

1. Finalidade da pintura

O termo genérico pintura pode ser estendido em três ramos da atividade humana:

- Pintura artística
- Pintura arquitetônica
- Pintura industrial

A pintura artística é aquela em que o uso das tintas e das cores tem a finalidade de expressar uma arte. Esta pintura é, portanto, exercida pelos artistas, que a usam na execução de quadros, painéis, murais, etc.

A pintura arquitetônica é aquela em que o uso das tintas e das cores tem a finalidade de tornar agradável os ambientes. É usada na construção civil e, não obstante possa ter também a finalidade protetora, visa fundamentalmente ao embelezamento das superfícies revestidas.

A pintura industrial é aquela cuja finalidade principal é a proteção anticorrosiva. Apresenta, porém, outras finalidades complementares, tais como: finalidade estética, torna a apresentação agradável, auxílio na segurança industrial, impermeabilização, facilitar a identificação de fluídos em tubulações ou reservatórios, permitir maior ou menor absorção de calor, entre outras.

A pintura industrial pode ainda ser de dois tipos:

- Pintura Industrial de fabricação em série: é aquela cuja aplicação das tintas é feita por meio de instalações fixas, tais como cabines de jateamento abrasivo ou banhos de soluções químicas, para limpeza e condicionamento de superfície, cabines de aplicação e estufas.
- Pintura Industrial de campo: é aquela cuja aplicação das tintas é feita por meio de instalações móveis, tais como máquinas para jateamento abrasivo, pistolas ou outros equipamentos para aplicação das tintas.

Portanto a aplicação da pintura industrial consiste na interposição de uma película, em geral orgânica, entre o meio corrosivo e o material metálico que se quer proteger.

No que diz respeito a desempenho e custo, a pintura é o método de controle de corrosão praticamente absoluto para estruturas aéreas, sendo também empregado com excelentes resultados em estruturas submersas (caso de embarcações e plataformas) e ainda em alguns casos para estruturas enterradas.

Estes revestimentos são aplicados sob a forma de tintas, que são composições líquidas ou sob forma de pós, capazes de formar película sólida após a secagem ou cura.

2. Atividade e responsabilidade do pintor

O pintor, também chamado de aplicador é o profissional responsável em reunir todas as informações que compõem a visão sistêmica para se executar a pintura industrial. Esse sistema é caracterizado em cinco fases importantes:

- Caracterização dos ambientes corrosivos;
- Seleção adequada dos esquemas de pintura;
- Aquisição técnica das tintas;
- Seleção do método de aplicação e o controle da qualidade de aplicação;
- Inspeção e acompanhamento da pintura.

Estas cinco fases são de total interação com as atividades do pintor e são baseadas em normas, procedimentos e padrões, que irão definir os critérios de qualidade a serem observados em cada uma delas.

O pintor não é mais um simples colaborador que colori superfícies, mas sim um capacitado profissional que conhece, identifica e cumpre normas, procedimentos e documentos relacionados ao universo da pintura industrial como a atividade de combate as superfícies metálicas da corrosão eminente.

3. Conceitos de corrosão

a. Introdução

A pintura industrial é o revestimento mais utilizado na proteção anticorrosiva nos dias atuais. A sua extensa utilização, especialmente para superfícies expostas à atmosfera, deve-se ao custo competitivo, à facilidade de aplicação e à possibilidade de ser eficiente no controle da corrosão. Entretanto, muitos revestimentos por tintas falham precocemente devido à desconsideração de fatores extremamente importantes para seu desempenho. Muitas empresas, na busca de preservar seus ativos por meio de um custo/benefício adequado, vêm procurando dar ao revestimento por tintas a atenção apropriada, considerando dois aspectos fundamentais:

- Os detalhes de projeto que podem interferir no desempenho do revestimento;
- A necessidade de adotar uma abordagem sistêmica na realização do revestimento.

Alguns importantes estudos mostram que o custo da corrosão, em uma perspectiva mundial, situa-se em torno de 3,5% do PIB. Nos Estados Unidos, este custo é da ordem de US\$ 276 bilhões, sendo que, deste total, cerca de US\$ 110 bilhões estão sