53156) .....	69
10.2.3	Aderência (ASTM D-2197).....	70
10.2.3.1	Método de corte em grade .....	70
10.2.3.2	Método do corte em “X” .....	70
10.2.4	Resistência ao impacto (ASTM D 2794-1993) .....	71
10.2.5	Flexibilidade (ASTM D522- 93).....	72
10.2.6	Resistencia à umidade (ASTM D 2247- 94).....	72
10.2.7	Teste de resistência à névoa salina (“Salt Spray”) (ASTM B-117-64).....	72
10.2.8	Resistência a SO <sub>2</sub> (Kesternich) (DIN- 50018) .....	72
10.2.9	Imersão (ASTM D870/54) .....	73
11	Procedimentos de segurança e manuseio de tintas em pó .....	74
11.1	Equipamentos de proteção individual.....	74
11.2	Manuseio .....	76
12	Tintas em pó metálicas .....	77
13	Produtos especiais da WEG .....	80
13.1	Tintas em pó de baixa cura .....	81
	Referências bibliográficas .....	82

Autor: Luiz Henrique Kondlatsch, Seção de Serviço ao Cliente WEG Tintas Ltda.

Revisão: 06 – 03/03/2022.

Revisado por: Gabriela Nascimento

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Objetivos do curso sobre tintas em pó

Esta apostila tem como objetivo proporcionar a oportunidade de uma troca de informações com os profissionais da área de pintura visando uma ampliação de conhecimentos no que diz respeito a produtos, tratamento de superfícies, sistemas de aplicação, bem como principais problemas e suas correções. Também tem por objetivo:

- Orientar quanto aos tipos de tintas em pó e suas aplicações de acordo com suas características, de forma a viabilizar o seu uso correto.
- Orientar quanto à utilização de equipamentos, processos e condições que garantam a qualidade da aplicação do produto.
- Informar e dar suporte técnico para as pessoas que utilizam ou que estão em fase de mudança para a pintura a pó.

## 1.2 Histórico da tinta em pó

As tintas em pó surgiram nos Estados Unidos no final da década de 1950. Eram produtos relativamente simples, constituídos por misturas seca de resina epóxi sólida, pigmentos (cargas) e endurecedores. A dispersão era feita por meio de moinhos de bolas, conseguindo-se misturas homogêneas.

A aplicação era realizada por um processo denominado “leito fluidizado”, porém, devido à natureza heterogênea da tinta em pó, havia uma separação natural por peso e tamanho, fazendo com que a composição da mistura fosse sendo alterada à medida que a aplicação era efetuada.

A consequência disso era uma grande inconstância nos resultados do revestimento quanto ao aspecto visual (cor inconstante na aplicação e não reprodutiva de lote para lote).

Até então as tintas em pó não eram consideradas adequadas para efeitos decorativos, sendo utilizadas como isolantes elétricos ou revestimentos anticorrosivos, com espessuras acima de 200 micrometros.

Em 1964 foi introduzida a extrusora, como máquina de produção contínua, que ainda hoje é responsável pela totalidade da produção de tintas em pó.

A aplicação por “revólver” eletrostático foi iniciada em 1962 pela Sames. O contínuo aperfeiçoamento deste “revólver” resultou nos equipamentos que atualmente conhecemos: leves, facilmente operáveis, podendo ser automatizados. Somente então a indústria aceitou a ideia da tinta em pó ser “economicamente viável”.

Até meados da década de 70, os sistemas epóxi eram os predominantes e responsáveis por mais de 90% do total de tinta produzidos. Começaram a ser desenvolvidos outros sistemas de resinas: Poliéster, Híbrido (Epóxi / Poliéster) e Poliuretano.

Simultaneamente foram iniciados desenvolvimentos objetivando aplicações e usos específicos que demandaram tecnologias também específicas tais como: revestimentos em pó para oleodutos, revestimentos do tipo sanitários para aplicação em interiores de tambores destinados ao acondicionamento de sucos cítricos.

Observou-se que os sistemas a base de resinas epóxi apresentavam calcinação e um amarelamento quando submetidos à ação da luz solar, características

já conhecidas das tintas líquidas também a base de resinas epóxi.

Observou-se também que nos sistemas mistos constituídos por resinas de poliéster com combinação com resinas epoxídicas, esses problemas eram bastante minimizados.

Posteriormente, foi introduzido a tinta em pó do tipo poliéster puro, constituída por resinas poliéster saturada combinada com um agente de reticulação adequado e que apresentava como característica fundamental, um excelente comportamento sob a ação da luz solar, onde a calcinação e o amarelamento eram praticamente desprezíveis comparados aos outros sistemas a base de resinas epóxi e híbrida.

Em 1970, surge na Alemanha as tintas à base de resinas acrílicas, que tiveram maior aceitação no Japão como revestimentos resistentes ao intemperismo.

Na década de 80 as tintas Poliuretanas se estabelecem fortemente no mercado Norte Americano e Japonês, sendo menos utilizado na Europa, também como revestimento para uso externo.

A partir de então, os resultados foram surpreendendo, chegando aos produtos atuais, considerados altamente competitivos e de excepcional qualidade.

### **1.3 Importância da pintura**

A pintura tem por objetivo depositar um filme de tinta sobre uma superfície metálica ou não metálica, com as seguintes finalidades: proteção anticorrosiva, estética, segurança, entre outro. É composta por três etapas onde cada uma delas tem um importante papel para garantir o desempenho da pintura.

**As etapas são: Preparação da superfície, Aplicação e a Tinta.**

#### **PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE**

Deve ser realizada por profissionais treinados, com completa remoção de materiais estranhos ou contaminantes presos na superfície, quando necessário, criando rugosidade (de acordo com a especificação) no substrato para uma melhor aderência da tinta. Nas indústrias, são usados vários métodos de preparação de superfície, tais como: desengraxe, fosfatização, jateamentos com granalha em que o abrasivo é projetado contra a superfície por jato de ar ou por turbinas centrífugas.

#### **APLICAÇÃO DAS TINTAS**

Deve ser realizada por profissionais devidamente qualificados, usando de técnicas e equipamentos adequados. Podem ser utilizados desde a aplicação com sistema corona, sistema tribo e sistema automático (serão vistos no item 13 – Aplicação).

#### **TINTAS**

Uma tinta deve possuir tecnologia de formulação, controle rigoroso de qualidade das matérias primas e do processo de fabricação. A escolha deve ser criteriosa e deve resistir à agressividade do ambiente.

Entretanto ainda não são descartadas as necessidades de processos de preparação de superfície antecedendo a pintura, assim como a importância da qualificação dos pintores e adoção de bons equipamentos de aplicação.

Muitas das novas tintas se enquadram na filosofia de tintas ecologicamente corretas e seguras, pois, atendem as especificações de legislações rígidas

de isenção de metais pesados, que contribuem para a preservação do meio ambiente.

## 2 CORROSÃO

### CONCEITOS BÁSICOS DE CORROSÃO

Corrosão pode ser definida como sendo a deterioração de um material, geralmente metálico, ao reagir com o seu ambiente, levando a perda de suas propriedades.

A corrosão é um processo que corresponde ao inverso dos processos metalúrgicos de obtenção do metal e pode ser assim esquematizada:

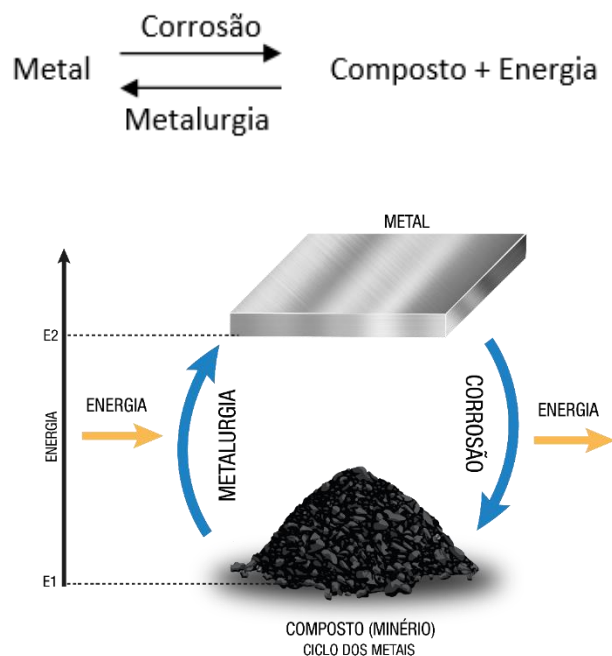


Figura 1: Ciclo dos metais

As reações de corrosão são espontâneas. Enquanto na metalurgia adiciona-se energia ao processo para a obtenção do metal, na corrosão observa a volta espontânea do metal à forma combinada, com conseqüente liberação de energia. Este ciclo é denominado de “ciclo dos metais”.

O estudo da corrosão envolve conhecimento de vários campos da ciência, dentre os quais podem ser destacados:

- Química;
- Eletroquímica;
- Metalurgia;
- Termodinâmica;
- Físico-Química; Cinética Química

### 2.1 Importância do estudo da corrosão

Os processos corrosivos estão presentes em todos os locais e a todo instante da nossa vida diária. Os problemas de corrosão são frequentes e ocorrem nas mais variadas atividades, como, por exemplo, nas indústrias química, petrolífera, petroquímica, naval, de construção civil, nos meios de transporte aéreo, ferroviário, marítimo, em sistemas de telecomunicações, na odontologia (restaurações metálicas, aparelhos de prótese), na medicina (uso de implantes cirúrgicos na ortopedia) e na preservação de monumentos históricos, deterioração de automóveis, eletrodomésticos, estruturas metálicas, instalações industriais, etc.

Com o avanço tecnológico, mundialmente alcançado, o custo da corrosão se eleva tornando-se um fator de grande importância.

Em termos de quantidade de material danificado pela corrosão, estima-se que uma parcela superior a 30% do aço produzido no mundo seja usada para reposição de peças e partes de equipamentos e instalações deterioradas pela corrosão.

Sob o ponto de vista de custo, estima-se em 3,5% do Produto Interno Bruto (PIB) o dispêndio com a corrosão em países industrializados.

Sendo a corrosão um processo espontâneo, pode-se prever que a maioria dos metais seria imprópria à utilização industrial. Esta utilização é, no



entanto, possível graças ao retardamento da velocidade das reações, que se consegue entre outras formas pelos fenômenos de polarização e passivação, os quais, associados aos processos de proteção, proporcionam a utilização econômica e segura dos materiais metálicos.

Dos processos de proteção anticorrosiva utilizados, a pintura industrial constitui o de maior importância se considerados os aspectos de viabilidade técnica e econômica e extensão de sua aplicação.

## 2.2 Tipos de processos de corrosão

De uma forma geral, os processos corrosivos podem ser classificados em dois grandes grupos, abrangendo todos os casos de deterioração por corrosão existente na natureza.

### 2.2.1 Corrosão eletroquímica

Os processos de corrosão eletroquímica são os mais frequentes na natureza e se caracterizam basicamente por:

- Realizarem-se necessariamente na presença de água;
- Realizarem-se em temperaturas abaixo do ponto de orvalho, sendo a grande maioria na temperatura ambiente;
- Realizarem-se devido à formação de pilhas de corrosão.

### 2.2.2 Corrosão química

Também denominada corrosão em meio não - aquoso ou corrosão seca. Esses processos são menos frequentes na natureza e surgiram basicamente com a industrialização, envolvendo operações em temperaturas elevadas. Também conhecidos como

corrosão ou oxidação em altas temperaturas. Tais processos corrosivos se caracterizam basicamente por:

- Realizarem-se necessariamente na ausência de água;
- Realizarem-se devido à interação direta entre o metal e o meio corrosivo, não havendo deslocamento de elétrons, como no caso das pilhas de corrosão eletroquímica.

Pode-se ter a presença de substâncias agressivas associadas a temperaturas elevadas. Algumas substâncias agressivas atuam no estado de gás ou vapor, e outras fundidas. Entre os meios corrosivos a altas temperaturas estão: enxofre e gases contendo enxofre, hidrogênio, vapor de água, amônia  $\text{NH}_3$ , carbono e gases contendo carbono, cinzas de óleos combustíveis contendo enxofre, sódio e vanádio.

## 2.3 Classificação de processos corrosivos

A classificação dos processos corrosivos pode ser apresentada segundo diferentes pontos de vista, tendo-se em relação:

- Às formas da corrosão:
- Ao mecanismo eletroquímico de corrosão:
- Às condições operacionais:
- Ao meio corrosivo:

### 2.3.1 Formas de corrosão

A corrosão pode ocorrer, quanto ao aspecto, sob diferentes formas, e o conhecimento das formas é muito importante no estudo de um processo corrosivo. A caracterização da forma de corrosão auxilia bastante no esclarecimento do mecanismo e na aplicação de medidas adequadas de proteção.

**Uniforme:** a corrosão se processa em toda a extensão da superfície, ocorrendo perda uniforme de espessura, com formação, como no caso do ferro, de escama de ferrugem. É chamada, por alguns, de corrosão generalizada, o que não é aceito de maneira ampla, pois se pode ter também corrosão por alvéolos ou pites, de maneira generalizada em toda a superfície metálica.

**Placas:** a corrosão se localiza em algumas regiões da superfície metálica e não em toda sua extensão, formando placas com escavações.

**Alveolar:** a corrosão se processa produzindo sulcos ou escavações semelhantes a alvéolos, apresentando fundo arredondado e profundidade geralmente menor que o seu diâmetro.

**Puntiforme:** a corrosão se processa em pontos ou em pequenas áreas localizadas na superfície metálica, produzindo pites, que são cavidades apresentando profundidades geralmente maiores que seus diâmetros. Em decorrência do aspecto tem-se a conhecida corrosão por pite ou por “*pitting*”.

Deve-se considerar que não existem limites rígidos na diferenciação das formas de corrosão alveolar e puntiforme, sendo importante, porém, considerar que elas são entre as quatro formas de corrosão apresentadas, as que trazem maiores inconvenientes aos equipamentos, ocasionando perfurações em áreas localizada

Ocorre geralmente em superfícies metálicas com revestimentos a base de estanho, níquel e outros, ou não metálico (tintas), em presença de umidade relativa elevada, da ordem de 85% e revestimentos mais permeáveis a penetração de oxigênio e água. Ela se inicia, comumente, em risco, ou falhas, em revestimentos, que atinjam o substrato, isto é, a superfície metálica. Embora não ocasionando grande

perda de massa do material metálico, produzem nas superfícies pintadas, os filamentos que fazem com que a película de tinta se desprenda.

**Esfoliação:** a corrosão se processa em diferentes camadas. O produto de corrosão, formado entre a estrutura de grãos alongados, separa as camadas ocasionando o inchamento do material metálico.

**Corrosão gráfitica:** a corrosão se processa no ferro fundido cinzento e o ferro metálico é convertido em produtos de corrosão, restando à grafite intacta. Observa-se que a área corroída fica com aspecto escuro, característico do grafite, que pode ser facilmente retirada com uma espátula. Em tubulações de ferro fundido para condução de água potável, observa-se que, mesmo com corrosão gráfitica, a espessura da parede permanece com a sua dimensão praticamente original.

**Dezincificação:** é a corrosão que ocorre em ligas de cobre-zinco (latões) observando-se o aparecimento de regiões com a coloração avermelhada, devido ao cobre, contrastando com a característica coloração amarela dos latões.

A corrosão gráfitica e a dezincificação podem ser consideradas exemplo de corrosão seletiva, pois se tem a corrosão preferencial do ferro e zinco respectivamente.

**Em torno de solda:** é a corrosão que se observa ao longo e ligeiramente afastada do cordão de solda. Ocorre geralmente em aços inoxidáveis com teores de carbono maiores do que 0,03%.

**Empolamento pelo hidrogênio:** embora não sendo considerado por alguns autores como forma de corrosão, é comum estudá-los em livros de corrosão, pois o hidrogênio atômico, causador do processo, pode ser originado da corrosão do material metálico.

O hidrogênio atômico, H, penetra no aço carbono e como tem pequeno volume atômico, difunde-se rapidamente para o interior do material metálico e em regiões com descontinuidades, como inclusões e vazios, ele se transforma em hidrogênio molecular (H<sub>2</sub>), não mais se difundindo, exercendo pressão e originando a formação de bolhas no material metálico, daí o nome de empolamento.

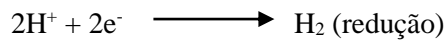
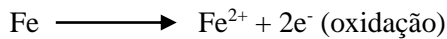
**Filiforme:** a corrosão se processa sob a forma de filamentos que se propagam em diferentes direções, porém não em profundidade



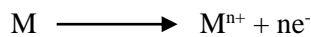
Figura 2: Formas de corrosão

### 2.3.2 Mecanismo eletroquímico de corrosão

Oxidação é a perda de elétrons por uma espécie química e redução é o ganho de elétrons. Assim quando o ferro (Fe) é atacado por ácidos, como, por exemplo: clorídrico ou muriático (HCl), obtém-se as reações de oxirredução;



No caso de um metal qualquer, tem-se a relação geral de oxirredução:



(n= número de elétrons perdidos, e= elétrons)

Logo, quando os metais perdem elétrons, eles se oxidam, sofrendo, portanto corrosão. Verifica-se, experimentalmente, que os metais apresentam diferentes tendências a oxidação.

Assim em presença de ar e umidade verifica-se que o ferro se oxida mais do que o níquel e o ouro não se oxida. É, portanto, de grande ajuda para o estudo de processos eletroquímicos de corrosão dispor os metais em tabela que indique a ordem preferencial de ceder elétrons.

Quando se tem necessidade de unir dois materiais metálicos de potenciais diferentes, a consulta à tabela de potenciais é de grande utilidade.

Essas tabelas permitem caracterizar o material que terá tendência a funcionar como ânodo (aquele que será corroído). Em alguns casos se procura, quando for inevitável a junção de dois materiais metálicos diferentes, fazer em um deles um revestimento metálico que permita uma aproximação de potenciais, diminuindo portanto a diferença de potenciais e consequentemente o processo corrosivo

ou revestir totalmente os dois materiais com tinta ou plástico como o teflon.

### TABELA DE POTENCIAIS DE OXIDAÇÃO

EXTREMIDADE ANÓDICA (MENOS NOBRE)	EXTREMIDADE CATÓDICA (MAIS NOBRE)
1 - Magnésio e suas ligas;	
2 - Zinco;	
3 - Alumínio comercialmente puro (1100);	
4 - Cádmio;	
5 - Liga de alumínio (4,5 Cu, 1,5 Mg, 0,6 Mn);	
6 - Aço carbono;	
7 - Ferro fundido;	
8 - Aço inoxidável (13 Cr ativo);	
9 - Ni-Resistente (ferro fundido com alto níquel);	
10 - Aço inoxidável (ativo) AISI-304 (18-8 Cr-Ni);	
11 - Aço inoxidável (ativo) AISI-316 (18-10-2 Cr-Ni-Mo);	
12 - Liga de chumbo e estanho (solda);	
13 - Chumbo;	
14 - Estanho;	
15 - Níquel (ativo);	
16 - Inconel (ativo);	
17 - Latões (Cu-Zn);	
18 - Cobre;	
19 - Bronze (Cu-Sn);	
20 - Cupro níqueis (60-90 Cu, 40-10 Ni);	
21 - Monel (70 Ni 30 Cu);	
22 - Solda prata;	
23 - Níquel (passivo);	
24 - Inconel (passivo);	
25 - Aço inoxidável ao cromo (11-13 Cr passivo)	
26 - Aço inoxidável AISI-304 (passivo);	
27 - Aço inoxidável AISI-316 (passivo);	
28 - Prata;	
29 - Titânio;	
30 - Grafite;	
31 - Ouro;	
32 - Platina.	

**Nota:** nesta série, os materiais agrupados apresentam pequena diferença de comportamento na água do mar.

### 2.3.3 Corrosão galvânica

Resulta do acoplamento de materiais metálicos com diferentes potenciais quando colocados acoplados em presença de um eletrólito (exemplo: água do mar), gerando uma transferência de cargas elétricas de um para o outro, por terem potenciais elétricos diferentes.

Ela se caracteriza por apresentar corrosão localizada próxima à região do acoplamento, ocasionando profundas perfurações no material metálico que funciona como ânodo.

Quando materiais metálicos de potenciais elétricos diversos estão em contato, a corrosão do material metálico que funciona como ânodo é muito mais acentuada que a corrosão isolada deste material sob ação do mesmo meio corrosivo.

Exemplos que permitem explicar o mecanismo da corrosão galvânica, da proteção catódica com ânodos de sacrifício ou galvânicos e a natureza do produto de corrosão são as pilhas formadas pelos metais ferro, cobre e zinco, usando-se como eletrólito água salgada.

Analisando as reações de redução e oxidação, pode-se observar e concluir que:

- O metal que funciona como cátodo fica protegido, isto é não sofre corrosão. Esta conclusão explica o mecanismo da proteção catódica com ânodos de sacrifício ou galvânicos, bem como a razão de serem usados magnésio, alumínio e zinco como ânodos para proteção do ferro: daí o grande uso de ânodos de zinco, alumínio e magnésio para a proteção catódica, como anodos de sacrifício, para cascos de navios, tanques de armazenamento de petróleo ou tanques de navio que apresentam lastros de água salgada, estacas de plataformas marítimas etc.
- A ligação entre materiais metálicos deve ser precedida de consulta à tabela de potenciais ou as tabelas práticas a fim de se prever a possibilidade de caracterização do ânodo e do cátodo, da pilha possivelmente resultante e indicação de medidas protetoras.
- Pode-se estabelecer uma pilha em que se tenha como fonte doadora de elétrons, não um metal, como visto nos casos anteriores, mas sim uma fonte de corrente contínua para imprimir a corrente necessária para proteção. Essas fontes são, mais frequentemente, retificadoras de

correntes e, menos usuais, baterias convencionais, baterias solares e termo geradores. Nesse caso a estrutura a ser protegida é colocada como cátodo da pilha usando-se anodos inertes, para fechar o circuito elétrico. Os ânodos mais usados são:

- Grafite, ferro silício e magnetita: no solo.
- Ligas de ferro-silício-cromo, e chumbo-antimônio – prata, titânio platinizado e nióbio platinizado: em água do mar.

Essa proteção é chamada proteção catódica por corrente impressa ou forçada. Ela tem um campo de aplicação maior do que a proteção catódica com ânodos de sacrifício, aplicando – se em estruturas situadas em eletrólitos ou meios de baixa, e alta resistividade. E muito usada em grandes instalações como oleodutos, gasodutos, adutoras e estacas de píeres de atracação.

### 2.3.4 Corrosão eletrolítica

Corrosão por eletrólise ou eletrolítica ou corrosão por correntes de fuga, ocorre em tubulações enterradas, como oleodutos, gasodutos, adutoras, minerodutos e cabos telefônicos.

Definida como sendo a deterioração de um material metálico forçado a funcionar como ânodo ativo de uma célula ou pilha eletrolítica. Geralmente as áreas corroídas se apresentam livre do produto de corrosão e, como é uma forma de corrosão localizada, em pouco tempo tem-se a formação de pites ou alvéolos com a conseqüente perfuração das tubulações.

Logo, pode-se concluir que as áreas corroídas serão aquelas em que as correntes de fuga saem da tubulação, ou instalação metálica, para o eletrólito ou meio ambiente (solo ou água).

As medidas mais usuais de proteção são: drenagem de corrente, aterramento adequado de máquinas de solda, emprego de revestimento e emprego de proteção catódica. Essas medidas podem ser usadas isoladas ou conjuntamente.

Quando elas atingem instalações metálicas enterradas podem ocasionar corrosão nas áreas onde abandonam essas instalações para retornar ao circuito original através do solo ou da água.

### 2.3.5 Corrosão sob atrito

Se as duas superfícies, em contato e sob carga, das quais pelo menos uma metálica, for sujeita a pequenos deslizamentos relativos, originados comumente por vibrações, observa-se a corrosão sob atrito, também chamada corrosão sob fricção ou corrosão por atrito oscilante.

Na pilha formada a região anódica, portanto corroída, é aquela onde a concentração do íon metálico é menor, e a região catódica é aquela onde a concentração do íon metálico é maior.

É comum ocorrer essa pilha quando se têm superfícies metálicas superpostas e em contato, havendo, entre elas, pequenas frestas por onde o eletrólito possa penetrar.

Ocorre também no contato entre superfícies metálicas e não metálicas, desde que haja frestas. A fresta deve ser suficientemente estreita para manter o meio corrosivo estagnado e suficientemente larga para permitir que o meio corrosivo penetre nela.

Conhecendo-se o mecanismo desse processo corrosivo, entende-se perfeitamente porque se procura como medidas de proteção:

Usar massas de vedação, ou selantes, à base de silicones, epóxi ou asfalto em locais onde possa haver formação de frestas e presença de eletrólito.

### 2.3.6 Corrosão por aeração diferencial

É a corrosão que ocorre quando se tem um mesmo material metálico em contato com um eletrólito diferentemente aerado. Na pilha de aeração diferencial o ânodo é a área menos aerada e o cátodo a mais aerada.

É uma corrosão localizada e, portanto, produz ataque acentuado em determinadas regiões ocorrendo à formação de pites ou alvéolos.

A corrosão por aeração diferencial é responsável por grande número de casos de corrosão nas mais variadas instalações e equipamentos industriais.

Na junção de peças metálicas por rebites ou parafusos podem existir frestas e, como nessas frestas a aeração é pequena, resulta uma baixa concentração de oxigênio no eletrólito que se encontra em contato com o metal fora das frestas. Nota-se, que a área mais atacada, ou corroída é no interior das frestas.

Para evitar esta corrosão, tem sido bastante usado, com bons resultados, o emprego de revestimento com massa epóxi a dois componentes, aplicado nas estacas já montadas: faz-se na área de variação de maré o jateamento e a seguir aplica-se a massa epóxi, que polimeriza mesmo debaixo da água, atingindo-se espessura de cerca de 3 mm Para proteção das partes sempre submersas recomenda-se o uso de proteção catódica, principalmente por corrente impressa ou forçada.

Os processos de corrosão por concentração iônica e por aeração, quando não se observam certas

precauções, são frequentes e, por isso, têm muita importância as seguintes medidas que visam minimizar as possibilidades de ocorrência de condições causadoras:

- Reduzir, ao mínimo necessário, a possibilidade de frestas, principalmente em meios aquosos, contendo eletrólitos ou oxigênio dissolvidos;
- Especificar juntas de topo e ressaltar a necessidade de penetração completa do metal de solda, para evitar a permanência até mesmo de pequenas fendas;
- Usar soldas contínuas;
- Usar juntas soldadas ao invés de juntas parafusadas ou rebitadas;
- Impedir a penetração do meio corrosivo nas frestas por meio de massas de vedação ou selagem;
- Evitar frestas entre um isolante e o material metálico;
- Evitar cantos, áreas de estagnação ou outras regiões favoráveis à acumulação de sólidos;
- Especificar desenhos que permitam uma fácil limpeza da superfície, aplicação de revestimentos protetores e completa drenagem;
- Estabelecer uma rotina de frequente e completa limpeza nas áreas metálicas sujeitas ao acúmulo de depósitos e incrustações;
- Remover sólidos em suspensão;

### 2.3.7 Meios corrosivos

Os meios corrosivos no campo da corrosão eletroquímica são responsáveis pelo aparecimento de eletrólito. O eletrólito é uma solução eletricamente condutora constituída de água contendo sais, ácidos ou bases, ou ainda outros líquidos como sais fundidos.

Os principais meios corrosivos e respectivos eletrólitos são:

- **Atmosfera:** o ar contém umidade, sais em suspensão (especialmente na orla marítima), gases industriais (especialmente gases de enxofre), poeira, etc. O eletrólito constitui-se da água que condensa na superfície metálica, na presença de sais ou gases de enxofre. Outros constituintes como poeira e poluentes diversos, podem acelerar o processo corrosivo;
- **Solos:** os solos contêm umidade e sais minerais. Alguns solos apresentam também características ácidas ou básicas. O eletrólito constitui-se principalmente da água com sais dissolvidos.
- **Águas naturais:** estas águas podem conter sais minerais, eventualmente ácidos ou bases, resíduos industriais, poluentes diversos e gases dissolvidos. O eletrólito constitui-se principalmente da água com sais dissolvidos. Os outros constituintes podem acelerar o processo corrosivo.
- **Água do mar:** esta água contém uma quantidade apreciável de sais, sendo desta forma um eletrólito por excelência. Outros constituintes como gases dissolvidos, podem acelerar o processo corrosivo.
- **Produtos químicos:** os produtos químicos, desde que em contato com água ou com umidade e sendo ionizáveis, formam um eletrólito, podendo provocar corrosão eletroquímica.

#### 2.3.7.1 Classificação dos ambientes corrosivos

Os ambientes corrosivos ou as condições que favorecem a corrosão podem ser descritos da seguinte forma: quanto a atmosfera, quanto a imersão e quanto às condições corrosivas.

##### ATMOSFERA

- a) Atmosfera marinha: sobre o mar e na orla marítima (até 500 metros da praia), com ventos predominantes na direção da estrutura a ser pintada;
  - b) Atmosfera próxima à orla marinha: aquela situada além de 500 metros da praia e até aonde os sais possam alcançar;
  - c) Atmosfera industrial: envolvem regiões com muitos gases provenientes de combustão, particularmente gases oriundos de combustíveis com alto teor de enxofre e outros processos industriais;
  - d) Atmosfera úmida: locais com umidade relativa do ar média acima de 60%, com predominância de valores superiores a 75%;
  - e) Atmosfera urbana e semiindustrial: ocorre nas cidades onde se tem uma razoável quantidade de gases provenientes de veículos automotores e uma indústria razoavelmente desenvolvida;
  - f) Atmosfera rural e seca: locais, em geral no interior, onde não há gases industriais ou sais em suspensão e a umidade relativa do ar se apresenta com valores sempre baixos.
- a) Atmosfera altamente agressiva: é considerada atmosfera altamente agressiva a atmosfera marinha e industrial ou ainda a úmida, quando conjugada com qualquer uma das anteriores;
  - b) Imersão: a imersão envolve quatro subcasos: imersão em água salgada; imersão em água doce; imersão em produtos de petróleo; imersão em produtos químicos;
  - c) Superfícies quentes: as superfícies quentes envolvem quatro subcasos: de 80° a 120°C; de 120° a 250°C; de 250° a 500°C; acima de 500°C;
  - d) Atmosfera medianamente agressiva: são consideradas atmosferas medianamente agressivas a atmosfera úmida, a urbana e a semiindustrial. Estão incluídos neste caso locais junto à orla marítima, com afastamento superior a 500 metros (m), desde que não recebam os ventos predominantes na direção da instalação ou da estrutura a ser pintada e seja localizada a nível próximo do mar;
  - e) Atmosfera pouco agressiva: é considerada atmosfera pouco agressiva a atmosfera rural e seca.

## IMERSÃO

- a) Líquidos aquosos: a agressividade dependerá da resistividade elétrica, que é função da presença de sais ou gases dissolvidos. A pior condição, neste caso, é a água salgada aerada.
- b) Derivados de petróleo: são de modo geral pouco agressivos, com exceção do espaço de vapor em tanques de armazenamento que pode conter H<sub>2</sub>S e tornar-se bastante agressivo e do petróleo bruto, sempre associado à água salgada.
- c) Produtos químicos: a agressividade dependerá da presença de água ou de umidade e do grau de ionização da substância química.

## CONDIÇÕES CORROSIVAS



### 3 REVESTIMENTOS PROTETORES

São películas aplicadas sobre a superfície metálica, separando a superfície do meio corrosivo, esta separação será tão mais longa quanto for o tempo para que o eletrólito chegue ao metal protegido, objetivando minimizar a degradação da mesma pela ação do meio.

O principal mecanismo de proteção dos revestimentos é por barreira, mas, dependendo da sua natureza, poderá também proteger por inibição anódica ou por proteção catódica.

O tempo de proteção dado por um revestimento depende do tipo de revestimento (natureza química), das forças de coesão e adesão, da sua espessura e da permeabilidade à passagem do eletrólito através da película. Influenciará, também, neste tempo, o mecanismo de proteção. Assim, se a proteção é somente por barreira, tão logo o eletrólito chegue a superfície metálica, iniciará o processo corrosivo, enquanto que, se houver um mecanismo adicional de proteção (inibição anódica ou proteção catódica), haverá um prolongamento da vida do revestimento.

Outra forma de ampliar a vida de um revestimento é quando ele possui um mecanismo adicional de proteção denominado proteção catódica.

Neste caso, forma-se uma pilha galvânica entre o metal de base e o metal ou pigmento metálico do revestimento.

Este fato ocorre quando se utiliza revestimento metálico menos nobre que o metal a se proteger, ou tintas com pigmento de zinco. Para que a proteção seja efetiva, faz-se necessária à presença do eletrólito, para que a pilha de ação galvânica ocorra.

#### 3.1 Revestimentos metálicos

Consistem na interposição de uma película metálica entre o meio corrosivo e o metal que se quer proteger. Os mecanismos de proteção das películas metálicas podem ser: por barreira, por proteção catódica, entre outros.

As películas metálicas protetoras, quando constituídas de um metal mais catódico que o metal de base, devem ser perfeitas, ou seja, isentas de poros, trincas, etc., para que se evite que diante de uma eventual falha provoquem corrosão na superfície metálica do metal de base, ao invés de evitá-la.

As películas mais anódicas podem ser imperfeitas porque elas conferem proteção catódica à superfície do metal base. Os processos de revestimentos metálicos mais comuns são:

**Deposição por imersão a quente:** pela imersão a quente obtém-se, entre outras, as superfícies zincadas e as estanhadas. O processo de zincagem por imersão é também denominado de galvanização;

**Metalização:** é o processo por meio do qual se deposita sobre uma superfície, previamente preparada (jateamento Sa 2 ½), camadas de materiais metálicos. Os metais de deposição são fundidos em uma fonte de calor gerada no bico de uma pistola apropriada, por meio de combustão de gases, arco elétrico, plasma ou por detonação. Por metalização fazem-se revestimentos com zinco, alumínio, chumbo, estanho, cobre e diversas ligas;

**Eletrodeposição:** consiste na deposição eletrolítica de metais que se encontram sob a forma iônica em um banho. A superfície a revestir é colocada no Cátodo de uma célula eletrolítica. Por eletrodeposição é comum revestir-se com cromo, níquel, ouro, prata, cobre, estanho e, principalmente, cádmio, que, por ser um metal muito tóxico, é aplicado por este processo;

**Deposição química:** consiste na deposição de metais por meio de um processo de redução química. Por este processo é comum revestir-se com cobre e níquel. São os denominados cobre e níquel químico, muito utilizados em peças com formato delicado e cheias de reentrâncias.

### 3.2 Revestimentos não-metálicos inorgânicos

Consistem na interposição de uma película não-metálica inorgânica entre o meio corrosivo e o metal que se quer proteger. Os mecanismos de proteção são, essencialmente, por barreira e por inibição anódica.

**Anodização:** consiste em tornar mais espessa a camada protetora passivante existente em certos metais, especialmente no alumínio. A oxidação superficial pode ser por banhos oxidantes ou processo eletrolítico. O alumínio anodizado é um exemplo muito comum da anodização;

**Cromatização:** consiste na reação da superfície metálica com soluções ligeiramente ácidas contendo cromatos. A camada de cromatos passivante aumenta a resistência a corrosão da superfície metálica que se quer proteger;

**Fosfatização:** consiste na adição de uma camada de fosfato à superfície metálica. A camada de fosfato inibe processos corrosivos e constitui-se, quando aplicada em camada fina e uniforme, em uma excelente base para pintura, em virtude da sua rugosidade. A fosfatização é um processo largamente empregado nas indústrias automobilísticas, móveis e de eletrodomésticos. Após o processo de desengraxe da superfície metálica, aplica-se a fosfatização, seguindo-se a pintura;

**Revestimento com esmalte vítreo:** consiste na colocação de uma camada de esmalte vítreo (vidro +

cargas + pigmentos) aplicada sob a forma de esmalte e fundida em fornos apropriados. Este revestimento é usado em alguns utensílios domésticos, em fogões, máquinas de lavar, etc.;

### 3.3 Revestimentos orgânicos

Consiste na interposição de uma camada de natureza orgânica entre a superfície metálica e o meio corrosivo. Os principais revestimentos orgânicos são os seguintes:

**Pintura industrial:** é um revestimento, em geral orgânico, largamente empregado para o controle de corrosão em estruturas aéreas e para estruturas submersas que possam sofrer manutenção periódica em dique seco, tais com navios, embarcações, boias, etc.

Só em casos especiais é empregado em estruturas enterradas, pela dificuldade de manutenção apresentada nestes casos. Em se tratando de estruturas aéreas, é normalmente a melhor alternativa em termos técnicos e econômicos para proteção anticorrosiva.

A pintura é um revestimento de pequena espessura, situando-se na faixa de 40 a 500  $\mu\text{m}$  (micrometros), sendo que, somente em casos muito especiais, pode-se chegar a 1.000  $\mu\text{m}$ .

**Revestimentos com plásticos e plásticos reforçados:** são revestimentos obtidos através da aplicação de diversos tipos de plásticos sobre materiais metálicos, por meio de colagem, deposição ou extrusão. Basicamente, todos os plásticos podem ser usados como revestimentos, podendo-se, ainda, em alguns deles usar reforçantes como véu de fibra de vidro, escamas de vidro, entre outros;

## 4 TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE

O preparo da superfície constitui uma etapa de extrema importância na execução de pintura industrial. Isso, pois, quando um esquema de pintura é feito sobre uma superfície mal preparada a película, após o processo de cura, não adere ao substrato de forma adequada, o que representa uma perda de tempo e dinheiro, uma vez que essa má aderência acarretará problemas à película da tinta.

### Influências dos contaminantes na superfície a ser pintada:

- Contaminantes e produtos de corrosão podem prejudicar seriamente a aderência;
- Um sistema de pintura sobre uma superfície não adequada não terá uma base firme para resistir a esforço mecânico;
- Sais na superfície do aço favorecem a formação de empoamento por osmose;
- Contaminação presa entre camadas pode causar defeitos de aderência e acelerar a penetração de água ou outros agentes agressivos;

Com isso, antes de iniciar o processo de limpeza das peças, deve-se proceder uma inspeção visual geral da superfície a ser tratada, a fim de assinalar locais onde haja manchas de óleos, graxas, gorduras, defeitos superficiais, impregnação de abrasivos, bem como também pode ser efetuado a avaliação do estado inicial de oxidação usualmente estabelecido com base nos padrões Norma SIS 05 59 00 e ISO 8501-1;

### 4.1 Graus de corrosão

A fim de facilitar a caracterização de uma superfície a ser submetida ao jateamento e de racionalizar a inspeção de aplicação de pintura industrial, a Norma Sueca SIS 0559 00 e ISO 8501-1 estabelecem quatro estados iniciais de oxidação de

chapas de aço que apresentam carepa de laminação aderente, também comumente denominadas de graus de intemperismo ou oxidação.

### Carepa de laminação:

As chapas de aço laminadas a quente, são formadas pela laminação dos lingotes aquecidos a uma temperatura em torno de 1250°C, o que resulta, por reação com o oxigênio do ar e a água de resfriamento, no formato de “carepa” (ou escama de laminação) conhecida por chapa preta.

A carepa é constituída de uma mistura de óxidos de ferro. Parte da carepa de laminação que é formada sai durante a laminação e parte fica aderida ao aço, cobrindo toda a chapa de ambos os lados.

Esta carepa é encontrada não apenas em chapas, mas também em vigas, tubulações, vergalhões, etc. É sem dúvida o pior inimigo da pintura, pois, qualquer sistema de pintura aplicado sobre a carepa, poderá se desprender junto com ela.

A carepa não é aço, e sua tendência natural é se desprender do aço.

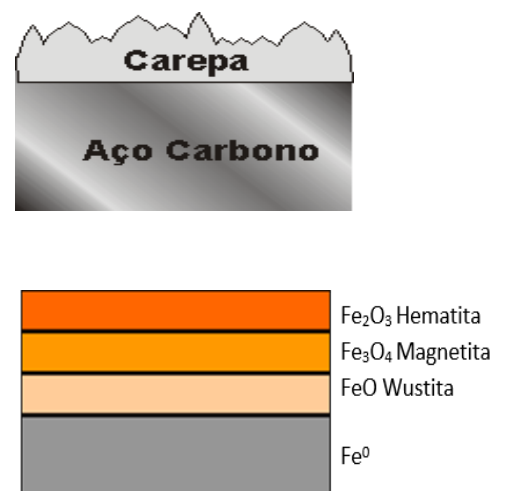


Figura 3: Formação de carepa no metal

### Graus de corrosão:

**Grau A** – superfície de aço com a carepa de laminação aderente intacta, com pouca ou nenhuma

oxidação ao longo de sua superfície. Chapa ou perfil, em geral, recém-saído da laminação.



Figura 4: Grau A – ISO 8501-1

**Grau B** – superfície de aço com princípio de desprendimento de carepa de laminação devido à corrosão atmosférica e dilatação diferencial carepa-metal. Chapa ou perfil com início de oxidação e da qual a carepa começou a se desprender ou que sofreu pequena ação de intemperismo.



Figura 5: Grau B – ISO 8501-1

**Grau C** – superfície de aço onde toda a carepa de laminação foi eliminada e na qual se observa uma corrosão atmosférica uniforme generalizada, sem, contudo, apresentar sinais de formação de cavidades visíveis. Chapa ou perfil que sofreu um completo intemperismo desagregando toda a carepa de

laminação podendo o restante ser removido por raspagem.



Figura 6: Grau C – ISO 8501-1

**Grau D** – superfície de aço onde toda a carepa de laminação foi eliminada e na qual se observa uma corrosão atmosférica severa e generalizada, apresentando pits e alvéolos. Chapa ou perfil que sofre uma exposição exagerada à atmosfera, resultando em processo corrosivo.

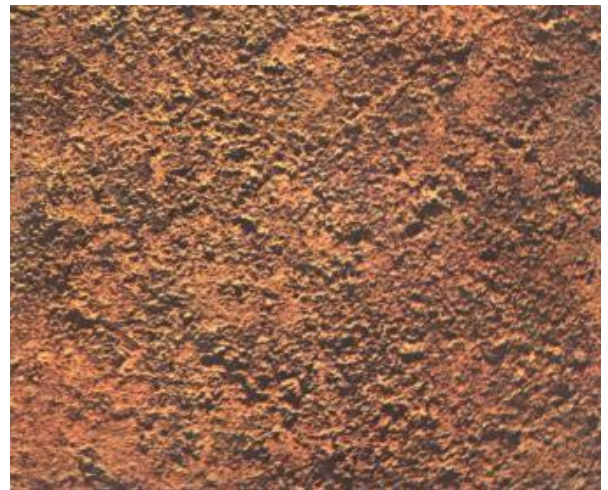


Figura 7: Grau D – ISO 8501-1

## 4.2 Tipos de limpeza de superfície

Os principais tipos de limpeza para a pintura de peças ou substratos são:

- Limpeza química;

- Limpeza manual;
- Desengraxe com solvente
- Limpeza com jateamento abrasivo.
- Deposição química

#### 4.2.1 Limpeza química

Geralmente, é feita por imersão em soluções ácidas (decapagem). Os resíduos oleosos são removidos com o uso de solventes adequados, como solventes clorados ou soluções alcalinas (desengraxante), devido a maioria das graxas e óleos serem insolúveis em água.

Existem graxas saponificáveis, isto é, passíveis de serem removidos com uso de produtos alcalinos (soda cáustica). As peças geralmente são limpas por meio de imersão ou banhos de spray a quente (40 a 60°C), em seguida é efetuado uma boa lavagem com água limpa.

Alguns tipos de óleos minerais não são saponificáveis e para a sua remoção se faz necessário o uso de solventes orgânicos apropriados, ou de tensoativos em formas de soluções (detergentes) que é muito eficiente, também na remoção de sais e óxidos solúveis. É muito importante lavar bem as peças após a aplicação dos tensoativos para remover possíveis resíduos que irá interferir na aderência da tinta.

#### 4.2.2 Limpeza mecânica

É um processo a seco podendo ser feito com lixa, escova de aço ou jateamento abrasivo. Este tipo de limpeza é muito eficiente, porém apresenta custo industrial elevado e, inevitavelmente, conduz a certa rugosidade da superfície, a qual provoca um aumento no consumo da tinta (camadas mais grossas). Este procedimento não deposita uma camada inibidora de corrosão na peça.

#### 4.2.3 Desengraxe com solvente

Antes de definir qual a forma de desengraxe a ser usado, é importante conhecer o tipo de contaminante a ser removido. Embora pouco eficiente, esse método ainda é muito utilizado para remover graxas, óleos solúveis, lubrificantes e óleos protetivos que restam depositados sobre as superfície após operações de usinagem e manuseio, bem como a remoção de poeiras, cavacos e outros. Os solventes usados podem ser de muitos tipos: Thinners de limpeza, Diluentes, Solvenraz, etc.

Algumas empresas ainda utilizam solventes clorados, embora não inflamáveis, são tidos como tóxicos. Por isso quando usados, deve-se sempre ser instalado em locais muito bem ventilados.

O método de aplicação de solventes consiste em: Fricção com panos limpos (brancos), imersão, spray, desengraxe por vapor (solventes clorados).

**Vantagens:** Os solventes removem os óleos e graxas com facilidade, é fácil de aplicação e o método não requer grandes espaços.

**Desvantagens:** Os solventes, bem como os equipamentos ou utensílios empregados, ficam rapidamente impregnados com óleo e graxa. Logo, deixam de limpar e apenas espalham os contaminantes. Método que requer muita mão de obra envolvendo perda de solvente por evaporação. Grande risco para a saúde e incêndio. Só remove óleo, graxa e poeiras e não tem efeito sobre ferrugem e carepa de laminação.

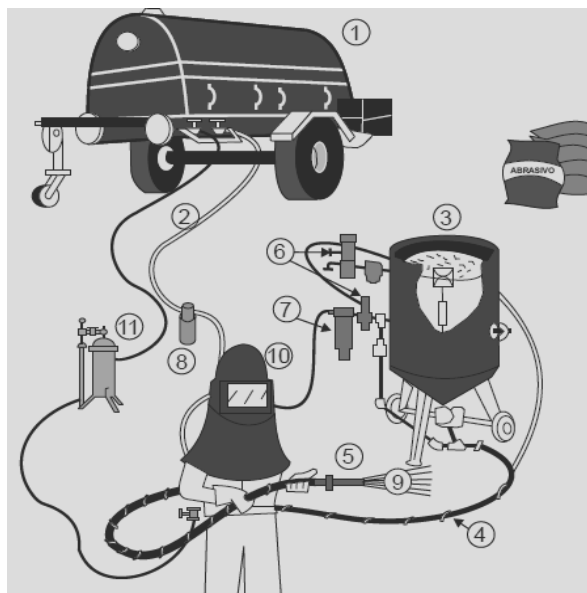
#### 4.2.4 Limpeza com jateamento abrasivo

Consiste na remoção da camada de óxidos e outras substâncias depositadas sobre a superfície. O jato abrasivo é obtido pela projeção, sobre a

superfície, de partículas de abrasivo, impulsionadas por um fluído, em geral o ar comprimido.

Para que o desempenho do esquema de pintura não seja prejudicado por um eventual excesso de rugosidade da superfície, sugere-se que seu valor seja relacionado com a espessura total do filme.

Na limpeza por jateamento abrasivo, distinguem-se quatro graus de jateamento, os quais devem ser realizados em superfícies de aço cujo estado inicial de oxidação é também classificado em quatro graus.



- |                                |                              |
|--------------------------------|------------------------------|
| 1 – Compressor                 | 7 – Separador de umidade     |
| 2 – Mangueira de ar            | 8 – Separador de óleo        |
| 3 – Vaso de pressão            | 9 – Jato abrasivo            |
| 4 – Mangueira de ar-abrasivo   | 10 – Capacete com ar puro    |
| 5 – Bico                       | 11 – Separador de óleo do ar |
| 6 – Válvula de controle remoto | 12 – Abrasivo                |

Figura 8: Jateamento abrasivo pressurizado

O compressor deve fornecer o ar com uma pressão da ordem de 0,6 Mpa (100 psi) no bico e uma vazão de ar compatível com o tamanho do equipamento de jato e com o diâmetro interno do bico. O ar deve ser desumidificado no separador de umidade e ter o óleo removido no filtro.

O vaso de pressão deve ser de duplo compartimento e possuir válvula de segurança e uma válvula automática para enchimento. A válvula de mistura ar-abrasivo deve ser de características compatíveis com o equipamento.

Abaixo pode-se observar as áreas de impacto de bicos tipo retos e venturi, onde se pode verificar que nos bicos tipo venturi a área de alto impacto ocupa toda a superfície de jato, conduzindo a uma maior efetividade no jateamento, em especial no seu rendimento.

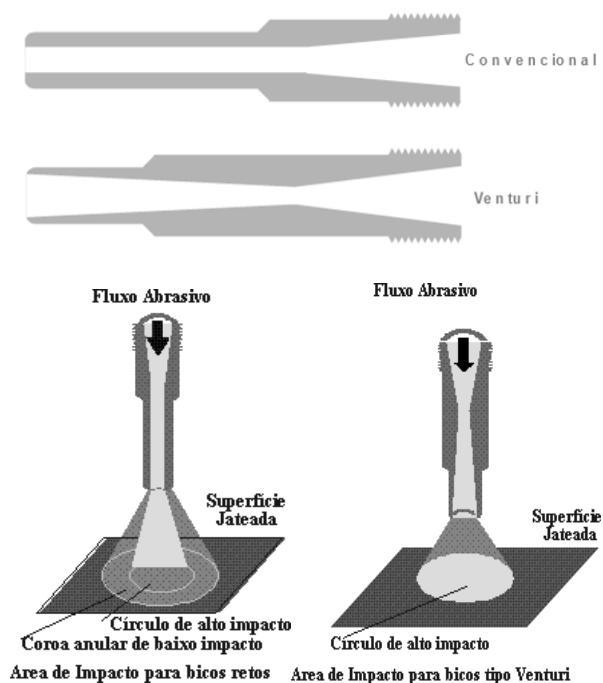


Figura 9: Bicos de jato e áreas de impacto

## GRAUS DE LIMPEZA COM JATEAMENTO ABRASIVO

**Limpeza ligeira ou jato de escovamento:** constitui-se numa limpeza ligeira e precária, em geral pouco empregada para pintura, exceto em alguns casos de repintura. A retirada do produto de corrosão neste caso situa-se em torno de 5%. Corresponde ao padrão Sa 1 da Norma Sueca SIS 05 59 00 e de ISO 8501-1.

**Limpeza ao metal cinza ou jateamento comercial:** constitui-se numa limpeza de superfície com a retirada de óxidos, carepa de laminação, etc., em cerca de 50% da superfície a ser pintada. Corresponde ao padrão Sa 2 da Norma Sueca SIS 0559 00 e da ISO 8501-1.

**Limpeza ao metal quase branco:** constitui-se numa limpeza de superfície com a retirada quase total dos óxidos, carepa de laminação, etc., admitindo-se cerca de 5% da área limpa com manchas ou raias de óxidos encrustados. Corresponde ao padrão Sa 2 ½ da Norma Sueca SIS 0559 00 e ISO 8.501-1.

**Limpeza ao metal branco:** constitui-se numa limpeza com a retirada total de óxidos, carepa de laminação, etc., deixando-se a superfície do metal completamente limpa. Corresponde ao padrão Sa 3 da Norma Sueca SIS 055900 e da ISO 8501-1.

#### TIPOS DE ABRASIVOS

**Granalha de aço:** é usada, quase sempre, em circuitos fechados, a fim de se ter o máximo de reaproveitamento. Só é economicamente viável quando o jateamento é feito em ambiente onde o abrasivo pode ser recuperado e reaproveitado.

**Granalhas sintéticas:** são usadas granalhas de material duro como carbonetos, escórias, e até mesmo materiais plásticos.

**Esferas de aço, ferro fundido ou vidro:** usados apenas para pequenos trabalhos de limpeza.

**Outros materiais:** poderão ser usados em condições especiais, como, por exemplo, bauxita sintetizada, carbonetos duros, escórias de cobre, dentre outros.

#### PERFIL DE RUGOSIDADE EM FUNÇÃO DO ABRASIVO

Após a operação de jateamento abrasivo, a superfície a ser pintada deve ser limpa com ar seco, removendo-se a poeira proveniente do jateamento,

evitando-se assim problemas de deficiente adesão de tinta, bem como eventual impregnação com partículas grosseiras.

A rugosidade da superfície após a limpeza, particularmente com abrasivos, deve ser proporcional à espessura mínima recomendada pelo esquema de pintura, sendo comum adotar-se um perfil médio de rugosidade do material de cerca de 1/4 a 1/3 da espessura total da camada de tintas prevista pelo esquema de pintura.

O perfil de rugosidade obtido no jateamento da superfície é função principalmente da granulometria do abrasivo.

ABRASIVO	TAMANHO MÁXIMO DA PARTÍCULA		Altura máxima de perfil (µm)	Rugosidade média (µm)
	Abertura da peneira (mm)	Nº da peneira ASTM e-11		
Granalha de aço (Partícula angular)				
Nº G 50 SAE	0,7	25	85	70
Nº G 40 SAE	1,0	18	90	75
Nº G 25 SAE	1,2	16	100	80
Nº G 16 SAE	1,7	12	200	150
Granalha de aço (esféricas)				
Nº S 230 SAE	1,0	18	80	65
Nº S 280 SAE	1,2	16	85	70
Nº S 330 SAE	1,4	14	90	75
Nº S 390 SAE	1,7	12	95	80

#### INTERVALO ENTRE JATEAMENTO E PINTURA

Após o jateamento, a superfície de aço fica em estado vulnerável, devendo ser protegida imediatamente com o sistema de pintura especificado.

Não é recomendável, e nem é boa prática, deixar a superfície jateada exposta. Contudo, em termos práticos, é necessário observar as considerações seguintes:

- a) Um intervalo de até 4 horas entre o jateamento e a pintura é bastante seguro, quando o trabalho está

sendo realizado em ambiente abrigado, como dentro de galpões com atmosfera limpa e umidade relativa em torno de 70%, no máximo de 75%.

- b) Sob condições muito favoráveis de tempo seco e em atmosfera com um mínimo de poluição, é possível considerar intervalos máximos de 4 ou até 6 horas, enquanto que sob condições de atmosfera industrial ou marítima, ou ainda sob condições meteorológicas desfavoráveis, é de importância vital que a pintura seja aplicada o mais rápido possível, com intervalo máximo de até 2h.
- c) Superfícies jateadas que sofrerem condensação de umidade, que apresentarem qualquer deterioração ou oxidação visível, ou ainda que não tiverem sido pintadas no mesmo dia de trabalho, deverão ser rejateadas.

TIPO DE LIMPEZA	ISO 8501-1	NORMA SIS 05 59 00	NORMA SSPC	NORM A PETROBRÁS
Limpeza manual	St2	St2	SP 2	N-6
Limpeza com ferramenta mecânica manual	St3	St3	SP 3	N-7
Jateamento ligeiro (brush off)	B Sa1 C Sa 1 D Sa1	B Sa1 C Sa 1 D Sa1	SP 7	N-9 (Grau Sa 1)
Jateamento comercial ou ao metal cinza	B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2	B Sa 2 C Sa 2 D Sa 2	SP 6	N-9 (Grau Sa 2)
Jateamento ao metal quase branco	A Sa 2½ B Sa 2½ C Sa 2½ D Sa 2½	A Sa 2½ B Sa 2½ C Sa 2½ D Sa 2½	SP 10	N-9 (Grau Sa 2 ½)
Jateamento ao metal branco	A Sa 3 B Sa 3 C Sa 3 D Sa 3	A Sa 3 B Sa 3 C Sa 3 D Sa 3	SP 5	N-9 (Grau Sa 3)

**Nota1:** As Normas ISO 8501-1 e a Sueca SIS 0559 00 não preveem a limpeza, por jateamento ligeiro e comercial, para superfície cujo estado de oxidação é o Grau A.

**Nota2:** As Normas Sueca ISO 8501-1 e a SIS 0559 00 não preveem também para o Grau A limpeza manual

e com ferramentas mecânicas manuais, devido à dificuldade de remoção da carepa que é muito aderente.

#### PROBLEMAS COMUNS NO PROCESSO DE JATEAMENTO

- Pré-limpeza com solvente insuficiente.
- Abrasivo de tamanho inadequado.
- Abrasivo contaminado.
- Perfil de rugosidade inadequado.
- Velocidade do jateamento.
- Técnica irregular de jato.
- Manuseio com as mãos na peça.
- Reutilização da areia.
- Condições ambientais inadequadas.

#### 4.2.5 Tratamento por deposição química

**Superfícies ferrosas:** a fosfatização é o processo mais usado, podendo ser à base de fosfato de ferro, fosfato de zinco ou fosfato tricatiônico (Ni, Zn e Mn). O fosfato de ferro é mais barato e mais simples, porém o fosfato de zinco proporciona uma maior proteção anticorrosiva.

Ambos os processos agem por reação dos compostos fosfatizantes com a superfície, formando finas camadas de cristais aderentes, inibidoras da corrosão e atuam como promotores de aderência.

**Superfícies não ferrosas:** alumínio e zamak – A cromatização é o processo mais usado e é similar a fosfatização. Frequentemente, antes da cromatização, torna-se necessário um pré- tratamento das peças com uma solução diluída de soda. Também pode ser adotado o nano cerâmico.

**Superfícies galvanizadas:** o processo de fosfatização fornece resultados excelentes.



Desse forma, a baixo será apresentado os pré-tratamentos de superfícies fosfatização e nanocerâmico.

#### 4.2.5.1 Fosfatização

A fosfatização representa um etapa essencial em muitas áreas de acabamento superficial. É empregada com a finalidade de pré-tratamentos antes da pintura, com o intuito de aumentar a proteção contra a corrosão, auxiliando a conformação a frio e melhorando as propriedades de atrito de deslizamento de componentes em contato deslizante.

A fosfatização é um tratamento de conversão, no qual o metal é convertido em óxido, hidróxido ou sal do metal por meio de reações eletroquímicas que podem ocorrer tanto devido à imposição de corrente como ao ataque de metal por um oxidante presente na solução.

O banho de fosfatização pode se apresentar em quatro tipos: fosfato de ferro, fosfato de zinco, fosfato de manganês e fosfato tricatiônico. Além disso, esse processo de fosfatização é influenciado de forma direta pela composição do banho, pela temperatura, tempo e modo de aplicação. Essas características interferem na camada protetora formada, no tamanho e forma do cristal, na quantidade de lodo, o que pode acarretar prejuízo ao processo.

#### ETAPAS DO PROCESSO DE FOSFATIZAÇÃO

##### ETAPA 1 - DESENGRAXE

Consiste na remoção de óleo e sujidades das superfícies provenientes das operações de manufatura ou o leamento de usina, obtendo uma superfície limpa, isenta de impurezas.

#### CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DE UM DESENGRAXANTE

- Tipo de substrato
- Forma de aplicação
- Tipo de contaminantes
- Processo posterior

#### *Tipos de Desengraxantes*

- **Para materiais ferrosos:** alcalinos, neutros, protetivos, desfosfatizantes, especiais.
- **Para materiais não ferrosos:** levemente alcalinos, neutros, gravadores, ácidos.

#### FORMAS DE APLICAÇÃO

- Aspersão (ação mecânica)
- Imersão (com recirculação)
- Equipamento portátil com água pressurizada (com ou sem aquecimento)
- Eletrolítico (corrente elétrica).
- Fatores que afetam a eficiência de um desengraxante:
- Concentração (quanto maior a concentração melhor a eficiência 0,5 a 5%);
- Temperatura (varia em torno de 25 a 80°C dependendo do tipo de óleo ou impureza impregnada);
- Contaminação / Tempo de uso do banho;
- Tipo e concentração de tensoativos;
- Agitação (no caso de imersão);
- Pressão (no caso de aspersão).

#### TENSOATIVOS

Tensoativo é uma molécula com uma parte solúvel em óleo e outra solúvel em água. Esta solubilidade faz com que o tensoativo atue na interface do meio aquoso/não aquoso.

#### Existem três tipos de tensoativos:

- a) **Aniônicos:** a carga da molécula é negativa: carboxilato, sulfonato, sulfato e etc. A maioria destes tensoativos possui alto poder espumogêneo e, portanto é inviável sua utilização para aspersão. Ex. Dodecilsulfonato de Sódio

- b) Catiônicos:** a carga da molécula é positiva: amina e grupo quaternário de nitrogênio. Não são usados para processos de tratamento de superfície, pois, ao invés de limpar a peça, aderem à sujidade na superfície.
- c) Não Iônicos:** a molécula não possui carga e é caracterizada pelos grupos C-OH e C=O onde a solubilidade em meio aquoso é conseguida por ligações de hidrogênio. Apresentam boa solubilidade em meios neutros ou alcalinos e são muito utilizados em banhos de fosfatos com aspersão devido ao baixo poder espumogêneo.

#### **ETAPA 2 - DECAPAGEM** (fase opcional e de pouco uso)

Consiste na remoção de camadas de óxidos do metal base que pode ter sido formada durante o processo de laminação a quente ou ferrugem formada pela ação do tempo durante o transporte ou armazenamento.

Os decapantes mais comuns são a base de ácidos, que reagem com a camada de óxido formada produzindo sais solúveis de fácil remoção por meio de lavagem.

**Ácido Sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>):** é largamente utilizado, apresenta baixo custo, é usado em temperaturas de 60 a 90 °C em concentrações de 5 a 30%. O banho pode ser reciclado via remoção de FeSO<sub>4</sub> precipitado em baixas temperaturas (25 a 30°C).

**Ácido Clorídrico (HCl):** é usualmente utilizado quando não há aquecimento. É muito prejudicial ao meio ambiente e não recomendado para alguns tipos de substrato.

**Ácido Fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>):** custo elevado, se utiliza para leves decapagens devido ao baixo poder de solubilidade do ferro. A grande vantagem do ácido fosfórico é sua utilização manual, por outro lado, a

desvantagem é que a camada leve formada de fosfato de ferro pode inibir processos posteriores de fosfatização.

#### **ETAPA 3 - ENXAGUE PÓS-DESENGRAXE**

Trata da remoção dos resíduos das superfícies provenientes do estágio de decapagem ácida, evitando a contaminação do estágio subsequente do processo.

##### **Características:**

Caracteriza-se por trabalhar em regime de transbordamento contínuo para minimizar contaminação do estágio posterior.

#### **ETAPA 4 - REFINADOR DE CRISTAIS**

Sua finalidade é condicionar as superfícies a ser fosfatizadas para obtenção de uma camada de fosfato uniforme, densa e microcristalina, evitando falhas ou imperfeições da camada de fosfato depositado para não comprometer a qualidade do processo.

##### **Características:**

Utilizam-se compostos a base de fosfato de titânio, podendo ser aplicados por aspersão ou imersão.

#### **ETAPA 5- FOSFATIZAÇÃO**

É a deposição sobre a superfície de uma camada de fosfatos firmemente aderida ao substrato, preparando para receber revestimentos orgânicos, proporcionando melhor aderência e resistência à corrosão, ou lubrificantes nas operações de deformação a frio ou em partes móveis. A fosfatização sozinha não tem muito valor protetivo contra a corrosão nas superfícies metálicas, porém, quando associada à pintura, ela assume uma importância muito grande, pois, além de melhorar a aderência da tinta, converte a superfície metálica que é sensível a corrosão, em uma superfície não metálica, de fosfato e com isso mais resistente.

**Características:**

Consiste basicamente em fosfatos metálicos dissolvidos em solução aquosa de ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), podendo ser aplicado por aspersão ou imersão.

**Tipos de fosfato**

Classificação	Características	Aplicação
Fosfato de Ferro	Estrutura Amorfa Boa aderência das tintas Boa resistência à corrosão	Imersão/Aspersão
Fosfato de Zinco	Estrutura Cristalina definida Excelente aderência das tintas Excelente resistência à corrosão Melhor controle visual	Imersão/Aspersão
Fosfato Tricatiônico (Zn, Ni e Mn)	Estrutura Cristalina definida Melhor controle visual Excelente absorção de lubrificantes, óleos protetivos	Imersão/Aspersão

**Formas de remoção da borra**

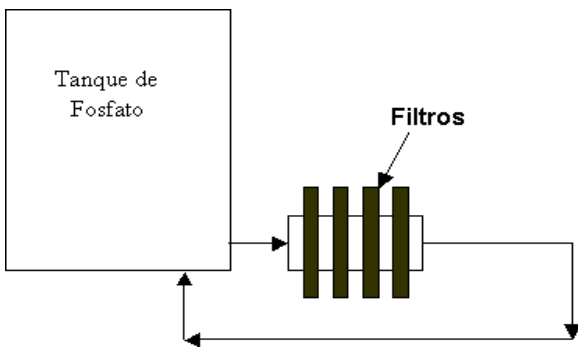


Figura 10: Filtro prensa (vista lateral)

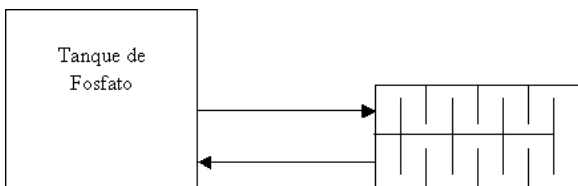


Figura 11: Decantador (vista superior)

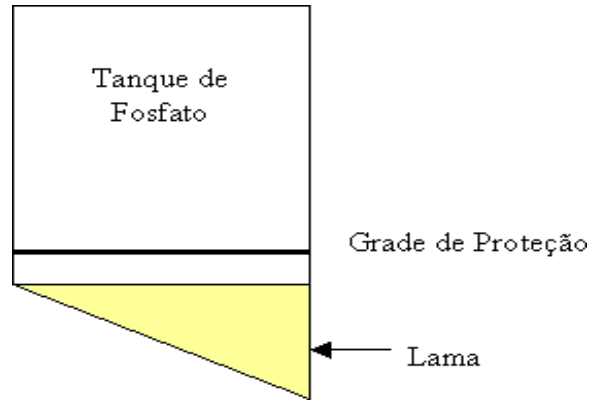


Figura 12: Tanque com fundo inclinado (vista lateral)

**ETAPA 6 - ENXAGUE PÓS-FOSFATO**

Tem como objetivo a remoção dos sais residuais, subprodutos de reação e acidez proveniente do estágio de fosfatização, para evitar contaminação do estágio posterior.

**Características:**

Trabalha em regime de transbordamento contínuo para manter a água com o mínimo de contaminação possível.

**ETAPA 7 – PASSIVAÇÃO**

**Finalidade:** Selar as porosidades existentes na camada de fosfato, pois a mesma apresenta certo grau de porosidade, independentemente do tipo de cristal. A passivação aumenta a resistência à corrosão melhorando a aderência da tinta, evitando o empolamento e corrosão filiforme.

**Características dos Passivadores:**

- Orgânicos: Composto ácido a base de resinas orgânicas ou polímero sintético.
- Inorgânicos: Composto ácido a base de cromo ou zircônio.

**ETAPA 8 - ENXAGUE – ÁGUA DEIONIZADA (DI)**

Trata da remoção dos sais solúveis residuais e do excesso de acidez proveniente da passivação, para evitar formação de blisters e focos de corrosão.

### Características:

Trabalha com água contendo baixo teor de sais, com pH e condutividade controlada, em regime de transbordamento contínuo.

### ETAPA 9 – SECAGEM DAS PEÇAS

Secar as peças em estufa com temperatura na faixa de 100°C. Geralmente as peças passam por fornos ou sopros de ar quente e toda a umidade da superfície que possa formar bolhas e prejudicar a pintura é eliminada.

### Tipos de substratos que podem ser fosfatizados:

- Aço Laminado a frio Aço Laminado a quente;
- Aço Galvanizado a quente por imersão (zincado);
- Aço Galvanizado por eletrodeposição (minimizado);
- Liga de Galvalume (70% Zinco + 30% Al) Alumínio
- Ferro Fundido;

Com isso, a imagem a baixo visa sintetizar as informações sobre as etapas do processo de fosfatização.



Figura 13: Fluxograma do processo de fosfatização

**IDENTIFICAÇÃO, ORIGEM E CORREÇÃO DE DEFEITOS EM PEÇAS FOSFATIZADAS**

<b>DEFEITO</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO</b>	<b>ORIGENS</b>	<b>CORREÇÕES</b>
<b>CAMADA MANCHADA</b>	Oleosidade	Pouco tempo de enxágüe ou renovação deficiente da água após o desengraxe.	Aumentar o tempo de enxágüe e baixar o pH da água a faixa usual.
<b>FALHA NA CAMADA</b>	Falhas com aspecto brilhante.	Concentração ou temperatura baixa no banho desengraxante ou no fosfato.	Corrigir os parâmetros de trabalho para faixa usual.
<b>MANCHA DE FERRUGEM</b>	Peças com aspecto enferrujado.	Tratamento de peças enferrujadas. Banho de decapagem insuficiente.	Verificar todas as peças para que as mesmas entrem no desengraxamento sem nenhum tipo de oxidação.
<b>MANCHA AMARELADA</b>	Peça manchada	Concentração do acelerador ou problema com o passivador.	Corrigir a concentração do acelerador para a faixa usual. Se o problema for com o passivador, descartar todo banho, preparar uma nova solução.
<b>PEÇAS COM RESÍDUO DE PÓ</b>	Peça com excessivo resíduo de pó de fosfato.	Banho de fosfato apresenta muita borra no fundo do tanque.	Se o resíduo for pequeno, limpar as peças com ar comprimido, se não, transferir o banho de fosfato para outro tanque. Após retirar toda a borra do fundo, retornar para banho previamente filtrado.
<b>BANHO CONTAMINADO</b>	Banho não funciona, apesar de todos os controles estarem dentro do especificado.	Contaminação com arsênio, chumbo, alumínio ou excesso de ferro no banho de fosfato.	Caso a contaminação seja pequena, sacrificar algumas cargas de peças, nos casos mais graves, descartar todo o banho.
<b>OBS:</b> O banho novo só deverá ser colocado, após uma minuciosa limpeza do tanque de fosfato.			

#### 4.2.5.2 Tratamento de superfície com nano cerâmico

A nano tecnologia tem sido muito usada em processos de tratamentos superficiais, uma vez que esta é ambientalmente mais favorável em comparação com o processo de fosfatização. Isso pois, possui característica como: ausência de metais pesados (NI, Cr), redução de lodo gerado. Além disso, é um processo economicamente mais viável, isso pois, existem menos etapas para a realização do tratamento e a temperatura usada durante o processo é a temperatura ambiente.

Essa nova tecnologia de pré –tratamentos de superfícies é baseada em uma combinação de nanoestrutura do tipo óxido metálico (zircônio e/ou titânio). Além disso, o banho pode conter polímeros para uma maior proteção à corrosão.

Durante o processo de pintura, as nanopartículas flutuam livremente na tinta, de tal forma que quando as peças são colocadas em altas temperaturas para o processo de cura da tinta, as redes cruzadas de nanopartículas formam uma densa rede ao contrário das longas cadeias moleculares formadas na pintura convencional. Isso permite ao verniz, por exemplo, uma proteção mais eficaz contra o desgaste. Como forma de ilustração, a figura abaixo mostra a formação da camada nanocerâmica em um substrato de aço.

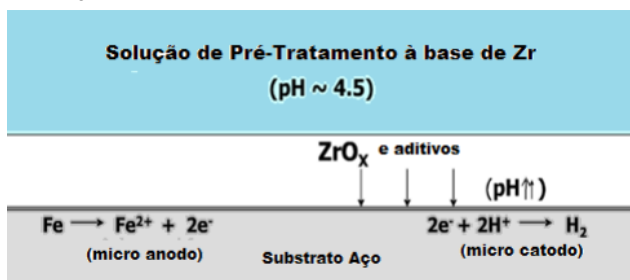


Figura 14: Camada de nanocerâmica em um substrato de aço

A aplicação do nanocerâmico ocorre em várias etapas, contudo, num processo mais simples que o da fosfatização. Essas etapas são: desengraxe alcalino, seguido de duas lavagens, sendo que a segunda é com água deionizada. Posteriormente, as peças passam pelo banho nanocerâmico e, por fim, há uma última lavagem com água deionizada.

#### 4.3 Comparativo entre tratamento de superfície por imersão e spray

As vantagens e desvantagens de cada sistema estão resumidas abaixo.

##### SISTEMA DE PRÉ-TRATAMENTO POR IMERSÃO

###### Vantagens:

- Baixo custo de instalação;
- Pode ser fora da monovia;
- Melhor proteção em áreas difíceis de limpar (partes internas);
- Peças pequenas são facilmente limpas;

É aconselhado sempre consultar o fornecedor do banho de pré-tratamento para obter a condição ideal do banho para alcançar a limpeza necessária nas peças. Todo o processo de pré-tratamento deve ser mantido na dosagem ideal de produtos químicos para garantir a eficiência da limpeza. Sistema de pré-tratamento por spray

###### Vantagens:

- Pode ser facilmente automatizado;
- A planta industrial pode ser construída em linha com a pintura a pó;
- Limpeza mais eficaz;

- Menor consumo de energia;
- Maior entrada de peças para limpeza
- Manutenção é simples.

#### **Desvantagens:**

- Não é fácil de automatizar; Processo lento;
- Tanques grandes requerem longo tempo de aquecimento;
- Consome mais energia;
- A qualidade pode variar conforme a realização do controle do banho.

#### **4.4 Sugestões simples de preparo de superfícies não ferrosas**

##### **Chapas de Alumínio e Cobre**

A superfície poderá ser desengraxada com pano limpo embebido em solventes para a remoção de óleos e graxas.

##### **Chapas de aço revestidas com Zinco**

É comum, após exposição a intempéries, o aparecimento da corrosão do zinco em superfícies submetidas à galvanização metálica do aço, isto se deve ao mecanismo de proteção. Corrosão branca é parcialmente solúvel em água, bastando um vigoroso esfregão úmido com escovas de cerdas de nylon ou fibra vegetal.

Não utilizar somente solventes para remoção de óleos ou gorduras que possam conter sobre a superfície.

**Nota 1:** Solvente não remove a corrosão branca.

**Nota 2:** Somente aplicar um tratamento com lixa, mediante indicação da área técnica e jamais, aplicar um tratamento através de escovas rotativas ou jato abrasivo.

#### **AÇO GALVANIZADO ELETROLÍTICO**

##### **Galvanizado novo**

O aço é zincado por meio de banhos onde o zinco é depositado por meio de corrente elétrica. Um eletrodo de zinco vai se decompondo para que o zinco se transfira para a peça a ser revestida. É muito conhecido como galvanizado eletrolítico.

##### **Limpeza da superfície:**

- Desengravar a peça galvanizada esfregando a superfície com panos brancos limpos embebidos em diluente até a total eliminação de oleosidade e gorduras. Trocar os panos com frequência.
- Atualmente existe a opção de limpeza da peça com a utilização de um detergente (tensoativo) que apresenta algumas vantagens, tais como: não é inflamável, pode ser biodegradável, remove os sais e compostos solúveis por ser aplicado por meio de uma solução aquosa e a oleosidade por ser um tensoativo

##### **Galvanizado pintado**

- Remover tintas anteriormente aplicadas (aderência comprometida) com removedor, seguido de raspagem/ lavagem com água doce e limpa/ desengraxe com solvente.
- Escovar (escova manual) a superfície até a eliminação total de resíduos.
- Desengravar com panos brancos, limpos e embebidos em diluente até a total eliminação de oleosidade.

##### **Galvanizado antigo**

Enquanto a chapa não apresentar corrosão vermelha, ou seja, produtos de corrosão do aço, pode-se tratar como descrito para aço zincado a quente novo.

Se a corrosão já está num estágio mais avançado e a camada de zinco já estiver

comprometida, deve-se tratar o galvanizado como uma superfície de aço enferrujada. Geralmente adotando o processo de limpeza por meio de jateamento abrasivo ou limpeza mecânica.

### Galvanizado a Fogo (envelhecido)

- a) Lavar substrato para remoção de sais solúveis, seguido de escovamento (sem polir).
- b) Desengraxar.
- c) Alternativa: jato leveiro.

### Aço Zincado por Aspersão Térmica

Caso a superfície apresente corrosão branca do zinco, lavar com água doce (potável), esfregando com escovas de nylon ou piaçaba. Não utilizar lixa. Deixar secar. Preparo de superfícies pintadas para repintura

As falhas na pintura que podem ocorrer estão relacionadas, em ordem de importância, com os fatores seguintes:

- a) Danos mecânicos na película.
- b) Limpeza não satisfatória da superfície antes da pintura.
- c) Falhas durante a aplicação.

O quadro abaixo apresenta o tratamento superficial em relação ao tipo de ambiente em que será aplicado o material.

<b>Campo de aplicação</b>	<b>Aço laminado a frio</b>	<b>Aço zincado</b>	<b>Alumínio</b>
Ambientes internos (não há requisitos especiais)	Decapagem e passivação ou Fosfatização - Fe	Desengraxe + Fosfato de Zinco	Decapagem
Ambientes internos com poluição, por exemplo, água de condensação.	Desengraxe + Fosfato de Zinco	Desengraxe + Fosfato de Zinco	Cromatização
Aplicação externa (sem agressividade muito grande).	Desengraxe + Fosfato de Zinco	Desengraxe + Fosfato de Zinco	Cromatização.
Aplicação externa (alta agressividade)	Desengraxe + Fosfato de zinco ou tricatiônico	Desengraxe + Fosfato de Zinco	Cromatização
Aplicação especial Ex. Indústria automobilística.	Fosfatização Zn com Passivação posterior ou Tricatiônico.	Fosfatização-Zn com passivação posterior	Cromatização



Alguns detalhes devem ser observados na configuração do suporte das peças no pré-tratamento:

- Pré-tratamento deve ser definido antes de pendurar a peça (instalação de pulverização ou imersão).
- A suspensão deve ser tal que as peças sejam fixadas corretamente e que também não possam se soltar durante o pré-tratamento.
- As peças devem estar suspensas de tal maneira que permitam um bom revestimento.
- Os produtos do pré-tratamento devem escoar, para que os banhos de neutralização sejam mantidos limpos. Na cabine de pintura somente podem entrar peças completamente secas.
- Ganchos universais evitam a confusão de suspensão.

Se possível, deve-se evitar que superfícies grandes sejam suspensas com a face para cima (perigo de contaminação por causa de queda de partículas).

#### 4.5 Defeitos observados na superfície

Embora não sejam considerados estritamente como contaminantes, os defeitos na superfície contribuem para o aparecimento de falhas no revestimento e precisam ser retificadas como parte do processo de preparação.

#### LAMINAÇÕES NA SUPERFÍCIE

Toda laminação deve ser removida com esmeris ou lixas rotativas

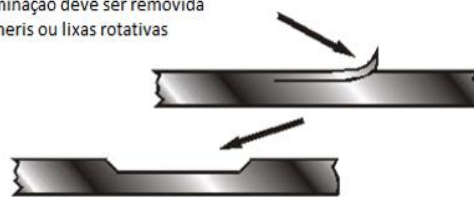


Figura 15: Laminações na superfície

Esses defeitos provavelmente ficarão expostos após o jateamento, quando eles tendem a se projetar acima da superfície. Nenhum sistema de revestimento pode cobrir adequadamente ou proteger as laminações, portanto, elas devem ser removidas por esmerilhamento ou lixamento rotativo.

#### RACHADURAS E FISSURAS PROFUNDAS

Esse tipo de defeito pode conter umidade, a qual cria pontos de corrosão. Esses defeitos devem ser esmerilhados, a menos que sejam muito profundos, caso em que devem ser preenchidos com solda e depois suavizados.

#### INCLUSÕES

Todas as inclusões nas superfícies das chapas de aço, tais como: respingos de solda, inclusive as carepas de laminação não removidas na cabine de jateamento, devem ser removidas por raspagem, esmerilhamento ou se necessário através de rejateamento.

1 - Remova os respingos observados antes do jateamento com um esmeril, martelete desincrustador

2 - Quanto aos respingos observados após o jateamento

Remova-os com um martelete desincrustador, raspadeira, etc.

Nos locais em que os respingos forem pontiagudos use uma lixa rotativa e esmeril até que eles fique arredondados

Respingos arredondados não precisam de tratamento

Figura 16: Maneiras de remoção de respingos

## BORDAS AFIADAS OU CANTO VIVO

As tintas convencionais, durante o processo de cura, tendem a escorrer das bordas afiadas ou “cantos vivos” originadas dos processos de corte das chapas, deixando um filme fino que se rompe com facilidade. Estas regiões de bordas por estarem com pouca tinta estarão mais susceptíveis à corrosão. Por isso, todas as bordas afiadas devem ser evitadas (esmerilhadas), inclusive as bordas cortadas a maçarico. Para peças mais grossas, recomenda-se que as bordas afiadas sejam suavizadas a um raio de 2-3 mm.

Remova as bordas afiadas ou bordas cortadas a maçarico com o esmeril ou lixa rotativa

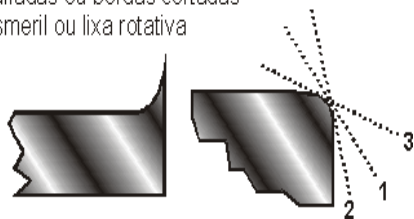


Figura 17: Bordas arredondadas

O capeamento com irregularidades ou bordas afiadas deve ser removido com lixa rotativa ou esmeril

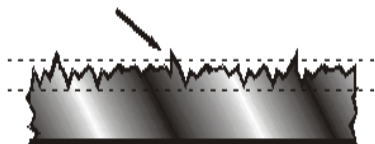


Figura 18: Capeamento irregular

De acordo com a necessidade de cada cliente, as tintas podem ser melhoradas quanto à característica de melhor desempenho nas peças nos pontos de cantos vivos, evitando que ocorra o deslocamento da tinta e consequente exposição da peça que ficará sujeita a apresentar início de pontos de corrosão nestes locais.

Quando houver a necessidade, o cliente poderá solicitar a avaliação de melhoria do produto, sendo que poderá acarretar em possível aumento de custo.

## POROSIDADE DA SOLDA - “MORDEDURA” DA SOLDA

Não é possível encobrir a porosidade da solda com a aplicação da tinta. Células de corrosão se

formam nos defeitos levando à ruptura do revestimento. Os defeitos de porosidade devem ser preenchidos com solda e suavizados se necessário.

Também conhecidas como “mordeduras” da solda podem ser difíceis de recobrir e podem levar ao aparecimento de falhas no revestimento.

Nos locais onde a delaminação excede 1mm de profundidade e tem uma largura menor que a profundidade, pode ser necessário o reparo com solda ou esmerilhamento



Figura 19: Delaminação do substrato

## CORDÕES DE SOLDA IRREGULARES

Os cordões de solda automáticos são geralmente lisos e não apresentam problemas de revestimento, mas as soldas manuais podem ter bordas afiadas ou irregulares que podem causar a ruptura do revestimento. As irregularidades devem ser desbastadas ou removidas por esmerilhamento.

## 5 PRÁTICAS DE PROJETO

São métodos que consistem na utilização de práticas reconhecidas como eficazes na proteção anticorrosiva de equipamentos e instalações industriais.

Todas essas práticas visam, de modo geral, evitar o aparecimento de pilhas de corrosão, bem como assegurar um adequado controle da corrosão, nos casos em que se torna absolutamente inevitável a sua existência.

### Dentre esses métodos estão incluídos:

Evitar contato de metais dissimilares: desta forma evita-se o aparecimento de pilhas galvânicas;

Evitar frestas: desta forma evita-se o aparecimento de pilhas de aeração diferencial e concentração diferencial;

Evitar grande relação entre área catódica e área anódica: quando existirem áreas anódicas e catódicas, as áreas anódicas devem ser substancialmente maiores que as catódicas, a fim de assegurar uma menor taxa de corrosão e, conseqüentemente, um desgaste menor e mais uniforme nas áreas anódicas;

Prever sobreesspura de corrosão: os equipamentos devem ser projetados prevendo-se uma sobreesspura de material, que será consumida durante a vida útil do equipamento, em virtude dos processos corrosivos. A sobreesspura de corrosão é uma prática de projeto bastante aplicável quando o equipamento ou a instalação estiverem sujeitos a um processo corrosivo uniforme e generalizado. Quando a corrosão se processa de forma localizada, a sobreesspura de corrosão perde totalmente o significado, não havendo aumento significativo no desempenho do equipamento; Evitar cantos vivos: os cantos vivos são regiões onde os revestimentos e películas protetoras são de maior dificuldade de aplicação e mais facilmente danificáveis, sendo, portanto, boa prática evitá-los;

Prever fácil acesso para manutenção às áreas suscetíveis à corrosão: os equipamentos ou instalações devem possuir acesso às regiões sujeitas a corrosão, a fim de que possam ser inspecionadas periodicamente e realizados os trabalhos de manutenção necessários;

Prever soldas bem acabadas: soldas com falta de penetração e outros defeitos superficiais podem propiciar o acúmulo de fluidos, depósito de sólidos (rebarbas), além de contribuírem para o aparecimento de concentração de tensões. Como se sabe, as soldas são regiões mais propensas à corrosão, por dois

aspectos principais: em primeiro lugar, o metal de adição possui quase sempre características diferentes do metal de base, e, em segundo lugar, as tensões introduzidas pela soldagem junto ao cordão de solda tornam essas regiões mais suscetíveis à corrosão;

Evitar mudanças bruscas de direção no escoamento de fluidos contendo sólidos em suspensão: fluidos contendo sólidos em suspensão provocam erosão em regiões onde haja mudanças bruscas de direção. O desgaste do material poderá ser ainda mais acelerado quando o processo erosivo for acompanhado de corrosão;

Prever drenagem de águas pluviais: as águas pluviais, ou de qualquer outra origem, quando retidas em contato com a superfície metálica, aceleram os processos corrosivos. A fim de evitar a presença de água, deve-se prever declividade nas chaparias planas e perfis, posicionar corretamente os perfis a fim de não acumularem água, prever furos para escoamento da água, etc.;

Evitar regiões em contato entre si (apoiadas), onde não haja acesso para a pintura: a entrada e o conseqüente acúmulo de eletrólito entre as duas superfícies podem provocar forte processo corrosivo.

## 6 TINTA EM PÓ

As tintas pó são um tipo de tinta o qual não possui solvente na sua formulação, ou seja, todas as matérias-primas usadas são sólidas.

### 6.1 Fatores econômicos da utilização das tintas em pó

Muitos aplicadores de tinta desejam saber o quanto a pintura em pó é mais econômica que a pintura líquida. Para responder esta questão é necessário avaliar cada tipo de aplicação. Existem

muitos aspectos e fatores que devem ser considerados para definir o valor total de um projeto.

Alguns aspectos são tangíveis como, por exemplo, custos de investimentos e tecnologia. Outros são intangíveis como, por exemplo, a qualidade e segurança.

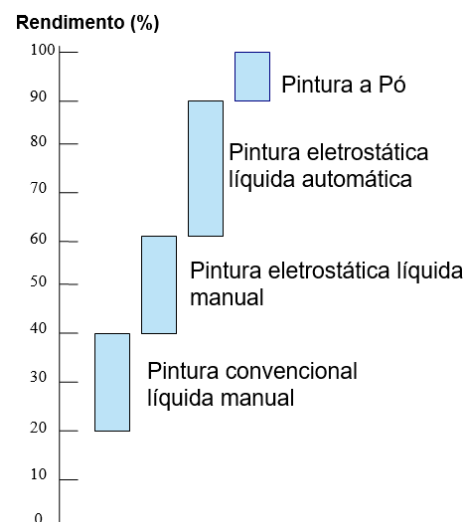
Abaixo seguem algumas vantagens da tinta em pó em termos de custos:

- a) As tintas em pó não emitem solventes durante e após a aplicação; não causam poluição atmosférica ou poluição por efluentes;
- b) Minimizam o problema de escassez do petróleo, já que não necessitam de solventes;
- c) Praticamente não existe perda de material, pois quase todo o pó é reaproveitado (98% de rendimento); O pó não utilizado pode ser coletado e reciclado, evitando problemas ambientais.
- d) Fornecida nas condições de aplicação, dispensando a preparação; Não é necessário solvente, o que reduz qualquer erro com diluição.
- e) Na maioria dos casos, dispensa o uso de tinta de fundo (primer);
- f) Possibilita repintura imediata antes da cura, bastando para isso a remoção do pó com ar comprimido;
- g) Fácil aplicação através do meio eletrostático;
- h) Elevada resistência química e mecânica;
- i) Camada de 30 a 500 microns;
- j) Não agride o meio ambiente;
- k) Redução considerável no risco de incêndio; Nenhum solvente é utilizado, o que reduz o risco de incêndio.
- l) A instalação de pintura e cura ocupa um espaço menor do que a correspondente para tintas líquidas, pois não há necessidade da zona de evaporação do solvente (Flash off). Não ocorre inalação de solventes pelos pintores, uma máscara

evita que o pó seja inalado; Não é necessário ventilação; Em contato com a pele o pó é facilmente removido quando lavado com água;

- m) Fácil reparo do filme não curado: Se alguma sujeira cair sobre o substrato, o pó é facilmente removido com a utilização de ar comprimido; O pó removido pode ser peneirado e reutilizado.
- n) Limpeza: A cabine de pintura é limpa com ar comprimido, não sendo necessário solventes de limpeza; Boas práticas de limpeza devem ser mantidas em todos os momentos para evitar contaminações.
- o) Outros fatores econômicos: O tempo do processo é geralmente reduzido, não há o “flash off” antes da cura; Espaço reduzido para estoque da tinta em pó, sem especial atenção para o risco de incêndio;
- p) Nenhum estoque de solvente é necessário.
- q) Pontos relacionados a logística: Logo após a peça sair da estufa, atingindo a temperatura ambiente pode ser embalada.

### Comparativo de rendimento entre diversos tipos de tintas



**OBS:** As faixas de eficiência são teóricas e podem sofrer alterações em função de fatores como: técnica de pintura, formulação das tintas, formato de peças, aterramento e ambiente de pintura.

## **IMPORTANTE:**

- Apesar da tinta em pó ter ganhado amplo espaço no mercado de pintura, a tinta líquida sempre terá seu campo de aplicação.
- Vale lembrar que a tinta em pó é limitada pelo fato de que ela deve ser curada, necessariamente, em estufa de cura.
- De forma geral não é possível fazer comparações das características físico-químicas entre tinta em pó x tinta líquida, pois ambas possuem características diferentes e campos de aplicações diferentes.

### **6.1.1 Segmento de mercado / produto**

No Brasil o mercado de tinta em pó está destinado em sua grande maioria aos ramos moveleiro e eletrodoméstico, mas a WEG tem à disposição produtos que atendem aos mais diversos setores. Os segmentos que mais utilizam as tintas em pó são:

#### **ESTRUTURAS METÁLICAS**

Biombos, grades para forros, estruturas metálicas, prateleiras, perfis de alumínio, elementos decorativos e de fixação para lojas, fábricas e escritórios. As características básicas são: resistência ao amarelamento, ao calor e resistência mecânica. As classes de pó mais usadas são a híbrida e a poliéster.

#### **ELETRODOMÉSTICOS**

Refrigeradores, freezers, lava-roupas, secadoras, lava-louças, aquecedores de água, fornos micro-ondas, ar condicionado, etc. Os principais requisitos são: resistência à névoa salina, a detergentes, a água quente, a abrasão, boa dureza superficial e resistência aos riscos. As classes de pó mais usadas são: epóxi (equipamentos em constante contato com os alimentos) e híbridos (eletrodomésticos em geral).

## **ACESSÓRIOS AUTOMOTIVOS**

Componentes de chassis, do motor e da carroceria, como rodas, molas, molduras de janelas, filtros de ar e de óleo, canos de escapamento, blocos de motor e radiadores. Os principais requisitos são: boas propriedades mecânicas e físicas como, resistência aos riscos, ao impacto, boa elasticidade, dureza, boa proteção anticorrosiva, resistência a produtos químicos e combustíveis e durabilidade ao exterior (para componentes de carroceria). As classes de pó indicadas são: a híbrida (peças não expostas às intempéries) e poliéster (peças expostas às intempéries).

## **MÁQUINAS E FERRAMENTAS**

Equipamentos para jardinagem, máquinas agrícolas, ferramentas manuais e empilhadeiras. Os requisitos exigidos são: boa resistência mecânica e química e boa resistência às intempéries. Classe de pó usada: poliéster e híbrida.

## **MÓVEIS METÁLICOS**

Móveis para interiores de escolas, residências, escritórios; móveis para exteriores em jardins, parques e áreas de recreio. A especificação exigida é um bom grau de resistência mecânica, resistência ao amarelamento e a umidade. A classe de pó mais indicada é a híbrida (para móveis interiores) e poliéster (para móveis exteriores).

## **EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS**

Luminárias, motores, reatores, painéis elétricos. Para exteriores indica-se o poliéster e para interiores a tinta híbrida.

### **6.1.2 Rendimento teórico das tintas em pó**

Para o cálculo do rendimento teórico de tinta em pó a seguinte relação deve ser obedecida:

$$R = \frac{1000}{C \times P_e} = m^2/kg$$

Em que:

- I. R = rendimento teórico em m<sup>2</sup>/kg
- II. C = espessura da camada em μm
- III. P<sub>e</sub> = peso específico em g/cm<sup>3</sup>

**Por exemplo:** uma tinta sendo aplicada em uma camada de 50 microns:

$$P_e = 2,0 \rightarrow R = 10 \text{ m}^2/\text{kg}$$

$$P_e = 1,6 \rightarrow R = 12,5 \text{ m}^2/\text{kg}$$

$$P_e = 1,3 \rightarrow R = 15,38 \text{ m}^2/\text{kg}$$

Com isso, pode-se concluir que para uma mesma camada de tinta, quanto menor o peso específico do pó maior será o rendimento. Para o rendimento prático deve-se levar em consideração a porcentagem do pó recuperado e também as perdas durante a aplicação da tinta que estão relacionadas ao formato e disposição das peças e condições dos equipamentos de aplicação.

## 6.2 Tinta em pó x tinta líquida

Vantagens Tinta pó vs. Tinta líquida

**Tinta pó:**

- Não usa solvente;
- Baixos riscos de incêndio;
- Redução nos prêmios de seguro;
- Tinta pronta para uso;
- Baixos índices de rejeição;
- Aplicação em uma só demão processo ecológico, não gera poluente

**Tinta líquida**

- Tecnologia conhecida
- Obtenção mais fácil de camadas finas
- Trocas de cor mais rápidas

- Maior variedade de cores sistema tintométrico

Desvantagens Tinta pó vs. Tinta líquida

**Tinta pó**

- Troca de cor mais demorada;
- As tintas não podem ser misturadas;
- É difícil aplicar a tinta em camadas baixas (abaixo de 30 μm);
- É muito difícil pintar partes internas de um objeto, com tinta líquida é possível através da pintura por imersão;
- É mais difícil pintar substrato não metálico (madeira, plástico, etc);
- O aspecto do acabamento obtido com tinta em pó é deficiente para certas finalidades, como por exemplo: acabamento automotivo;

**Tinta líquida**

- Alta dependência do petróleo
- Alto custo por m<sup>2</sup> pintado
- Necessidade de preparação (diluição)
- Risco de incêndios.
- Custo operacional maior
- Alto índice de rejeição de peças
- Necessidade de primers
- Processo poluente, gera graves efluentes industriais como os solventes e as borras de tintas

**Restrições ao uso da tinta pó**

- a) Camada mais alta em peças dobradas devido à maior atração eletrostática;
- b) Demanda de maior tempo na troca de cor durante a aplicação;
- c) É difícil obter boa pintura aplicando a tinta em camadas abaixo de 30 μm;

- d) É muito difícil pintar partes internas de um objeto. Com tinta líquida é possível através da pintura por imersão;
- e) A pintura de substratos não metálicos é mais complexa (madeira, plástico, etc.);
- f) O aspecto do acabamento obtido com tinta em pó é deficiente para certas finalidades, como por exemplo: acabamento automotivo.
- g) Aplicação limitada para peças muito grandes como por exemplo cascos de navio.

### 6.3 Classificação de tinta em pó

**Termoplásticas:** São uma classe de tintas que não passa por nenhuma transformação química durante a cura. Fundem-se de acordo com a temperatura de exposição e se solidificam com o resfriamento, permanecendo com a mesma estrutura. Apresentam características insatisfatórias como baixa resistência a solventes, alta temperatura de fusão e pequena aceitação de pigmentos.

**Termoconvertíveis:** Constituem a classe mais importante e mais comum. Apresentam reações químicas irreversíveis durante a cura, transformando a estrutura de linear para tridimensional, com alta resistência a solventes, excelente aderência, flexibilidade, etc.

### 6.4 Composição básica das tintas em pó

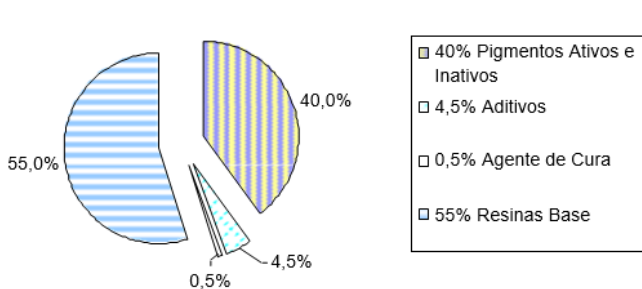


Figura 20: Porcentagem geral dos componentes básico de tinta pó

### 6.4.1 Resinas

A resina além de ser o constituinte que mais caracteriza a tinta, é o constituinte ligante ou aglomerante das partículas de pigmentos e responsável pela formação da película e adesão ao substrato. A escolha da resina é muito importante, pois, é esta que determina as propriedades das tintas, controla as propriedades do filme curado e as características físico-químicas desejadas para a pintura.

**As tintas podem ser à base de resinas:**

Epóxi, Poliéster, Híbrido (Epóxi + Poliéster), Acrílico e Poliuretano. Sendo as três primeiras as mais comuns.

#### 6.4.1.1 Resina Poliéster

Recomendado para pintura de superfícies que ficaram expostas a ações de intempéries. Em condições normais, praticamente não apresenta problemas com amarelamento e sobreforneio, apresentando resistência química um pouco menor comparada ao sistema com resina epóxi.

A tinta é composta apenas por resinas poliésteres que são obtidos por meio da reação entre um poliácido com poliálcoois.

**As propriedades mais importantes são:**

- Excelente estabilidade ao calor e a luz;
- Excelente retenção de cor e brilho;
- Excelente resistência ao intemperismo natural (raios solares);
- Excelente aspecto de acabamento, no que se refere a brilho e nivelamento.
- Apresentam também excelente adesão e flexibilidade.

### 6.4.1.2 Resina epóxi

Recomendado para pintura de superfícies que não ficarão expostas a intemperismo e aos raios solares, onde se requer alta resistência mecânica e química. As tintas epóxis são caracterizadas pelo uso apenas de resina epóxi resultando em revestimentos com excelente:

- Resistência química;
- Aderência;
- Dureza.

Outras propriedades podem ser agregadas, dependendo do tipo de agente de cura utilizado.

### 6.4.1.3 Resina híbrida (epóxi + poliéster)

Combinação de resinas epóxi e poliéster, que podem variar em proporções. Assim, a relação 50:50 resulta em revestimentos de ótima resistência química.

Aumentando-se a proporção de resina epóxi, o produto apresenta menor resistência ao intemperismo e ao amarelamento, porém com maior resistência química.

Em comparação, 70:30 (poliéster-epóxi) teremos uma tinta com melhor comportamento a intempérie, menor tendência ao amarelamento e resistência química inferior.

### 6.4.1.4 Comparativo de desempenho entre os sistemas

CARACTERÍSTICAS	EPÓXI	HÍBRIDO	POLIÉSTER
Dureza	Excelente	Bom	Bom
Flexibilidade	Excelente	Excelente	Excelente
Resistência ao intemperismo	Ruim	Regular	Excelente
Proteção anticorrosiva	Excelente	Bom	Bom

Resistência a solventes	Excelente	Bom	Bom
Aderência	Excelente	Excelente	Excelente
Estabilidade de cor com a variação da temperatura	Ruim	Bom	Excelente

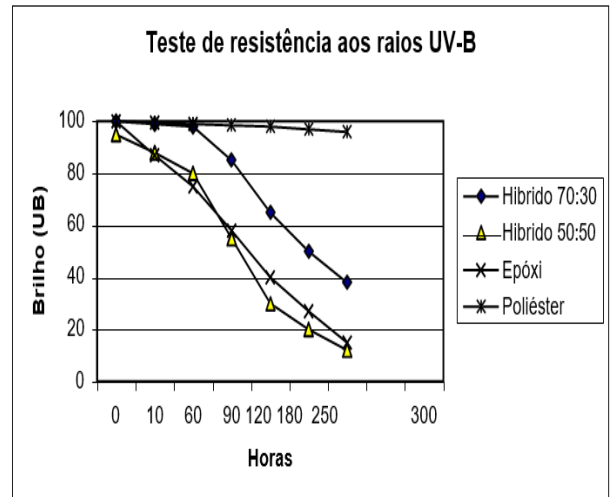


Figura 21: Comparativa de resistência a UV-B dos tipos de resinas

### 6.4.2 Pigmentos

Os pigmentos são substâncias em geral pulverulentas adicionadas à tinta para dar cor, encorpar a película ou conferir propriedades anticorrosivas. Os pigmentos devem ser inertes, resistentes à luz e ao calor. Podem ser classificados de acordo com:

#### a) Classificação de acordo com a natureza

**Pigmentos orgânicos:** são utilizados com o objetivo tintorial, conferindo cor e opacidade a tinta. Caracterizam-se por ser de baixa densidade, possuir alto brilho.

**Pigmentos inorgânicos:** são utilizados com o objetivo tintorial, porém, podem ser usados como cargas e como anticorrosivos.

Caracterizam-se por apresentar maior densidade que os orgânicos.



## b) Classificação de acordo com a finalidade

### PIGMENTOS TINTORIAIS

São os pigmentos utilizados para dar opacidade e cor. Eles são adicionados às tintas para cobrir o substrato. Os principais pigmentos deste tipo são:

**Pigmentos brancos:** o mais importante é o dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), sendo considerado uma matéria-prima básica na formulação de tintas.

**Pigmentos amarelos, azuis, laranjas, vermelhos, violetas, pretos.**

**Pigmentos metálicos:** o mais importante é o alumínio, que é responsável pelo aspecto metálico das tintas.

**Especiais:** Algumas ligas metálicas como bronze, latão, etc. na forma de pó são utilizados para efeitos dourados ou envelhecidos.

**Perolados:** são adicionados para dar um tom acetinado as tintas.

**Fluorescentes e fosforescentes:** são utilizados em tintas para ressaltar a ação da luz e o efeito decorativo.

### PIGMENTOS ANTICORROSIVOS

Estes pigmentos se caracterizam por conferir propriedades anticorrosivas à película de tinta. Também conhecidos como pigmentos protetores, são pigmentos metálicos presentes na tinta de fundo que promovem proteção catódica galvânica.

O zinco metálico é o pigmento usado em tintas de fundo altamente pigmentadas. O pigmento de zinco não tem a sua importância ligada a cor e sim a proteção anticorrosiva. As tintas deste tipo são chamadas ricas em zinco. Estas tintas são utilizadas em condições severas, atmosferas altamente agressivas (especialmente atmosfera marinha).

## 6.4.3 Cargas

Pertencem a classe dos pigmentos, também denominados reforçantes e encorpantes, desempenham importante papel na formulação das tintas, conferindo-lhes propriedades especiais, reforçando a película, influenciam no custo final do produto, no brilho e na dureza da película, proporcionam enchimento e melhora na proteção do filme por barreira.

### PRINCIPAIS TIPOS DE CARGAS

**Carbonatos:** os mais importantes são os carbonatos de cálcio (calcita) e o carbonato de magnésio (dolomita).

**Sulfatos:** os mais importantes são o sulfato de bário precipitado e natural (barita). Possuem elevada resistência química e são recomendados em tintas de alto brilho.

## 6.4.4 Aditivos

Mesmo depois da escolha da resina, do pigmento e do agente de cura, alguns ajustes na formulação podem ser necessários para modificar as propriedades do filme curado e/ou atingir a condição ideal de aplicação e cura do produto.

Os aditivos são constituintes que aparecem de acordo com a exigência de qualidade do cliente, com objetivo de melhorar certas características ou propriedades da mesma.

Podem ser agrupados em diferentes classes, cada uma das quais se refere a determinadas propriedades a serem alcançadas ou maximizadas.

### Aditivos de superfície

Os mais comuns são as ceras sintéticas baseadas em hidrocarbonetos, que quando

adicionadas nas tintas, atuam na superfície do filme, melhorando algumas propriedades, tais como:

- a) Resistência a risco.
- b) Criar o efeito de textura no filme da tinta.
- c) Melhorar o alastramento e evitar a formação de crateras.

#### **Aditivos para melhorar a pulverização**

Estes aditivos são constituídos fundamentalmente por sílica e óxidos de alumínio.

O uso de aditivos adequados possibilita a boa fluidez do pó, evitando a sua aglomeração. As operações de moagem e de classificação por peneira são facilitadas conseguindo-se uma melhor produtividade e eficiência. A boa fluidez da tinta em pó contribui para que a aplicação ocorra sem problemas.

#### **Aditivos Fosqueantes (mateantes)**

São substâncias adicionadas nas tintas em pó, com o objetivo de reduzir o brilho do revestimento. Os mais comuns são baseados em sílicas ou ceras sintéticas.

#### **6.4.5 Agente de cura**

##### **Endurecedores / Reticulantes ou Agente de cura:**

Substâncias que reagem com a resina formando o polímero (TGIC ou Primid).

**Catalizadores:** Substâncias que são adicionadas a tinta para acelerar o processo de reação (polimerização) de formação do filme de tinta entre as resinas e o endurecedor.

O agente de cura não deve reagir à temperatura ambiente e sim a temperaturas entre 140 e 200°C.

## **6.5 Estabilidade e armazenamento**

**Armazenamento:** Estocar o material em áreas, secas, cobertas, bem ventiladas, sempre dentro de suas embalagens originais, na temperatura ambiente máxima de 30°C e bem identificadas.

Manter o produto longe de fontes de calor e de ignição, afastado de alimentos e agentes oxidantes. Manter as embalagens sempre fechadas e identificadas. Embalagens abertas devem ser fechadas cuidadosamente e armazenadas com a abertura para cima, para impedir qualquer vazamento.

Pode-se empilhar no máximo 4 caixas. Proteger do calor e raios solares diretos. Observar as orientações da etiqueta e embalagem.

**Estabilidade:** A estabilidade está relacionada ao prazo de validade que é o tempo de vida útil da tinta em prateleira (até 30°C, por 06 meses). Tintas com umidade perdem carga eletrostática e prejudicam a fluidização. Raios solares diretamente na caixa prejudicam a estabilidade (maior temperatura, menor a estabilidade). Estocar o produto em local seco/abrigado e longe de fontes de calor; Tintas com alta reatividade (baixa cura) têm menor estabilidade em relação a temperatura ambiente.

## **6.6 Processo de fabricação da tinta em pó**

A produção de tinta em pó consiste em uma série de etapas distintas: Pré-mistura, Extrusão, Resfriamento, Micronização, Classificação e Embalagem.

Para cada etapa da produção, deve ser feito um rígido controle de qualidade, pois uma vez que a tinta em pó está pronta ela já não pode ser mais ajustada. A

figura abaixo ilustra o processo de fabricação da tinta em pó

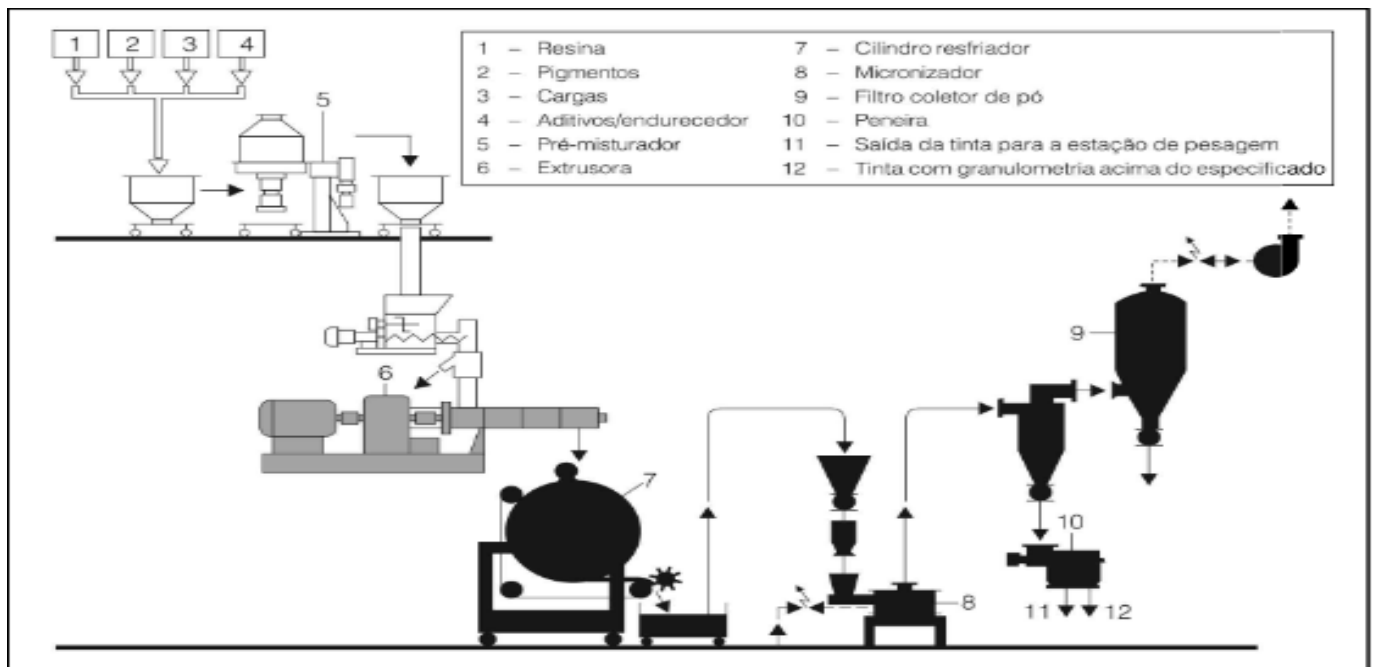


Figura 22: Fluxograma do processo de produção de tinta em pó

## PRÉ-MISTURA

As matérias-primas, que se encontram na forma de sólidos, são misturadas em um misturador apropriado até atingirem uma homogeneização adequada. Devem ser evitados pós muito finos por serem de difícil mistura. Esta é uma operação realizada à temperatura ambiente.

A pré-mistura deve garantir uma homogeneização perfeita a fim de se obter uma tinta em pó uniforme nas suas propriedades.

**Nota:** nesta etapa ocorre o ajuste de cor e demais propriedades da tinta através da retirada de pequenas amostragens do pré-mix (1 Kg) que é passada via extrusora (laboratório) para posterior aplicação de chapas e avaliação de suas propriedades.

## EXTRUSÃO

A homogeneização dos ingredientes da tinta em pó, que havia sido iniciada na pré-mistura (operação anterior), é completada na extrusão. As resinas usadas em tinta em pó se fundem entre 75 e 105 °C, resultando em líquidos muito viscosos nesta faixa de temperatura. A grande força de cisalhamento provocada pelo movimento da rosca extrusora em tal meio viscoso resulta em uma dispersão adequada dos pigmentos, cargas, resina e aditivos, conseguindo-se assim uma homogeneização eficiente.

As propriedades do revestimento são fortemente influenciadas pelas condições de extrusão: força de cisalhamento (proporcionada pelo canhão rosca da extrusora), tempo de residência do material dentro do canhão, temperaturas da extrusão, etc.

Por todos estes aspectos, é de fundamental importância a escolha da extrusora. As extrusoras mais adequadas para a produção de tinta em pó podem ser de dois tipos:

- a) Uma só rosca: é dotada de movimento de vai-e-vem simultâneo e giratório.
- b) Duas roscas iguais.

A boa dispersão dos pigmentos e das cargas, como em qualquer tinta, é fundamental para se conseguir uma maximização do poder de cobertura, bem como uniformidade do aspecto do revestimento.

## RESFRIAMENTO

O material fundido, em forma de pasta com alta consistência, necessita ser resfriado o mais rápido possível tão logo saia do canhão. Geralmente faz-se o material passar entre dois rolos resfriados com água que vão continuamente conferindo ao material a forma de uma lâmina.

Essa lâmina é depositada na extremidade de uma esteira de aço inoxidável que irá resfriá-la. No extremo oposto a extrusora, é acoplado um dispositivo que vai continuamente reduzindo a lâmina de tinta em pequenos grânulos na forma de chips, agora sólida, os quais posteriormente serão convenientemente micronizados.



Figura 23: Exemplo de calandra de resfriamento

As extrusoras mais antigas possuem esteiras mais longas, porém nos dias atuais há extrusoras com esteiras compactas que realizam o resfriamento da mesma maneira ou até com melhor eficácia.



Figura 24: Exemplo de extrusora com esteira longa



Figura 25: Exemplo de extrusora com esteira compacta

## MICRONIZAÇÃO

É uma etapa muito importante do processo, pois a curva de distribuição do tamanho das partículas moídas, também chamada de perfil granulométrico, é fundamental para a aplicação e aspecto final da película.

A moagem de sólidos é um processo mecânico no qual a redução do tamanho das partículas é conseguida através do impacto dos grânulos na superfície do moinho.

A operação de moagem, também chamada de micronização, deve permitir um controle do tamanho das partículas (granulometria) e de fluidização dentro de parâmetros preestabelecidos. Estas duas características são muito importantes para que a tinta

apresente uma boa aplicabilidade, resultando no aspecto do acabamento desejado.

## CLASSIFICAÇÃO E EMBALAGEM

Imediatamente após a moagem a tinta passa pelo processo de classificação por meio de peneiras rotativas ou vibratórias. As aberturas mais comuns estão entre 80 e 140 mesh (depende do tipo de tinta).

As partículas grossas são retiradas pela malha superior, as finas são classificadas pela malha inferior, enquanto o material desejado é coletado pela malha intermediária. A separação das tintas muito finas deve ser feita através de ciclones, já que as peneiras não apresentam bom rendimento na sua separação.

## 7 APLICAÇÃO

### CARACTERÍSTICAS DAS PEÇAS PINTADAS

- **Quanto à cura:** de uma maneira geral, recomenda-se, para obtenção do melhor desempenho do produto, 10 minutos a 200°C, considerando temperatura da peça, independente da massa ou volume.

**IMPORTANTE:** Quando se deseja aplicar duas camadas de tinta é necessário realizar uma pré cura para que a película sobreposta à primeira possa aderir firmemente. Em geral a pré-cura da primeira camada pode ser realizada entre 5 a 10 minutos a 140 a 180°C dependendo do tipo de peça e/ou produto, depois que a segunda camada é aplicada realiza-se a cura completa a 10 minutos a 200°C (de acordo com a especificação do produto). Caso não seja realizada a pré-cura na primeira camada de tinta, poderá ocorrer falha na adesão entre camadas, resultando em descascamento ou falta de aderência.

- **Espessura de camada de acordo com o tipo de Tinta:**

- Filme Liso baixa camada: 30 a 40 micrômetro
- Filme Liso: 50 a 70 micrômetro
- Filme Texturizado: 70 a 90 micrômetro

- **Acabamentos disponíveis**

*Quanto ao brilho*

- 0 – 14 UB - Ultra Fosco
- 15 – 29 UB - Fosco
- 30 – 59 UB - Semi Fosco
- 60 – 79 UB - Semi Brilho
- 80 – 100 UB – Brilhante

*Quanto ao aspecto visual*

- Liso
- Texturizado
- Craqueado
- Enrugado
- Metalizado
- Perolizado
- Microtexturizado

**CONSIDERAÇÕES QUANTO A APLICAÇÃO**

- **Aplicações:** Substratos metálicos em geral (aço, alumínio, cobre, latão, ligas diversas, chapas galvanizadas, etc.). Pode ser aplicado também sobre cerâmicas (telhas) e vidro, mediante recomendação técnica.
- **Equipamentos Pintura:** Depende exclusivamente da estrutura que o aplicador possui em termos de cabine e estufa.
- **Retóques e repintura:** A pintura a pó após a cura, não admite retoques somente em algumas partes do objeto. Deve-se repintá-la por inteiro, reduzindo-se a tensão na pistola (aproximadamente 40 - 50 kV).

**Sistemas de Aplicação:**

- Leito fluidizado (peça pré-aquecida)
- Leito fluidizado eletrostático
- Pistola eletrostática - Efeito corona
- Pistola eletrostática - Efeito tribo

**REGULAGEM DO SISTEMA DE APLICAÇÃO**

**a) Pistolas Manuais Eletrostáticas:**

- Vazão do pó: 1,5 a 3,0 bar
- Tensão Elétrica: 80 a 100 kV.
- Pressão de fluidização: 5 a 10 psi
- Distância pistola/peça: 15 a 20 cm
- Diâmetro do defletor: Áreas grandes: Maior; Áreas pequenas: Menor.
- Repintura: Reduzir a tensão para 40 - 50 kV (aproximadamente).

**b) Pistolas Automáticas (Reciprocador Elétrico-mecânico)**

- Vazão de transporte do pó: 10 a 50 psi
- Vazão de transporte do ar: 10 a 30 psi
- Tensão Elétrica: 70 a 100 kV
- Pressão de Fluidização: 5 a 10 psi
- Distância pistola/peça: 35 a 45 cm
- Posição das pistolas: Paralelas
- Velocidade dos reciprocadores: Sincronizada com a velocidade da linha (monovia).
- Repintura: Reduzir a tensão para 40 kV aproximadamente.

**c) Pistolas Tribo**

- Vazão de transporte do pó (bar): 2,0 a 3,0
- Vazão do transporte do ar (bar): 2,0 a 3,0
- Carga da tinta (mínimo exigido): 1,5 a 3,5
- Pressão de fluidização: 5 a 10 psi
- Umidade relativa do ar no ambiente: máx. 85%
- Umidade do ar em contato com a tinta: 3 a 6%

- Distância pistola/peça: Depende do tipo de peça.
- Repintura: Reduzir as vazões de transporte entre: 1 a 1,5 bar

## 7.1 Sistemas de aplicação de tinta em pó

### 7.1.1 Leito fluidizado simples (chapa pré-aquecida)

Conhecido como sistema de leito fluidizado simples. O ar, seco e filtrado, é insuflado através de uma placa porosa sobre a qual está a tinta em pó. Em uma adequada vazão de ar, o pó é suspenso, formando uma nuvem densa que se comporta como um fluido.

O objeto a ser pintado, que foi previamente aquecido à temperatura superior à de fusão do pó, é mergulhado nesta nuvem.

A tinta em contato com a superfície aquecida funde-se aderindo a peça. Para a remoção do excesso de pó a peça é submetida a um ligeiro movimento vibratório. Dependendo da geometria, capacidade térmica e espessura da peça, pode ou não haver a complementação da cura em estufa apropriada.

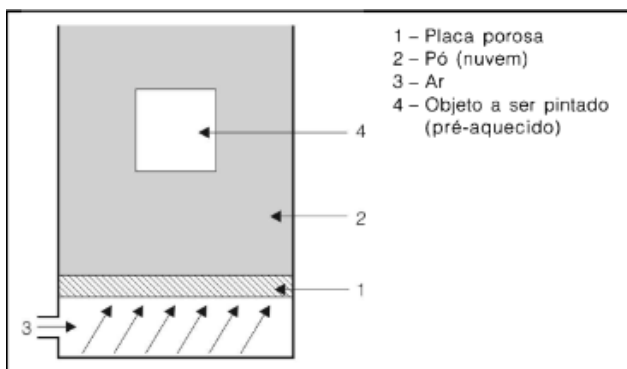


Figura 26: Esquema de equipamentos de aplicação de leito fluidizado

### 7.1.2 Leito fluidizado eletrostático

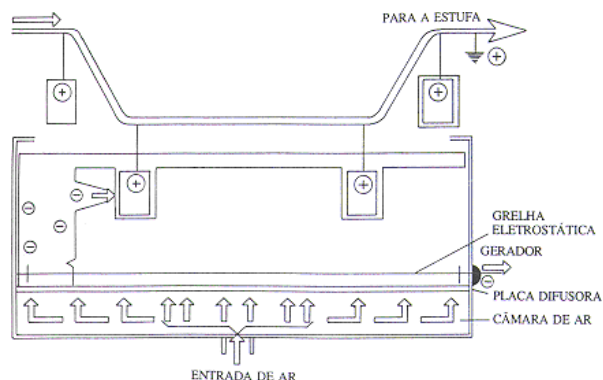


Figura 27: Esquema Leito Fluidizado eletrostático

A peça a ser pintada é aterrada, e não há necessidade de ser aquecida, pois as partículas carregadas eletrostaticamente são a ela atraídas. As partículas fluidificadas são carregadas eletrostaticamente pelos eletrodos conectados a um gerador adequado.

Este sistema permite pintar peças com geometria mais complexas que no caso anterior, possibilitando um melhor controle da camada e resultando em uma melhor uniformidade do filme de tinta. Após a pintura é recomendado efetuar a cura em estufa seguindo a recomendação do produto.

### 7.1.3 Pistola eletrostática

Pistolas são equipamentos de precisão, e como tal, não podem sofrer quedas ou batidas. Modelos de pistolas e tamanhos de defletor definem a melhor característica de aplicação.

Os fabricantes de equipamentos são os responsáveis, por informar qual o modelo, tamanho de defletor e pressão de ar ideal para a aplicação, avaliando o tipo de peça a ser pintada.

A mistura ar/tinta sai pelo bico da pistola formando assim um leque, cujo tamanho e formas são reguláveis, através do posicionamento e tamanho do defletor.

A vazão do revólver não pode ser entendida pelo termo: “mais tinta, maior rendimento”, ao contrário, geralmente aumentando a vazão do revólver, o rendimento tende a diminuir. O que tem maior influência não é a quantidade de pó projetado e sim a vazão de pó ionizado plenamente.

Um bom revólver eletrostático deverá permitir o trabalho com a seguinte relação:

$$\frac{\text{Pó depositado}}{\text{Pó projetado}} = \text{mais elevado possível}$$

Uma pistola proporciona uma pintura eletrostática quando cumprir as seguintes funções:

- Pulverizar ao máximo o produto;
- Transferir ao produto o máximo de carga elétrica;
- Criar um campo de força elétrica.

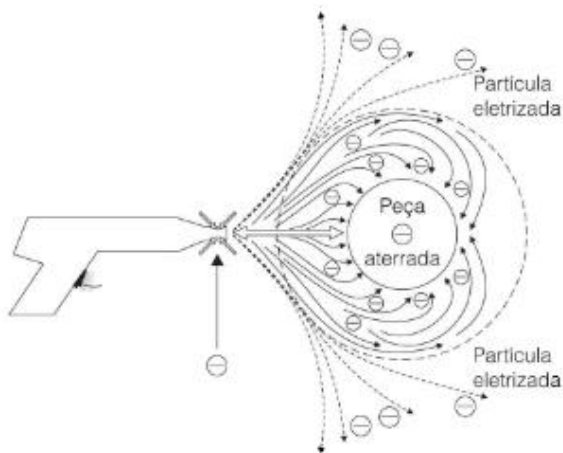
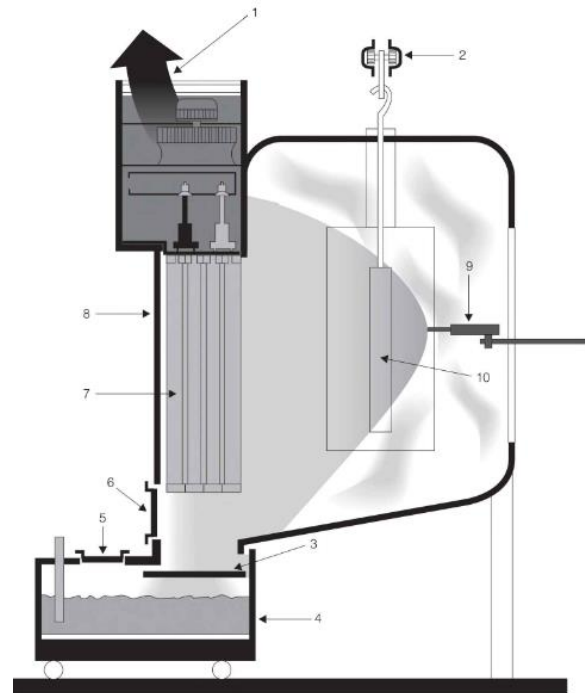


Figura 27: Esquema de pintura com pistola eletrostática

Os resultados obtidos com uma pistola bem ajustada são:

- Redução do tempo de aplicação;
- Economia em consumo de tinta;
- Camada aplicada homogênea.

É aconselhável fazer manutenções periódicas na pistola de aplicação para garantir a eficiência da tensão gerada no bico da pistola.



- 1 - Exaustor
- 2 - Transportador da peça a ser pintada
- 3 - Peneira - Recuperação do pó do overspray
- 4 - Reservatório do pó
- 5 - Porta de carga do pó
- 6 - Janela de inspeção
- 7 - Filtro de mangas
- 8 - Recuperação do pó (overspray)
- 9 - Revólver
- 10 - Peça a ser pintada

Figura 28: Esquema de aplicação de tinta em pó

### 7.1.3.1 Pistola eletrostática de efeito corona

O desenvolvimento deste sistema se deu no início da década de 1960, por fabricantes de revólveres eletrostáticos para aplicação de tinta líquida. A pulverização eletrostática foi uma das razões do grande e rápido desenvolvimento das tintas em pó.

O campo elétrico é resultante da descarga de íons gasosos na extremidade de uma fonte de alta energia elétrica. Na prática, isto é atingido mantendo-se um potencial de 20 a 100 kV nos eletrodos existentes no bico do revólver.



Neste processo, o potencial é garantido por um gerador elétrico que pode suprir até 100 kV e correntes elétricas baixas de no máximo 100 microampères.



Figura 29: Efeito Corona

As partículas com carga negativa são atraídas pela **peça a ser pintada** (polo positivo ou neutro) numa velocidade e eficiência que dependem da intensidade do campo elétrico, pressão de ar e principalmente do aterramento.

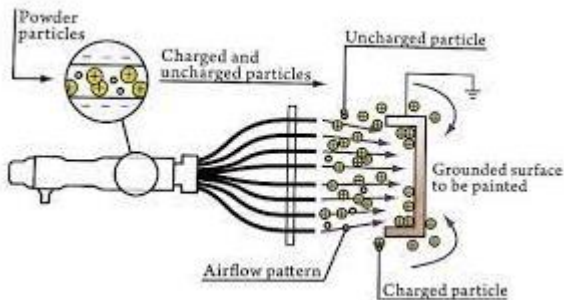


Figura 30: Mecanismo da pistola de efeito corona



Figura 31: Equipamento de aplicação manual de tinta em pó

### 7.1.3.2 Pistola eletrostática de efeito tribo

Neste processo, as partículas adquirem carga elétrica quando são friccionadas numa superfície adequada. O princípio básico já é conhecido desde os primeiros estudos sobre a eletricidade: quando dois materiais isolantes são friccionados um contra o outro e a seguir separados, tornam-se eletrizados com cargas elétricas opostas, isto é, positiva para um e negativa para outro.

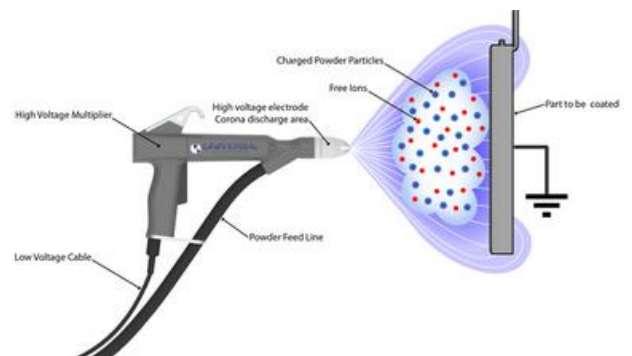


Figura 32: Mecanismo da pistola de efeito tribo



Figura 33: Pistola de aplicação manual do tipo tribo

Na parte interna do revólver há uma superfície, na qual, as partículas são friccionadas (na maioria das vezes, confeccionada com teflon). Este material reúne uma série de vantagens para tal finalidade, é isolante elétrico, apresenta superfície lisa e sem atrito, dificultando a aderência das partículas de pó.

Nem todos os tipos de tinta em pó podem ser aplicados com pistola tribo, a exigência é que a tinta em pó seja um bom doador de elétrons, como por exemplo, a tinta epóxi. As tintas para aplicação a Tribo levam aditivos específicos para se conseguir boa performance de aplicação.

### 7.1.3.3 Comparativo entre sistema corona e tribo

#### PISTOLA TIPO CORONA

- É o sistema mais utilizado em pinturas com tintas em pó ( $\pm 98\%$ ).
- É necessária fonte de alta tensão.
- Carga resultante negativa.
- Pode gerar espessuras de camada baixa onde a própria pressão do ar remove a tinta não curada.
- Permite um bom controle da camada.
- Forma Gaiola de Faraday dificultando a pintura nos cantos e internamente.
- Pode gerar ionização de retorno.

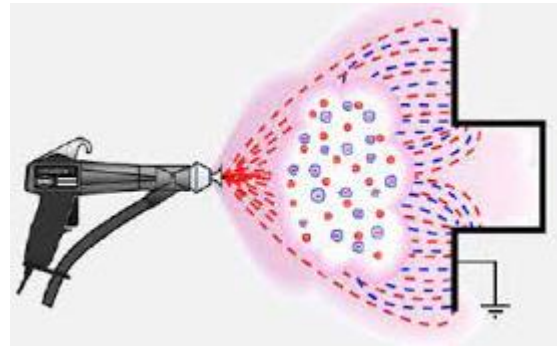


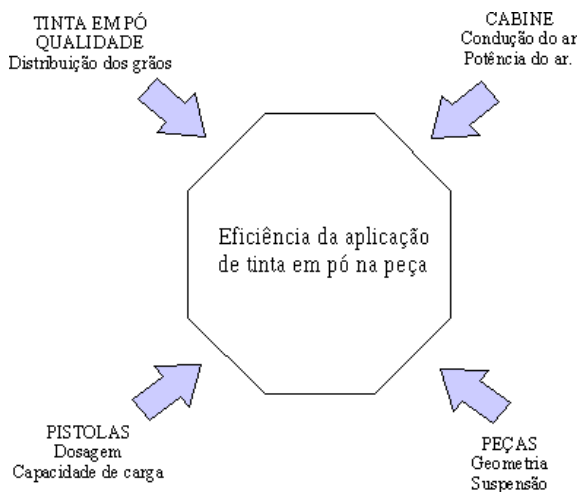
Figura 34: Efeito gaiola de Faraday

#### PISTOLA TIPO TRIBO

- Não necessita de uma fonte de alta voltagem.
- Campo elétrico de baixa voltagem, em função de ser gerada por atrito (teflon).
- Carga resultante positiva.
- Não forma Gaiola de Faraday (pinta internamente e nos cantos com a pressão de ar).
- Facilidade na repintura.
- Eficiência do processo diminui com o tempo de operação, devido a deposição de pó que ocorre no compartimento interno (teflon), mesmo sendo uma superfície lisa. Perde eficiência nas aplicações contínuas.
- Não é adequado para grandes áreas, devido à baixa vazão de pó.
- O processo de eletrização depende do tipo de tinta (considerado melhor para as tintas epóxis).

### 7.2 Parâmetros de influência na aplicação de tintas em pó

Abaixo segue alguns parâmetros que influenciam diretamente na qualidade da pintura:



### CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE INSTALAÇÕES PARA APLICAÇÃO DE TINTAS EM PÓ.

Sendo uma instalação de pintura de tintas em pó, um conjunto de diversos elementos, temos que admitir que, inevitavelmente a qualidade do acabamento é estritamente dependente das características deste conjunto, além logicamente, da qualidade do produto utilizado.

Portanto temos que partir do princípio que:

- Produtos de baixa qualidade + instalações adequadas dificilmente proporcionarão bons resultados.
- Produtos de boa qualidade + instalações inadequadas não proporcionarão, de maneira regular, bons resultados.

Um conjunto resultará em bons resultados quando a interconexão dos seus diversos elementos for perfeita, bem planejadas, tornando-se necessário, além dos cálculos teóricos, uma boa instalação das mesmas.

Antes de iniciar a pintura, para evitar problemas futuros, devemos definir a instalação de aplicação considerando os seguintes itens:

- Qualidade da tinta em pó.
- Tratamento de superfície adequado.

- Desempenho da rede de ar.
- Funcionamento da pistola eletrostática (tensão).
- Funcionamento do sistema de fluidização.
- Mangueiras de transporte.
- Cabine de pintura.
- Filtro de retenção do pó.
- Funcionamento do sistema de peneiramento do pó a recuperar.

Na definição das etapas acima, os itens abaixo devem ser considerados para o correto dimensionamento dos equipamentos.

- Superfície a ser pintada ( $m^2$ ) - número de peças, tipo, tamanho, espessura.
- Peso das peças (forma de pendurar nos suportes).
- Tipo de material ou substrato (aço, alumínio, etc.).
- Estado da superfície das peças recebidas para pintura (presença de óleo, oxidação, etc.).
- Grau de qualidade da pintura exigida pelo cliente final (isenção de pontos, contaminações, impurezas)

### LINHA DE PINTURA DE TINTA EM PÓ

Quando se fala de aplicação de tinta em pó tem que se lembrar que o processo de revestimento é geralmente baseado na aplicação eletrostática com o uso de revólveres especiais. Alguns itens devem ser considerados:

- Equipamento de aplicação eletrostática (fonte de alta tensão/pistola);
- Cabine de aplicação/ recuperação.

A condição ideal de aplicação, consiste em enviar as peças para a cabine de pintura na temperatura variando de ambiente até 60°C. Peças quentes poderão proporcionar a perda do controle de espessura com consequentes irregularidades no acabamento.

Para que o conjunto possa proporcionar melhor rendimento, devemos considerar parâmetros importantes, tais como:

- Definição da quantidade horária de pó a ser utilizado;
- Número de pistolas a serem instalados;
- Existência ou não, de pontos de retoque;
- Ventilação da cabine de pintura;
- Aplicação manual ou mecânica;
- Aterramento e limpezas das gancheiras.

Não devemos esquecer que para alcançar um bom rendimento também dependemos fundamentalmente de 3 fatores importantes:

- Configuração das peças;
- Vazão de cada pistolas;
- Características do pistolas eletrostático.

As peças planas proporcionam um rendimento muito superior em relação a peças com geometria complicada (ângulos e reentrâncias).

#### **LINHA DE AR COMPRIMIDO**

O ar comprimido é usado para alimentação de todo o sistema de pintura a pó incluindo as pistolas e o tanque de fluidização. Também é utilizado durante o processo de limpeza e troca de cores.

O ar deve chegar limpo e seco à pistola, em volume e pressão suficientes (filtrado, livre de contaminações por óleos, poeiras e umidade). Para que isto ocorra, se faz necessário um conjunto de acessórios que compreende: Compressor, tubulações de diâmetro suficiente, reguladores de pressão com manômetros em bom estado de funcionamento, filtros separadores de água e óleo e mangueiras com comprimento e diâmetro adequado.

#### **COMPRESSOR DE AR**

Deve apresentar uma boa capacidade de geração de ar, suficiente para manter uma boa pressão durante o processo de aplicação. O local de instalação do compressor deve ser:

**Limpo:** para evitar que a poeira venha a entupir o filtro de entrada de ar.

**Seco:** para evitar acúmulo de água no reservatório, causado pela umidade do ar.

**Ventilado:** para melhor resfriamento do cabeçote.

**De fácil acesso:** para facilitar sua manutenção e nivelado.

- a) Verificar constantemente o nível de óleo do Carter.
- b) Retirar diariamente a água acumulada no reservatório e filtro de ar.

#### **TUBULAÇÃO DE AR**

Deve ser de aço galvanizado com bitolas de  $\frac{3}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  polegada, dependendo do volume de ar necessário. Deve ser a mais direta possível para evitar perda de pressão e instalada com inclinação no sentido do compressor, para que em caso de acúmulo de água e óleo, estes retornem facilmente ao reservatório.

#### **FILTRO REGULADOR DE AR**

Instalar filtro regulador de ar em posição vertical, próximo ao pintor para facilitar a regulação da pressão desejada. Distância mínima de 7 metros do compressor, para que o ar sofra resfriamento, e a umidade possa condensar para posterior eliminação da água no filtro.

#### **RESERVATÓRIO DE FLUIDIZAÇÃO**

A fluidização deve ficar com a pressão de ar entre 5 a 10 psi. Se a fluidização estiver muito baixa podem ocorrer “golfadas” (grandes quantidades de pó

saem de uma única vez pela pistola), prejudicando a uniformidade da película de tinta.

- Manter o reservatório sempre tampado.
- Evitar que a tinta “durma” de um dia para o outro na cabine, pois, esse procedimento evita que a tinta absorva umidade.

### **MANGUEIRAS E CONECCÇÕES**

Mangueiras com diâmetro e comprimento inadequado podem ocasionar grandes quedas de pressão. Utilizar conexões do tipo rosqueadas, pois são facilmente removíveis e evitam vazamentos de ar.

### **CABINES DE PINTURA**

É na cabine de pintura onde se realiza o processo de pintura eletrostática. Há diversos tipos de cabine no mercado, sendo que nas mais simples o pó é aplicado por um único pintor com a peça “estacionada” na cabine.

#### **CABINE DE PINTURA MANUAL**

As cabines de pintura de tinta em pó manual geralmente são confeccionadas em chapas de aço carbono ou aço inox. Após a aplicação, a névoa de tinta é exaurida pelo sistema de recuperação de pó integrado a cabine, sendo armazenada pelo sistema de coleta de pó em caixa tipo gaveta.

Possuem um sistema de venezianas metálicas formando um anteparo para a névoa de tinta não chegar diretamente nos sistemas de filtros tipo cartucho cilíndrico, de poliéster ou celulose. O sistema de filtragem é purgado manualmente por jatos de ar comprimido proveniente do pulmão de ar.

Podem conter um abafador sonoro, que evitará ruídos elevados do sistema de exaustão. Algumas cabines podem conter túneis laterais para passagem de peças (entrada e saída), podendo adaptar-se a transportadores aéreos de deslocamentos manuais,

possibilitando a aplicação em linhas estacionárias ou semi-contínuas. As cabines são projetadas com pés fixos.



*Figura 35: Cabines de pintura estacionária com recuperação tipo cartucho*

### **CABINES DE PINTURA AUTOMÁTICAS**

As cabines de pintura de tinta em pó automáticas geralmente são confeccionadas em chapas de aço carbono ou aço inox, formando um conjunto compacto e autossustentável.

Na versão "automática com ciclone", após a aplicação, a tinta em pó pulverizada é exaurida pelo sistema tipo ciclone intermediário, onde sofrem decantação e são armazenadas pelo sistema de coleta de pó em caixa e reaproveitadas, enquanto que as partículas finas de pó são sugados pelo coletor e retidas por pós-filtros e armazenadas na caixa de descarte. Esta cabine permite a troca rápida de cor, necessitando-se apenas a substituição da mangueira de sucção e da caixa coletora de pó.

Quando fabricada com filtros tipo cartucho cilíndrico, em poliéster laváveis são purgados automaticamente por jatos de ar comprimido. Tanto o corpo da cabine quanto o sistema de ciclone e coleta de pó podem ter movimentação através de rodízios deslizantes, sendo também possível a inserção de sistemas de pinturas com reciprocadores ou osciladores para pistolas automáticas.

As tintas em pó aplicadas, que não foram depositadas nas peças, são direcionadas para recuperação através do sistema de coleta de pó com peneiramento automático e leito fluidizado, para posterior reaproveitamento da tinta.

A cabine é interligada com o sistema de pulmão de ar comprimido utilizado para bombeamento e transferência do pó e filtragem com purga automática.

Outra versão é a “automática flexível”, onde temos portas independentes laterais com aberturas totais, facilitando a passagem de peças, independente do comprimento delas, adaptando-se tanto para linhas contínuas quanto estacionárias.

Todo o comando e controle elétrico são realizados manualmente através de chave de partida direta, ou automaticamente pelo CLP.

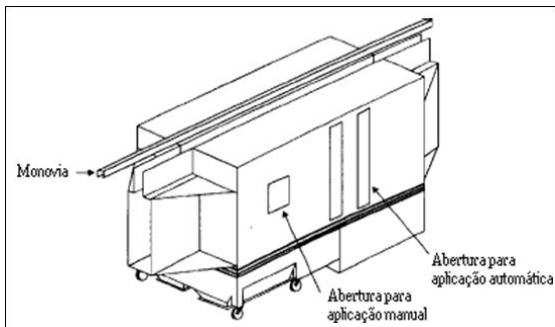


Figura 36: Cabine de pintura eletrostática manual e automática (para sistema contínuo)



Figura 37: Cabine de pintura, linha contínua

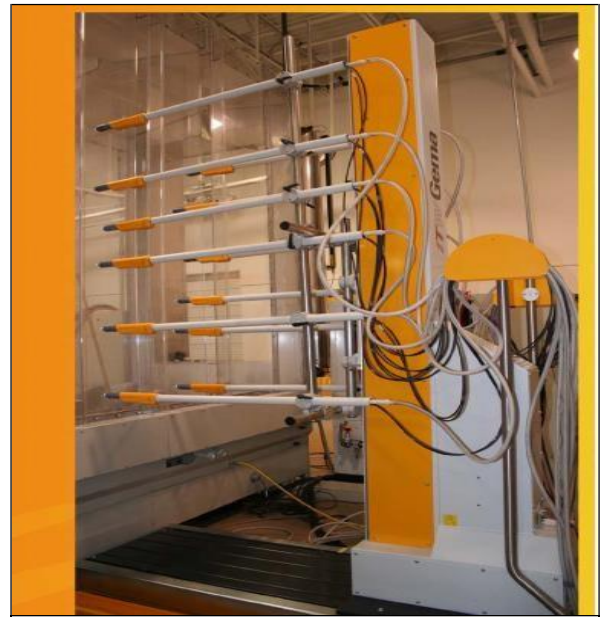


Figura 38: Pistolas automáticas (reciprocador eletromecânico)

As cabines mais comuns são as de aço (revestidas com uma pintura), polipropileno ou policarbonato. As cabines feitas em aço inoxidável, apesar de possuírem custo mais elevado, tem durabilidade maior e a limpeza é feita mais facilmente, evitando contaminações na troca de cor da tinta.

Dois pontos de fundamental importância para uma cabine de pintura são a exaustão do pó e iluminação. Uma exaustão eficiente faz com que todo pó gerado por pulverização (overspray) seja puxado para o sistema de recuperação do pó, assim não há perdas para fora da cabine.

A iluminação da cabine é de extrema importância, especialmente para aplicação manual, pois se o pintor não consegue ver bem a superfície que está pintando ele aplicará excesso de pó na peça ou não o suficiente para cobri-la.

#### **SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DAS CABINAS DE PINTURA EM PÓ (FILTROS)**

O sistema de filtros instalados nas cabinas de pintura tem por finalidade evitar que o pó pulverizado se espalhe pela área de pintura gerando contaminações e perdas, facilitando a recuperação do pó gerado para reutilizá-lo em mistura com o pó virgem ou descartá-lo. Para cada tipo de tinta é admitida uma porcentagem máxima de recuperação, pois, proporções maiores de pó recuperado podem causar reações indesejadas como: furos, contaminação, perda de textura, perda de brilho, etc. Os dois sistemas mais utilizados são o sistema de recuperação do tipo ciclone e do tipo cartucho.

### SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DO TIPO CICLONE

Neste sistema o ciclone atua separando ou classificando o pó por tamanho das partículas. As partículas com maior granulometria são coletadas pelo ciclone para serem reutilizadas e as partículas mais finas, são recolhidas para o cartucho coletor para posterior descarte.

A grande vantagem deste sistema é a rápida troca de cor, somente é importante adotar uma tubulação para cada cor.

A velocidade do ciclone faz a limpeza do separador que também pode ser varrido com uma vassoura comum. Obtém-se um rendimento de 90 a 95% do pó utilizado na pintura.

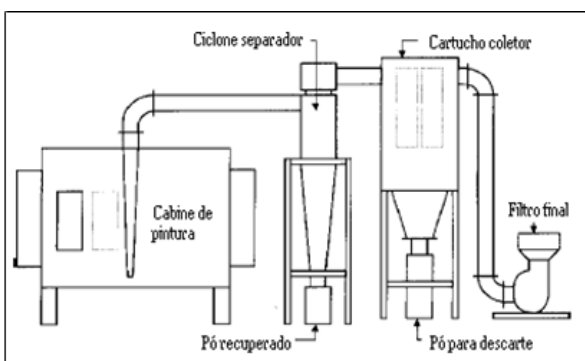


Figura 39: Sistema de recuperação de pó com uso de ciclone



Figura 40: Cabine de pintura, linha contínua com recuperação tipo ciclone ligado ao filtro manga

### SISTEMA DE RECUPERAÇÃO POR CARTUCHO

No sistema do tipo cartucho, todo pó gerado pela pulverização durante o processo de aplicação é recolhido no filtro primário, e todo ar que passa por este filtro passa por um filtro secundário para garantir que nenhuma partícula seja lançada para o ambiente de pintura.

O filtro primário é constantemente “purgado” para desobstruir o filtro e lançar todo pó recuperado para a peneira para a retirada das impurezas e classificar o pó que será reutilizado. É sempre importante misturar o pó que será reutilizado com o pó virgem.

A vantagem deste sistema é que, dependendo do tipo de tinta, obtém-se um rendimento de 95 a 98% do pó utilizado na pintura, enquanto que no ciclone o rendimento pode variar de 90 a 95%.

No sistema de cartucho, para cada cor é necessário um cartucho, caso for feita a recuperação do pó.

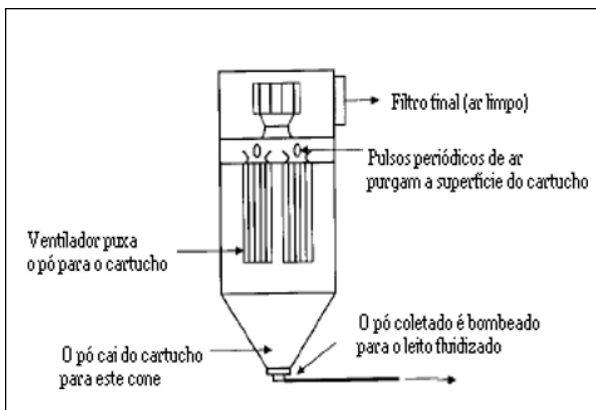


Figura 41: Sistema de recuperação do pó tipo cartucho

### 7.3 Reaproveitamento do pó utilizado

A recuperação das tintas em pó, devem ser realizadas misturando-se o pó a ser recuperado com tintas em pó que não foram colocadas no sistema de pintura (“tinta virgem”) em proporções que irão variar de tinta para tinta.

**Tintas de filme liso:** misturar na proporção de 60 a 70% de pó virgem e 30 a 40 % de pó a ser recuperado.

**Tintas texturizadas:** misturar na proporção de 70 a 90% de pó virgem com 10 a 30% de pó a ser recuperado.

**Tintas metalizadas:** misturar na proporção de 80 a 90% de pó virgem com 10 a 20% de pó a ser recuperado.

As proporções citadas acima, são orientativas e podem ser alteradas de acordo com a exigência de cada cliente ou característica de cada produto.

Lembramos que proporções maiores de pó recuperado podem causar aspectos indesejados como furos, contaminação, perda de textura, perda de brilho, variação na cor e aparência do metalizado, etc.

### 7.4 Monovia

Certifique-se de que a monovia está lubrificada e que todos os rolamentos estejam em perfeitas

condições de uso (paradas acidentais custam mais que a manutenção). É muito importante utilizar óleos ou graxas lubrificantes que resistam a altas temperaturas (até 300°C) e que em sua composição não contenham silicone. O vapor de silicone gerado com o calor da estufa é extremamente prejudicial, pois este gera crateras na superfície pintada.

### 7.5 Suporte das peças

O ideal seria a utilização de suportes que não sofram aglomeração de pó, mas como isso é impossível, devemos eliminar ao máximo esta deposição de modo que a limpeza seja facilitada, especialmente nos pontos de contato com a peça.

A falta de contato entre a gancheira e a peça a ser pintada prejudicará o aterramento que poderá ocasionar um aumento no volume de tinta a ser recuperada, bem como baixo rendimento e dificuldade na aplicação (adesão da tinta pó na peça).

Portanto, a limpeza periódica da gancheira é fundamental, podendo influir positiva ou negativamente sobre a pintura final.

Há situações que ganchos universais funcionam bem, mas às vezes, um design especial pode oferecer algumas vantagens como:

- A peça se fixará melhor na gancheira, mantendo-se melhor tanto para o pré-tratamento (quando spray) quanto para a aplicação do pó;
- O gancho sempre terá o mesmo contato na peça, mantendo-o livre de pó, melhorando assim o aterramento.
- As peças podem se posicionar “firmemente” proporcionando melhor rendimento no consumo de tinta.

### ESQUEMA DO DESIGN DE ALGUMAS GANCHEIRAS



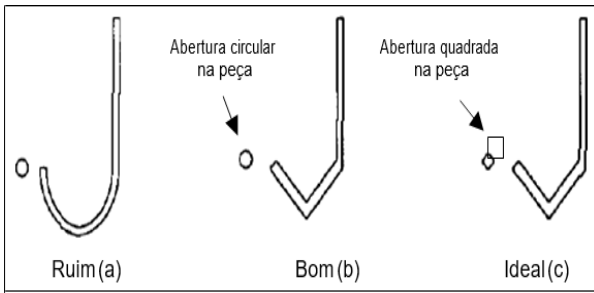


Figura 42: Ganchos arredondados com abertura circular na peça é o tipo menos desejável para o contato com o pó (a). Uma abertura quadrada na peça com gancho quadrado (c) providencia um melhor contato entre a peça e o gancho, atuando melhor que o tipo arredondado.

## 7.6 Manutenção do sistema pintura

Quando um equipamento de pintura é novo ele funciona muito bem, mas com o passar do tempo e com o desgaste o equipamento não rende como um novo. Para manter um alto nível de produção e garantir produtos de alta qualidade se faz necessário um plano de manutenção dos equipamentos.

Planejar o que deve ser feito, quem deve realizar a tarefa e dispor de recursos para a manutenção do sistema é a melhor forma de manter o sistema de pintura em perfeitas condições de uso.

### Quando será realizada a manutenção?

### Com que frequência deve ser realizada a manutenção?

- Determine a frequência com que deve ser feita a manutenção para que o equipamento trabalhe no pico máximo de eficiência.

### O que deve ser feito?

- Quais componentes devem ser limpos periodicamente?
- Quais componentes devem ser trocados regularmente?
- O que deve ser lubrificado?
- O que deve ser inspecionado e testado?

### Quanto tempo para realizar a manutenção?

- Determine quanto tempo será necessário para a manutenção. Se for preciso, deverá ser realizada fora do turno de trabalho.

### Quem irá realizar a manutenção?

- Escolha os funcionários mais capacitados para realizar a tarefa. Se necessário buscar treinamento junto ao fornecedor do equipamento.

### Quais materiais e ferramentas são necessários para a manutenção?

- Tenha tudo de fácil acesso para realizar a tarefa, e certifique-se que tudo fique dentro do plano da manutenção.

## 8 CURA DE TINTA EM PÓ

Após a aplicação, independentemente do método utilizado, a tinta deve ser curada para atingir as melhores características físicas e químicas.

As peças aplicadas com tinta em pó, saem da cabine de aplicação direto para a estufa de polimerização.

Recomenda-se que a cabine de aplicação esteja localizada o mais próximo possível da estufa, evitando assim problemas com contaminação das peças pintadas.

As **principais funções** de uma estufa são:

- Realizar a fusão das resinas da tinta;
- Realizar a polimerização do sistema.

Para isto, é indispensável que a temperatura da estufa seja regulada a fim de proporcionar uma curva que se adapte a massa das peças e a velocidade do transportador, no caso de sistema contínuo.

Falhas de temperatura podem ocasionar falta de alastramento, falta de aderência, diferença no brilho, entre outros. As estufas são classificadas em função de seu sistema de aquecimento:

- Radiação (infravermelho)
- Convecção (por circulação forçada de ar quente)

O sistema de convecção é o mais utilizado, porém existe uma tendência que incrementa o uso da radiação, que apresenta algumas vantagens.

Para estufas com circulação forçada de ar é necessário uma velocidade bem controlada de ar, para evitar um arraste do pó na primeira parte da cabine e possível contaminação da estufa, além de prejudicar o acabamento da peça pintada.

A fonte geradora de calor, para se obter o ar quente, normalmente depende da localização, da instalação e da influência nos custos. Os mais utilizados são: gás (GLP e natural), óleo (diesel, térmico) e eletricidade.

### 8.1 Estufa por irradiação

Na cura por infravermelho a energia da radiação emitida é a responsável pela cura da tinta. Parte da energia emitida é refletida pela superfície, outra é absorvida pelo polímero e outra parte transmitida para o substrato.

A figura abaixo ilustra como funciona o processo de radiação, onde parte da energia emitida é refletida, absorvida, transmitida pela radiação.

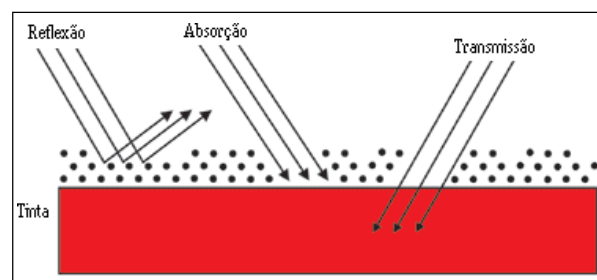


Figura 43: Esquema sobre o processo de radiação

Devido à concentração de energia, o aquecimento é muito rápido e o tempo de polimerização do filme de tinta é muito breve.

Há casos em que a cura por infravermelho é melhor que a cura por convecção, por exemplo, em chapas muito grossas e pesadas. Em caso de diferentes peças com espessura e peso diferentes se faz necessário o ajuste constante da intensidade de radiação sobre a peça.

O uso na indústria é devido, às seguintes razões:

- Rápida transferência de calor. Pode ser utilizada como parte inicial da estufa contínua a gás para acelerar o aquecimento;

- Simples controle de temperatura;
- Ideal para automatização;
- Diminui o tempo de resfriamento em peças de massa elevada (grossas);
- Livre contaminação de produtos de combustão;
- Equipamentos compactos, economizando espaços.

#### **PONTOS CRÍTICOS A SER CONSIDERADOS**

- Custo de instalação;
- Consumo de energia;
- Formato das peças (aplicável mais a peças planas).

## **8.2 Estufa por convecção**

Na estufa por convecção geralmente é utilizado o gás como fonte de calor. Com auxílio da ventilação toda estufa é aquecida por igual, o que mantém a temperatura homogênea durante o ciclo completo de cura.

É importante manter a ventilação interna da estufa bem controlada, pois se a velocidade do ar estiver muito rápida poderá espalhar o pó pela estufa ou para outras peças, comprometendo assim todo o trabalho realizado até o momento.

O tempo de cura varia de um tipo de tinta para outro, sendo o ciclo mais comum de 10 minutos a 200°C (a peça atingindo 200°C).

Atualmente, existem tecnologias que permite a formulação de produtos que são curados em menor temperatura, chamadas tinta baixa cura (no final desta apostila há um tópico com as vantagens da tinta em pó baixa cura).

Para estufas estacionárias e contínuas, o tempo de cura deve ser contado a partir do momento em que as peças frias atinjam a temperatura especificada (200°C). O tempo deve ser regulado de modo que as

peças permaneçam por tempo suficiente na temperatura de cura do produto.

É recomendado, a cada 6 meses, realizar uma termografagem na estufa. Este procedimento consiste em fazer uma “varredura” do calor gerado dentro da estufa, para certificar que a temperatura indicada no pirômetro seja a mesma internamente, e que a temperatura na peça esteja sendo alcançada. Com a termografia é possível afirmar se o ciclo de cura está sendo realizado de forma eficaz, e por consequência se as peças estão de fato curadas.

### **8.2.1 Estufas estacionárias**

Geralmente são fabricadas em chapas de aço galvanizado, formando um conjunto monobloco com isolamento de alta eficiência, obtendo-se retenção do calor gerado e redução na troca com meio ambiente. A estufa estacionária pode ser fornecida com aquecimento elétrico, a gás GLP (gás liquefeito de petróleo) ou GN (gás natural) com trocador de calor. A circulação do ar é forçada, tornando homogênea a temperatura interna.

As peças aplicadas são colocadas em carinhos transportadores e direcionadas para o interior da estufa, somente após atingir a temperatura determinada no pirômetro, de acordo com o resultado da termografagem. As peças são mantidas na estufa por um período suficiente para que a temperatura seja mantida de acordo com o período de tempo e temperatura recomendado para a cura da tinta (geralmente 10' a 200 °C).



Figura 44: Estufa estacionaria a gás

### 8.2.2 Estufas contínuas

As estufas contínuas podem ser desenvolvidas de acordo com os mais variados processos e projetos fabris, tendo como modelos estufas contínuas no piso ou contínuas elevadas. Geralmente são confeccionadas em chapas de aço galvanizadas. Possuem a sua estrutura interna em perfis e painéis modulares com isolamento térmico de alta eficiência, obtendo-se retenção do calor gerado e redução na troca com meio ambiente.

Através de sistemas de distribuição de ar forçado e cortinas de ar para retenção do ar quente na entrada e saída da estufa, garante-se uma excelente homogeneidade da temperatura interna da estufa. Fornecidas com sistemas de aquecimento direto ou indireto através de gás GLP (gás liquefeito de petróleo) ou GN (gás natural), eletricidade ou óleo diesel.

Todo o comando, controle elétrico e de temperatura são realizados automaticamente por um quadro (CLP). O controle da velocidade do transportador aéreo, quando montado em conjunto, é realizado por inversor de frequência, incluso no painel de comando da estufa.

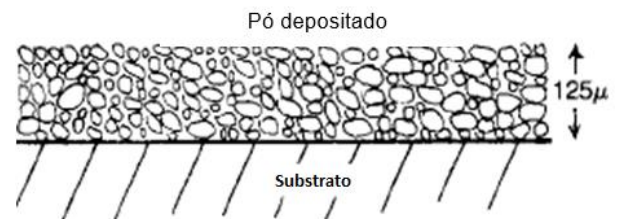
As peças são penduradas para aplicação em monovia ou transportadores. Após a aplicação ou pintura seguem penduradas para o interior da estufa, somente após atingir a temperatura determinada no pirômetro, de acordo com o resultado da termografagem.

Deve ser efetuado um controle rigoroso da velocidade do transportador, de modo que as peças permaneçam na estufa por um período suficiente para atingir a temperatura e tempo recomendado de cura da tinta (geralmente 10' a 200 °C – temperatura na peça).

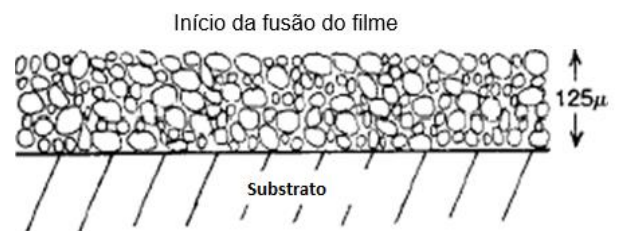
### 8.3 Mecanismo de formação da película

O mecanismo de formação da película da tinta pode ser visualizado nas figuras abaixo.

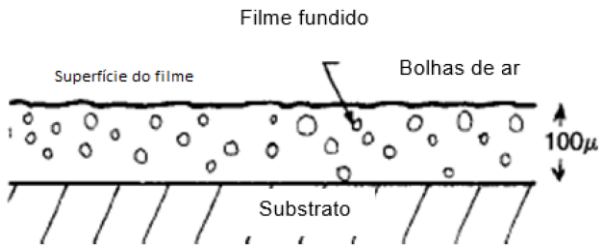
*a) A camada heterogênea de pó é depositada, formando uma estrutura irregular temporária*



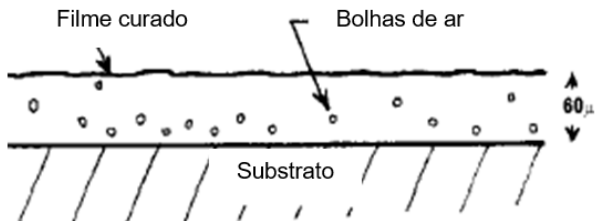
*b) Com o aquecimento ocorre a polimerização inicial, fundindo as partículas mais adjacentes à superfície*



*c) As partículas do polímero começam a se alastrar, enquanto o ar sobe para a superfície. Se o filme ainda não estiver curado, muitas destas bolhas de ar podem gerar falhas na pintura, dependendo do ciclo de cura.*

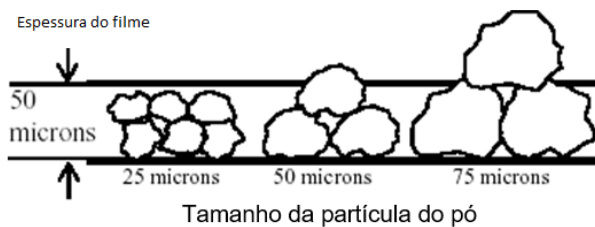


d) Se a polimerização for muito rápida, algumas bolhas de ar podem permanecer no filme



Para facilitar a formação de uma película de tinta não porosa, o pó depositado durante a aplicação deve ser densamente “empacotado” na superfície a ser recoberta. Isso irá garantir que alguns defeitos de superfície sejam evitados: cavidades, formação de “vazios”, pontos de agulha e efeito casca de laranja.

A importância da relação entre a granulometria do pó e a espessura do filme de tinta após a cura é apresentada na figura abaixo. Esta mostra a dificuldade de se alcançar uma camada de 50 microns com partículas maiores que 50-75 microns (a menos que o polímero tenha um excepcional alastramento).



## 9 PROBLEMAS DAS TINTAS EM PÓ

O primeiro passo na solução de qualquer problema com relação a tintas é identificá-lo corretamente e, em seguida, determinar sua causa. A possibilidade de haver mais de uma causa contribuindo para um único defeito não deve ser descartada. As propostas corretivas para os defeitos apresentados podem não ser específicas de um determinado defeito, devido a particularidade da manufatura ou restrições relacionadas ao desempenho do produto.

A combinação de várias soluções (duas ou mais alternativas) normalmente é mais eficaz, pois os efeitos são mais facilmente eliminados dessa maneira. Ao se perceber que a falha persiste após a aplicação da solução indicada, deve-se retornar à fase de identificação (diagnóstico), observando-se os seguintes pontos:

- Se a identificação do defeito foi correta
- Se todas as causas prováveis foram consideradas
- O uso dos materiais corretos (lotes de tinta e tipos)
- Qual o substrato empregado

Muitos problemas podem ser evitados se alguns procedimentos forem seguidos e se for dada devida atenção ao trabalho realizado. Entretanto, algumas complicações podem surgir devido a imperfeições em algum estágio do processo de aplicação da tinta em pó. Esses problemas podem estar relacionados ao pré-tratamento, a recuperação do pó ou a utilização incorreta dos equipamentos de aplicação da tinta. Essas complicações podem influenciar negativamente o processo de aplicação e a qualidade da pintura final.

**IMPORTANTE:** Todas as instruções de operação e manutenção dos equipamentos relacionados com o processo de pintura devem ser seguidos para evitar complicações na pintura.

### 9.1 Problemas na aplicação das tintas em pó

#### 9.1.1 Aterramento do sistema deficiente

Checar o aterramento da instalação completa, verificando se não houve rompimento do fio terra. Ganchos sujos, prejudicando a aterramento da peça ao sistema. Limpar os pontos de contato entre peça e gancheira. Pode utilizar um cabo aterrado como vareta para improvisar um aterramento para peças que não possuam contato algum.

#### 9.1.2 Falta de tintas nas peças

Corrente de ar na cabine. Enclausurar região de pintura de modo não permitir que correntes de ar interferiram na atração do pó. Baixa vazão de pó. Aumente a vazão de pó após limpar o sistema de alimentação de tinta (mangueira / bomba ejetora)

Tempo insuficiente para pintura. Reduzir a velocidade do transportador. Acrescentar mais pistolas. Deposição fraca de tinta na peça. Técnica de pintura irregular. Estabelecer método de aplicação realizando estudo sobre a peça. Em peças planas sobrepor as passadas e cruzar as demãos. Iniciar a pintura nas partes mais críticas, cantos sob efeito de gaiola de Faraday.

Tipo de peça não compatível com a instalação. Maior cuidado no retoque manual. Instalação de pistolas adicionais.

Peça com cantos (Gaiola de Faraday) e Repintura. Diminuir a tensão e a vazão. No caso de repintura, repita o procedimento e caso necessário,

prepare a superfície com lixa nº 400, limpeza com álcool e evitar contato manual.

## **9.2 Problemas após a aplicação**


### **9.2.1 Deficiência de temperatura**

Grande parte dos defeitos causados nas tintas em pó são devidos à problemas na estufa de cura. O excesso ou a falta de temperatura na estufa podem causar diversos problemas na formação da película.




Para saber se o equipamento está com problema, é necessário realizar uma termografia da estufa para determinar se há algum defeito no equipamento.

## **9.3 Identificação das falhas**

Os quadros seguintes apresentam algumas causas e soluções para os problemas de aplicação com tinta em pó.

Identificação	Origens	Correções
 <p><b>Baixa fluidização</b></p> <p>Pó pesado com pouca movimentação no tanque gerando aplicação com camada irregular</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Presença de umidade ou óleo no ar comprimido</li> <li>2) Obstrução do ar na entrada do tanque</li> <li>3) Erro na regulagem do ar de fluidização</li> <li>4) Pó com umidade devido a armazenamento inadequado</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Verificar o estado de compressores e purgadores</li> <li>2) Verificar todos os dutos de suprimento de ar</li> <li>3) Ajustar o fluxo de ar até fluidização adequada do pó</li> <li>4) Recolher o pó em uso e recomençar o processo com pó de embalagem fechada</li> </ol>
 <p><b>Falta de aderência</b></p> <p>Durante a aplicação o pó bate na peça não aderindo, gerando mais tinta para ser recuperada</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Aparelho de aplicação com baixa tensão eletrostática</li> <li>2) Peças com pouco aterramento</li> <li>3) Aplicação com tinta recuperada</li> <li>4) Posicionamento errado da pistola</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Regular a tensão de acordo com o tipo de aplicação: - Pintura: 80 - 100 kV - Repintura: 40 - 50 kV Trocar a pistola para verificar se o problema é no equipamento</li> <li>2) Verificar e limpar pontos de contato com gancheiras. Verificar se não foi rompido o cabo de aterramento</li> <li>3) Ajustar a proporção de mistura. Evitar usar somente pó recuperado</li> <li>4) Reposicionar as peças</li> </ol>
 <p><b>Micro-Fervura ou Ponto de agulha</b></p> <p>Presença de várias microbolhas que aparecem em parte ou em toda a superfície pintada.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Presença de umidade e/ou óleo na linha de ar comprimido.</li> <li>2) Aplicação sobre superfícies úmidas. Umidade no substrato sob efeito do calor passa ao estado de vapor, pressionando o filme de tinta.</li> <li>3) Tinta formulada inadequadamente para aplicação</li> <li>4) Espessura de tinta muito alta.</li> <li>5) Presença de umidade na tinta.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Após a cura, lixar as partes afetadas, preparar a superfície e repintar seguindo a especificação técnica.</li> <li>2) Verificar se as peças estão devidamente secas antes da pintura</li> <li>3) Corrigir a aplicação quanto às espessuras de camada.</li> <li>4) Verificar se as caixas estão armazenadas em locais adequados.</li> <li>5) Verificar o equipamento de desumidificação e filtros de óleo do sistema de ar comprimido.</li> </ol>



Identificação	Origens	Correções
 <p><b>Pontos Salientes</b></p> <p>Defeito constituído por minúsculos grânulos da mesma cor da tinta, dispersos aleatoriamente na tinta curada</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Impurezas no substrato</li> <li>2) Uso de tinta recuperada sem efetuar filtração prévia</li> <li>3) Tela de filtração da tinta recuperada furada</li> <li>4) Golfadas de pó geradas pela pistola durante a aplicação</li> <li>5) Aplicação de tinta contendo grumos</li> <li>6) Impurezas no ambiente</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Passar ar comprimido nas peças contaminadas antes da pintura</li> <li>2) Parar de misturar tinta recuperada enquanto não for possível filtrar</li> <li>3) Parar de misturar tinta recuperada enquanto não for possível filtrar</li> <li>4) Peneirar a tinta antes de colocar no tanque de fluidização. Se a compactação for muito intensa, usar tinta de outro lote caso haja em estoque</li> <li>5) Efetuar a limpeza da linha inclusive da estufa avaliando a parte lateral e superior da mesma</li> </ol>
 <p><b>Empolamento ou Bolhas</b></p> <p>Formação de bolhas ou vesículas contendo sólido, líquido ou gás. Após determinado período da execução da pintura.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Formação de bolhas pelo processo de osmose, devido a presença de sal na superfície.</li> <li>2) Variação na espessura do filme de tinta (pontos abaixo do recomendado), diminuindo a barreira de proteção.</li> <li>3) Superfície mal preparada ou oleosa.</li> <li>4) Excesso de umidade no substrato ou ambiente.</li> <li>5) Pré tratamento e limpeza deficiente.</li> <li>6) Tratamento de superfície próximo orla marítima (Maresia)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Após a cura, lixar as partes afetadas removendo a imperfeição, preparar a superfície e repintar.</li> <li>2) Se necessário remover tudo.</li> <li>3) Melhorar a limpeza superficial.</li> <li>4) Eliminar a umidade no substrato.</li> <li>5) Verificar como está o controle dos banhos do sistema de tratamento e produtos químicos.</li> <li>6) Rever o tipo de tratamento adotado quanto a sua eficiência anticorrosiva.</li> </ol>
 <p><b>Golfada de pó</b></p> <p>O pó é expelido de maneira não uniforme</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Baixa pressão de ar</li> <li>2) Fluidização baixa ou em excesso</li> <li>3) Caminho do pó obstruído</li> <li>4) Pó úmido ou compactado</li> <li>5) comprimento de mangueira excessiva</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Verificar e arrumar a pressão</li> <li>2) Regular a fluidização do recipiente</li> <li>3) Realizar a limpeza da mangueira</li> <li>4) Usar mangueira de tamanho correto</li> </ol>

Identificação	Origens	Correções
 <p><b>Perda de brilho (Calcinação)</b></p> <p>Envelhecimento superficial das pinturas resultando no seu branqueamento (engizamento - chalking) ou perda de brilho.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Degradação da resina das tintas sob o efeito dos raios solares (Tintas Epóxi e/ou Híbridas).</li> <li>2) Falha no processo de cura (pouco tempo e temperatura), mesmo aplicando-se tintas a base de resina Poliéster.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Aplicar tintas de formulação adequada para resistir à ação de raios ultravioleta (sol) e as intempéries, a base de resinas poliéster.</li> <li>2) Rever tempo e temperatura de cura através de termografagem.</li> <li>3) Efetuar teste de cura na tinta avaliando o filme após estufa.</li> </ol>
 <p><b>Casca de Laranja</b></p> <p>Irregularidade do filme de tinta aplicado, lembrando o aspecto de casca de laranja (filme não uniforme, micro relevos)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Camada de tinta abaixo do especificado.</li> <li>2) Tempo de subida da temperatura da estufa muito longo.</li> <li>3) Peças pintadas sendo colocadas na estufa com a temperatura ambiente (forno frio).</li> <li>4) Regulagem da Tensão de aplicação muito alta.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Se necessário remover totalmente o filme aplicado.</li> <li>2) Treinamento do Pintor, orientando para aumentar a espessura de camada, efetuando a medição com medidores de espessura.</li> <li>3) Reajustar o equipamento de aplicação (tensão, vazão).</li> <li>4) Verificar a eficiência da estufa, e se não esta levando muito tempo para atingir a temperatura recomendada.</li> <li>5) Consultar fabricante quanto ao desempenho do produto.</li> </ol>
 <p><b>Crateras</b></p> <p>Formação de uma pequena depressão arredondada sobre a superfície pintada. Pode apresentar-se de forma perfurante e apenas superficial. Também conhecida com olho de peixe.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Superfície contaminada por óleos, graxas ou gorduras.</li> <li>2) Ambiente de pintura contaminado por silicones.</li> <li>3) Uso de anti-respingos e desmoldantes a base de silicone em áreas próximas a pintura.</li> <li>4) Ar comprimido contaminado.</li> <li>5) Umidade sobre a peça e no ar.</li> <li>6) Falta de instalação de purgadores e filtros de ar.</li> <li>7) Incompatibilidade entre duas tintas.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Observar o tratamento de superfície quanto a presença de óleo.</li> <li>2) Instalar purgadores de ar próximo às pistolas de pintura.</li> <li>3) Efetuar a purga do compressor com certa frequência.</li> <li>4) Verificar se há utilização de anti-respingos e desmoldantes a base de silicone nos locais de realização de solda, eliminando o seu uso mesmo em áreas próximas da pintura.</li> <li>5) Limpar toda a área de pintura.</li> <li>6) Pintar peças logo após o tratamento e bem secas.</li> </ol>

Identificação	Origens	Correções
 <p><b>Falha no leque</b></p> <p>A forma com que o pó é ejetado é diferente do ideal</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Pelas gastas ou desalinhas</li> <li>2) Pó acumulado na trajetória até a pistola</li> <li>3) Fluidização em excesso</li> <li>4) Ar de transporte em excesso</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Manutenção das peças com regularidade</li> <li>2) Limpeza eficaz das peças antes do uso</li> <li>3) Regular a fluidização</li> <li>4) Controlar a pressão do ar de entrada</li> </ol>
 <p><b>Diferença de tonalidade</b></p> <p>Manchas na superfície com impressão de serem cores diferentes</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Aplicação de tinta em peças que trabalham em contato com temperaturas variáveis.</li> <li>2) Variação na temperatura interna da estufa durante o processo de cura.</li> <li>3) Utilização de tintas ou vernizes, com baixo poder de cobertura.</li> <li>4) Variação na camada de tinta aplicada.</li> <li>5) Cura de peças de diferentes massas no mesmo forneio.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Se necessário remover totalmente o filme aplicado</li> <li>2) Verificar se a temperatura da estufa está adequada em relação à especificação.</li> <li>3) Conferir as espessuras do filme aplicado.</li> <li>4) Realizar a termografagem da estufa verificando como está a distribuição interna de calor dentro da estufa.</li> <li>5) Peças localizadas próximas a pontos de maior calor.</li> <li>6) Evitar forneio de peças de diferentes massas ao mesmo tempo.</li> </ol>
 <p><b>Gancheira suja</b></p> <p>Sujeira presente no gancho dificulta o aterramento</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Falta de limpeza do gancho</li> <li>2) Material pendurado de forma errada</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Limpar o gancho com frequência</li> <li>2) Verificar o contato entre o material e o gancho, para garantir o aterramento</li> </ol>

## 10 CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade em tintas é executado conforme metodologia definida e nas condições fixadas em normas de uma ou mais das entidades abaixo relacionadas:

- **B** British Standards
- **NBR** Normas Brasileiras Registradas
- **ABNT** Associação Brasileira de Normas Técnicas
- **BR** Petróleo Brasileiro S.A.
- **ASTM** American Society for Testing and Materials
- **FTMS** Federal Test Method Standards
- **DIN** Deutsche Institute Für Norming

### 10.1 Testes na tinta em pó

#### 10.1.1 Análise granulométrica

Existem diversos métodos para determinar o perfil granulométrico de tintas em pó. A distribuição do tamanho de partículas pode ser expressa em termos de diâmetro, área, volume, peso etc.

Atualmente o método que fornece respostas mais rápidas e precisas é realizado com o auxílio de equipamentos eletrônicos. Um dos mais comuns é o que emprega a difração de raios laser em uma suspensão de pó, num determinado meio líquido ou gasoso (ar).



Figura 45: Exemplo equipamento para análise de granulometria

#### 10.1.2 Reatividade

Controlada por determinação do tempo de geleificação (gel-time). Uma determinada quantidade de pó é colocada sobre uma placa aquecida a uma especificada temperatura (180°C). Por meio de uma espátula e de um cronômetro é determinado o tempo de gel, ou seja, o tempo necessário para o amolecimento do pó e o início da polimerização. Este tempo é expresso em segundos.

#### 10.1.3 Estabilidade (NBR 5830/76)

Uma amostra de tinta em pó, colocada em recipiente fechado, é mantida durante uma semana a uma temperatura de 40 °C. O “gel- time” é determinado antes e depois do teste e a diminuição do tempo indica que a estabilidade diminuiu com a estocagem do produto a temperaturas elevadas. Com o produto em teste também é pintada uma chapa e avaliada a influência do teste nas suas propriedades como: alastramento, brilho e propriedades mecânicas. Observa-se também a compactação do pó após o período de testes.

#### 10.1.4 Fluidização

Teste de fluidização do pó através do aparelho fluidímetro. Verifica se há aglomeração das partículas, ou se há muitos finos e conseqüentemente o espalhamento dos finos pelo ar.



Figura 46: Exemplo de equipamento para análise de fluidização

### 10.1.5 Peso específico

É o volume ocupado por uma determinada massa em um determinado volume. O peso específico influi diretamente na fluidização e no rendimento da tinta em pó.

## 10.2 Testes na tinta em pó após a cura

### 10.2.1 Brilho (ASTM D-523-57)

É medido pelo equipamento *Gloss Meter* (Gardner). O painel de teste é exposto a uma fonte de luz que incide sobre o painel em ângulos pré-determinados. A porcentagem de intensidade da luz refletida é medida por meio de uma fotocélula, que converte o resultado em unidades de brilho (UB). Estas medições podem ser feitas somente em superfícies planas.

**Nota:** Em tintas de aspecto metálico, não se recomenda à medição de brilho.



Figura 47: Exemplo de equipamento para medição de brilho

### 10.2.2 Embutimento (Norma DIN 53156)

O aparelho normalmente usado é o Erichsen. Um segmento esférico é prensado no verso do painel pintado e a deformação continua lentamente até a ruptura do filme (camada de tinta), e o resultado é expresso em milímetros de deformação. Este teste de embutimento proporciona a avaliação da adesão e flexibilidade da tinta em relação ao substrato.

ESPESSURA DA PELÍCULA SECA ( $\mu\text{m}$ )	NÚMERO DE CORTES		DISTÂNCIA ENTRE CORTES (mm)
	ESTILETE	AP. CCT	
Menor que 50	6	11	1,0
entre 50 e 125	6	8	2,0



Figura 48: Exemplo de equipamento para determinar o embutimento

### 10.2.3 Aderência (ASTM D-2197)

O teste mais difundido atualmente consiste em se riscar a película em uma série de pequenos quadrados, sendo o mais comum riscar quadrados de 1 (um) a 2 (dois) milímetro de lado.

Examina-se então o risco para constatar qual a proporção de película que foi removida após aplicação de uma fita adesiva. Consiste em se determinar o grau de adesão da película ao substrato.

Há três métodos usuais para este ensaio: o ensaio de corte em grade, o ensaio de tração e o ensaio de corte em X.

Método do corte em X e teste quadriculado de acordo com a espessura da película da tinta.

ESPESSURA DA PELÍCULA SECA ( $\mu\text{m}$ )	MÉTODO DE ENSAIO
Menor ou igual a 125	Corte em grade
Acima de 125	Corte em "X"

#### 10.2.3.1 Método de corte em grade

Efetuar, com auxílio do estilete e gabarito ou aparelho *cross-cut-tester* (CCT), cortes cruzados em ângulo reto, de modo a alcançar o substrato, formando-se grade de 25 quadrados. Cada corte deve ter um comprimento de 20 mm.

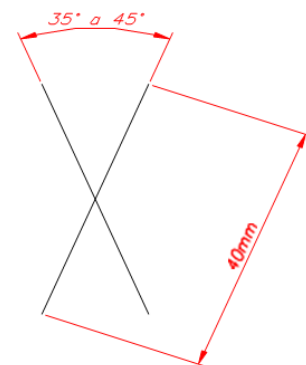
Os cortes devem ser efetuados num único movimento, contínuo e uniforme com velocidade de 2 a 5 cm/s, devendo a lâmina estar posicionada num ângulo de aproximadamente 45° com a superfície.

A distância entre os cortes está estabelecida na Tabela abaixo.



#### 10.2.3.2 Método do corte em "X"

Efetuar, com auxílio do estilete e gabarito, dois cortes com um comprimento de 40 mm cada, interceptados ao meio, cujo menor ângulo deve ter entre 35 e 45°. Os cortes devem alcançar o substrato em apenas um movimento uniforme e contínuo, devendo a lâmina estar posicionada num ângulo de aproximadamente 45° com a superfície.



No teste deve ser utilizado aplicação de fita filamentosa para teste de aderência, semi transparente de alta performance com 25 mm de largura na região do corte (fornecedor 3 M).

**Importante:** A norma NBR 11003 não menciona detalhes quanto ao resultado do teste de aderência quanto a aprovado ou rejeitado. Este valor deverá ser acordo em um procedimento de inspeção.

Nas tabelas abaixo, podemos verificar a classificação da interpretação dos testes de aderência das tintas de acordo com a norma NBR 11003 sobre

destacamentos na intersecção e ao longo das incisões dos testes de corte em X em grade.

DESTACAMENTO NA INTERSECÇÃO DO CORTE EM "X"	
CÓDIGO	FIGURA
Y0 Nenhum destacamento na intersecção	
Y1 Destacamento até 2 mm em um ou em ambos os lados da intersecção	
Y2 Destacamento até 4 mm em um ou em ambos os lados da intersecção	
Y3 Destacamento até 6 mm em um ou em ambos os lados da intersecção	
Y4 Destacamento acima de 6 mm em um ou em ambos os lados da intersecção	

DESTACAMENTO AO LONGO DAS INCISÕES DO CORTE EM "X"	
CÓDIGO	FIGURA
X0 Nenhum destacamento ao longo das incisões	
X1 Destacamento até longo 1 mm ao das incisões	
X2 Destacamento até longo 2 mm ao das incisões	
X3 Destacamento até longo 3 mm ao das incisões	
X4 Destacamento Acima de 3 mm ao longo das incisões	

DESTACAMENTO NA ÁREA QUADRICULADA	
CÓDIGO	FIGURA
Gr 0 Nenhuma área da película destacada	
Gr 1 Área da película destacada, cerca de 5% da área quadriculada	
Gr 2 Área da película destacada, cerca de 15% da área quadriculada	
Gr 3 Área da película destacada, cerca de 35% da área quadriculada	
Gr 4 Área da película destacada, cerca de 65% da área quadriculada	

#### 10.2.4 Resistência ao impacto (ASTM D 2794-1993)

Na deformação violenta, causada no filme pela caída de um determinado peso em uma determinada altura, pode-se observar geralmente o poder de adesão, a elasticidade e o grau de cura do filme. Normalmente um filme não bem curado (falta de tempo na estufa ou temperatura baixa) proporciona não somente fissuras no filme, mas também “desplacamento” (descascamento). Normalmente o resultado é avaliado no lado oposto ao que teve o contato com o peso.



Figura 48: Exemplo de equipamento para teste de impacto

### 10.2.5 Flexibilidade (ASTM D522- 93)

O painel pintado é dobrado sobre mandril cônico e imediatamente é observado a ocorrência ou não de fissuras ou descascamento. Eventuais defeitos observados numa distância de aproximadamente 5 mm da borda do painel, não serão considerados.



Figura 50: Exemplo de equipamento para determinar a flexibilidade da tinta pó.

### 10.2.6 Resistencia à umidade (ASTM D 2247- 94)

O painel de teste é colocado numa câmara úmida com temperatura de 40 °C e 100% de umidade

relativa. Após 500 horas é realizada avaliação no painel e normalmente não se observam alterações.

### 10.2.7 Teste de resistência à névoa salina (“Salt Spray”) (ASTM B-117-64)

O painel pintado tem o seu filme cortado (até o substrato) em forma de X, é exposto numa câmara úmida a uma temperatura de 40°C com ação de uma névoa salina (solução a 5% de NaCl). Esta solução é pulverizada dentro da câmara, por um bico atomizador. A atomização da solução pode ser em modo contínuo ou em ciclos. O tempo de teste também pode variar de acordo com as especificações. Normalmente para tintas em pó, após 500 horas não são registradas alterações em relação ao estado original do painel, porém, após tempos prolongados de exposição, o resultado é expresso medindo-se, em milímetros, a penetração da corrosão nas imediações do corte praticado no filme de tinta.



Figura 51: Câmara de nevoa salina

### 10.2.8 Resistência a SO<sub>2</sub> (Kesternich) (DIN-50018)

Como no teste anterior, o painel é colocado numa câmara úmida com temperatura de 40 °C e umidade relativa de 100% com o ambiente saturado em SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre). O ciclo do teste tem duração de 24 horas. Após 8 horas a câmara é aberta e deixada à temperatura e umidade relativa ambiente,



durante 16 horas, iniciando então o outro ciclo. Normalmente 10 ciclos não apontam alteração.

### 10.2.9 Imersão (ASTM D870/54)

Consiste em analisar a resistência à imersão em produtos, tais como água salgada, água destilada, solventes, NaOH e outros, determinando-a em dias de exposição ao produto sem apresentar sinais de corrosão aparente. Este método pode ser realizado por imersão de chapas pintadas em água a temperatura ambiente. Os ensaios de imersão medem a permeabilidade da película durante o período que varia de 24 a 1000 horas. Quando a resistência é fraca, ocorre o aparecimento de bolhas (blister). O ensaio com água quente mede uma possível lixiviação dos componentes da tinta. Nos casos de pequenas falhas na resistência aparecem bolhas, e nos de má resistência, remoção das películas.



Figura 52: Exemplo de tanque para teste de imersão

## 11 PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA E MANUSEIO DE TINTAS EM PÓ

### SEGURANÇA

*“Estabelecer, Compreender, Aconselhar. Impor práticas seguras para prevenir qualquer acidente do trabalho que possa causar ferimentos pessoas, danos ao meio Ambiente e, prejuízos à empresa.”*

**Devemos nos lembrar que os acidentes ocorrem quando:**

- As pessoas não planejam adequadamente as operações a serem realizadas;
- As pessoas estão com pressa ou quando são pressionadas, pela supervisão ou chefia, a concluir o trabalho o mais rápido possível;
- Quando as pessoas não são treinadas adequadamente;
- As pessoas estão distraídas por fatores externos como: problemas pessoais, etc.
- Ocorre erro humano, má avaliação ou pânico.
- As pessoas estão em condições físicas deficientes ou quando estão sob efeito do álcool ou drogas;
- Há falta de manutenção dos equipamentos, e estocagem inadequada dos produtos químicos.

### CARACTERÍSTICAS E CONSIDERAÇÕES DA TINTA EM PÓ

- Odor: Fraco, não é desagradável.
- Aparência: Pó, não compactado de coloração variável.
- Tinta em pó: Conforme a NBR 10.004 a tinta em pó é considerada como resíduo não perigoso (Classe II). Não podendo ser descartado em locais que levam a esgotos, rios, lagos e mananciais.
- Resíduos de tinta em pó: Não descartar em cursos d'água. Dispor em aterro industrial ou

incineração, de acordo com a legislação local vigente.

- Embalagens Utilizadas: Descartar em instalações autorizadas. As embalagens limpas deverão ser enviadas para reciclagem. As embalagens com resíduos deverão ser dispostas conforme legislação vigente local.

### 11.1 Equipamentos de proteção individual

Durante o manuseio das tintas em pó, nos serviços de pintura, alguns equipamentos devem ser usados de acordo com a necessidade.

- Respiratória: Caso a concentração de pó se situe acima dos limites de tolerância (6 mg/m<sup>3</sup>) deverá ser usada uma máscara para pó, apropriada para esta finalidade (filtros de partícula P2). Eventualmente deverá ser usado outro tipo de equipamento de proteção respiratória.
- Proteção para as mãos: Não há necessidade de uso de luvas.

Em caso de necessidade de contato direto com o pó, recomenda-se utilizar luvas de PVC. Em caso de haver contato direto com as mãos, após a lavagem das mesmas, deve-se repor a oleosidade perdida da pele usando-se creme hidratante.

- Proteção da pele e do corpo: Em caso de contato com a pele, lavar com água em abundância e sabão neutro. Evitar o contato prolongado do pó com o pescoço e articulações das mãos devido a possíveis irritações da pele.
- Proteção para os olhos: quando necessário usar óculos de proteção.
- Higiene industrial: Observar instruções gerais de higiene no trabalho, mantendo limpa as roupas e sapatos após o uso.

Abaixo temos os principais equipamentos, utilizados:

Máscara do tipo descartável: para utilização nos locais onde haja a presença de pó em suspensão.



Figura 53: Exemplo de máscara descartável

Óculos com proteção lateral: deverá ser usado sempre que estiver realizando trabalhos em áreas que envolvam operações que utilizem de abrasivos nas proximidades Como operações de jateamento.



Figura 54: Exemplo de óculos com proteção lateral

Protetores auriculares do tipo plug: reduzem os ruídos a níveis suportáveis. Deverão ser usados nas operações de jateamento, em função do barulho produzido pelo ar no bico de jato.



Figura x: Exemplo de protetor auricular

Luvras em PVC: para uso do pessoal em caso da necessidade de manuseio direto com o pó.



Figura 55: Exemplo de luva de PVC

Todos os trabalhadores que estejam envolvidos nas atividades de pintura, deverão estar devidamente protegidos em relação ao pó formado nas cabines de pintura durante a aplicação.

As toucas também fazem parte da indumentária do pintor, elas servem para dar proteção à cabeça e ao pescoço do pintor, evitando contato do pó com a pele e cabelos.

As roupas de trabalho devem receber um tratamento também criterioso, mantendo-se sempre limpas. Não esquecer que os resíduos de tinta em pó,

são a base de produtos químicos e vão se acumulando nas mesmas.

Aconselha-se que sejam lavadas “em separado”, principalmente quando levadas para casa.

Enfatizamos que o uso do EPI é uma necessidade, quando o sistema de exaustão não apresenta uma boa eficiência. Deve-se usar somente o estritamente necessário.

## **11.2 Manuseio**

Pessoas que apresentam problemas respiratórios ou reações alérgicas em contato com o pó ou tintas em pó, não deverão trabalhar com este tipo de produto.

- Evitar contato com a pele, mucosas, olhos e inalação de pós.
- Não reutilizar a embalagem.
- Lavar as mãos após o manuseio.
- Não fumar, comer ou beber na área de manuseio.
- Manusear o produto em local fresco e arejado, longe de chamas, faíscas e fontes de calor.

## 12 TINTAS EM PÓ METÁLICAS

### INSTRUÇÕES PARA A CORRETA APLICAÇÃO DE TINTAS EM PÓ METÁLICAS

As tintas metálicas são diferentes das tintas em pó não metalizadas quanto ao comportamento na aplicação. Elas precisam de mais atenção durante o ajuste do equipamento para cada mudança de cor. Outros parâmetros de aplicação podem resultar em efeitos variáveis no revestimento.

As nuances mostradas nas cartelas de cores são aproximadas e podem variar de acordo com as condições de aplicação. Antes de recobrir todo o substrato, é aconselhável primeiramente pintar amostras em painéis de testes para verificar se o resultado é o desejado. Com isto previne-se a perda de um lote todo de peças aplicadas por falta de um ajuste prévio nas condições de aplicação. O fabricante da tinta não pode ser responsabilizado pela condenação posterior de um lote de peças se não houver um controle prévio como descrito acima.

Alguns tipos de peças, devido ao seu formato, podem não ser apropriados para aplicação em linhas automáticas. Montagens posteriores de partes revestidas por diferentes aplicadores podem apresentar diferentes tonalidades.

A reflexão de cores metálicas depende do ângulo de incidência. Durante a aplicação, diferenças no aspecto do acabamento podem ser vistas em ângulos diferentes (metamerismo geométrico).

**É importante levar em consideração os seguintes pontos:**

1. A melhor uniformidade pode ser obtida com um equipamento automático. Toques manuais (cantos difíceis) devem ser feitos antes das peças passarem pelo equipamento automático.

2. Para evitar manchas e estrias em superfícies grandes, é recomendado aplicar suficiente camada de tinta, observando:
  - Deve existir uma instalação automática se houver mais de 2 pistolas de cada lado.
  - Deve-se ajustar a velocidade da correia transportadora e do reciprocador até se obter o melhor resultado de aplicação.
  - O mesmo deve ser feito com a nuvem de pó da pistola.
  - O acúmulo de partículas metálicas no bico da pistola deve ser removido com frequência para evitar o seu desprendimento repentino, o que gera manchas na peça aplicada.
3. Distância recomendada da pistola para o substrato:
  - Manual: 15 a 20 cm.
  - Automática: 20 à 50 cm.
  - Esta distância depende da pressão de transporte e da saída do pó.
4. Voltagem Ideal: 60 a 70 kV - Um aumento na voltagem dará uma deposição maior do pó metálico no substrato e pode causar um acúmulo de partículas de pó no bico da pistola. Como consequência, uma nuvem de tinta em pó variável, pode causar manchas no revestimento.
5. A forma da nuvem de tinta em pó deve ser a mesma seja qual for o ponto de aplicação no substrato.
6. A perda da pressão pode aparecer devido a diferentes comprimentos da mangueira de abastecimento de pó o acúmulo de partículas metálicas no interior da mesma. O comprimento recomendado é de no máximo 5 metros.
7. A melhor posição dos perfis é de modo perpendicular às pistolas. Dependendo do ângulo

de incidência, mais ou menos partículas metálicas podem alcançar o substrato.

8. Camadas de aplicação muito altas podem causar crateras. Observar a camada recomendada no boletim técnico do produto.
9. Pós reciclados contém mais partículas metálicas que o pó virgem. Para manter uma cor estável, deve-se misturar no máximo 10% do pó reciclado ao pó virgem. Esta recomendação serve de ponto de partida. Pequenos ajustes podem ser feitos para se obter os melhores resultados.
10. As partículas metálicas mostram uma tendência de se separar durante a aplicação. A fluidização deve ser controlada regularmente. Deve-se evitar fazer aplicações com o pó sendo alimentado diretamente da caixa.
11. Por razões de reprodução do padrão de cor e aspecto, é importante que todos os parâmetros se mantenham constantes. Recomendamos registrar todos os parâmetros de aplicação, desta forma a qualidade se mantém entre os lotes.

#### Notas:

- As características acima apresentadas são típicas de tintas metalizadas pelo processo de mistura a seco (*dry blend*) onde as partículas metálicas estão soltas em meio ao pó.
- Nas tintas formuladas pelo sistema *bonding* os problemas de reciclagem do pó não são tão evidentes, sendo contudo uma prática recomendável não ultrapassar o teor de 20 - 30% de pó recuperado na mistura, como ocorre com as tintas não metalizadas. As tintas metalizadas por “*bonding*” apresentam as partículas metálicas coladas nos grãos de tinta, garantindo maior uniformidade na aplicação e na recuperação. Este processo é mais utilizado em tintas altamente reflexivas ou de efeito metálico intenso.

- Tintas craqueadas, ou seja, acabamento texturizado com veios metálicos requerem cuidados redobrados, pois, os parâmetros de aplicação afetam também o desenho da textura e por consequência o aspecto metalizado.
- Parâmetros e experiências advindas da aplicação de tintas convencionais não se aplicam aos trabalhos com tintas metálicas.

#### DIFERENÇAS DE COR

As tintas em pó metálicas, assim como as cores convencionais, são fabricadas de acordo com os padrões internacionais (RAL ou de acordo com o padrão indicado pelo cliente). Vale lembrar que o processo de aplicação (manual ou automático) e o tipo de equipamento (pistola, cabine, recuperação do pó) também têm influência no visual da peça acabada.

A condição ideal para a execução de um trabalho de pintura com tinta em pó metálica é fazê-la em uma única linha de aplicação, com estrita manutenção dos ajustes das pistolas durante todo o trabalho e mantendo constante a relação de tinta virgem/tinta recuperada (nos casos metálicos essa relação deve ser de 80/20 ou 90/10 tinta virgem/tinta recuperada) e, idealmente, usando um único lote de tinta.

A espessura da camada tem influência determinante nas variações de cor, ao contrário das aplicações de tintas convencionais, onde essa influência é mínima.

#### EQUIPAMENTO DE APLICAÇÃO

Deve-se ajustar as pistolas de forma que se obtenha uma nuvem homogênea, sem a presença de grandes velocidades na partícula do pó.

Deve-se verificar o aterramento da cabine, pistolas e, fundamentalmente, certificar-se de que a peça a ser pintada está devidamente aterrada.

A limpeza cuidadosa, em intervalos regulares, das mangueiras e pistolas, exerce também grande influência no processo. Deve-se lembrar que as tintas em pó metálicas são muito mais sujeitas a deposição nos equipamentos por adesão por impacto do que às tintas em pó convencionais.

A aplicação de tintas em pó metálicas somente pode ser feita a partir de reservatórios com adequada fluidização. Nunca se deve utilizar o pescador diretamente na caixa de tinta, mesmo com dispositivo vibratório.

#### **RECUPERAÇÃO DO PÓ**

Para se obter cor, brilho e efeito metálico consistente é imprescindível manter constante, desde o início do processo, a relação de pó virgem/pó recuperado no reservatório. Para tanto é obrigatório que no início do trabalho se pulverize pó na cabine, sem peças a serem pintadas.

#### **PISTOLAS DE APLICAÇÃO**

Poucos produtos podem ser aplicados por pistolas com carregamento tribo. Caso se deseje aplicar tinta metálica com pistola tipo tribo, deve-se fazer um teste antes de se iniciar o trabalho para se certificar da possibilidade (mediante recomendação do fabricante).

Deve-se fazer a aplicação da tinta metálica regulando o equipamento de acordo com a indicação de tensão. Níveis elevados de tensão contribuem para maior variação de cor. Jamais se deve misturar, num mesmo trabalho, peças que tenha sido pintadas por pistola tribo e por pistola eletrostática tipo corona.

#### **ATERRAMENTO**

É muito importante a constante limpeza das gancheras, pois o acúmulo de pó na mesma prejudica o aterramento, reduzindo assim a eficiência da aderência do pó na peça.

Para as tintas metálicas, o aterramento é condição de sucesso: só é possível obter bom acabamento se a peça estiver aterrada corretamente.

O que ocorre com as tintas metálicas é que existe a necessidade das correntes elétricas acumuladas na peça fluírem rapidamente para a terra, pois caso contrário, se elas se acumularem na superfície, geram faíscas, deixando um grande número de imperfeições na superfície. Para que as correntes fluam imediatamente para a terra é fundamental, portanto, que a peça esteja realmente aterrada.

#### **RECOMENDAÇÕES GERAIS**

Quando for necessário pintar os dois lados de uma peça, deve-se pintar o lado mais visível por último.

Deve-se tomar cuidado com a curva de cura do produto. Em tintas metálicas, mais do que o patamar de tempo e temperatura, a velocidade de aquecimento exerce grande influência no acabamento, cor e brilho da peça acabada.

Deve-se considerar que as experiências e parâmetros advindos de pintura em pó com tinta comum raramente se aplicam a pintura em pó com tintas metálicas. O aplicador deve se adequar a um processo específico para a pintura com tintas metálicas.

## 13 PRODUTOS ESPECIAIS DA WEG

Visando atender as mais diversas aplicações no mercado, a WEG possui uma linha de produtos especiais para atender todos os clientes. A WEG tem à disposição os seguintes produtos na linha especial:

**Linha WF:** Linha de tintas em pó à base de resina poliéster de alta performance aliado a pigmentos selecionados de alta resistência ao intemperismo, desenvolvida especialmente para aplicações em manufaturados destinados à arquitetura e construção civil.

**Linha NOBAC:** Sistema de revestimento antimicrobiano indicado para combater a proliferação de bactérias e fungos. Por apresentar alta resistência química é indicada para os segmentos ligados a saúde, cozinhas industriais e domésticas, áreas de processamento de alimentos, metais sanitários, entre outros.

**NOBAC**<sup>®</sup>  
Sistema de revestimento antimicrobiano  
Norma JIS 2801 - Japão

**Linha W-ECO:** Durabilidade e segurança é o que oferece a exclusiva tinta W-ECO, isenta de metais pesados (chumbo, cromo, etc). É indicada principalmente para móveis escolares e infantis, móveis tubulares, brinquedos, utensílios domésticos, pintura de peças metálicas, máquinas e equipamentos em geral para exportação. Atende a diretiva RoHs e a NBR 11.786/2003.



**Linha W-Zn:** Única tinta em pó anticorrosiva do país, a W-Zn é utilizada como primer anticorrosivo, indicado para revestimento de peças metálicas, podendo até substituir a necessidade de utilização de chapas galvanizadas em certos casos. Um sistema de fosfatização mais tinta em pó convencional apresenta resistência à névoa salina de 500 horas, enquanto o desempenho do primer W-Zn supera 1.500 horas, podendo chegar até a 3.000 horas.



**Linha Alta Camada:** essa linha reúne tintas em pó com a característica de formar filmes mais espessos, de 100 a 200 micrometros em uma única aplicação a frio, substituindo as aplicações de dupla camada.

Além disso confere maior poder de cobertura de bordas e pode ser utilizada como opção à alguns planos de pintura com tintas líquidas.

**Linha WFQ:** linha de tintas à base de poliéster superdurável, cujo o principal diferencial é a certificação QUALICOAT. Essa linha é voltada pra o ramo arquitetônico, principalmente aplicação em alumínio. Com boa resistência química e ótima aderência, flexibilidade e resistência ao amarelamento. Apresenta excelente resistência ao intemperismo com retenção de brilho e cor superior às demais tintas de base poliéster.



A QUALICOAT é uma organização internacional cujo objetivo é manter a qualidade das tintas, podendo ser dividida em classes e categorias.

Atualmente a WEG têm produtos que atendem as Classes 1 e 2 da certificação QUALICOAT. Além de atenderem também à norma ABNT NBR 14125.

**PRODUTO CERTIFICADO**



**License nº P-1031**

### 13.1 Tintas em pó de baixa cura

As tintas em pó de baixa cura são indicadas para aplicação em materiais onde não é possível a cura no tempo especificado pelas tintas em pó convencionais devido a características do substrato ou a particularidades no processo de produção, como por exemplo:

- Estufa fria: a estufa não atinge a temperatura ideal de cura da tinta.
- Peças muito grossas e pesadas: Pintura de diferentes tipos de peças (tamanho e espessura) necessitando assim um tempo maior de estufa para a cura da tinta.
- Ganho de produtividade: Aumentar a velocidade da linha de pintura e ganhar maior produtividade. Em situações reais pode-se aumentar a velocidade do processo em até 50%.
- Economia de energia: Com menor temperatura haverá menor consumo de energia.

- Substratos sensíveis ao calor: Algumas ligas metálicas e outros tipos de substrato que não resistem à temperatura de 200 °C.

Segue na tabela abaixo a temperatura mínima de cura de algumas tintas em pó:

Tinta em pó baixa cura	Temperatura mínima de cura
Sistema Epóxi	140 °C
Sistema Híbrido	140 °C
Sistema Poliéster	170 °C

#### IMPORTANTE:

**Tintas Lisas Baixa Cura:** normalmente possuem maior efeito “casca de laranja” quando comparada com tinta lisa de cura normal.

**Tintas Texturizadas Baixa Cura:** normalmente possuem textura um pouco menor se comparada com uma tinta texturizada de cura normal.

*Para maiores informações consulte a área técnica da WEG-TINTAS.*

**“O MAIS IMPORTANTE É SABER O QUE DEVE SER USADO E, CONSEQUENTEMENTE, USAR SEMPRE.”**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACO, Associação Brasileira de Corrosão, **Inspetor de Pintura Nível I**, Rio de Janeiro, Fev de 1988

FAZENDA, Jorge M. R. (coordenador), **Tintas & Vernizes – Ciências e Tecnologia**, Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas, 3ª ed. São Paulo, Edgard Blücher, 2005.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**, Editora Guanabara, Rio de Janeiro.

**Instruções para aplicação de tintas em pó metálicas**: Tradução do boletim 36 do instituto austríaco de tintas e vernizes – edição 10/2000.

NUNES, Laerce de Paula. LOBO, Alfredo Carlos O. **Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1998.

**Powder Coater's Manual**: Powder Coated Institute. ([www.powdercoating.org](http://www.powdercoating.org))

Conheça as operações mundiais da WEG



[www.weg.net](http://www.weg.net)



+55 47 3276.4000

tintas@weg.net

Guaramirim - SC - Brasil  
Mauá - SP - Brasil  
Cabo de Santo Agostinho - PE - Brasil  
Buenos Aires - Argentina  
Hidalgo - México

Rev: 06 | Data: 03/2022.

Sujeito a alterações sem aviso prévio.

As informações contidas são valores de referência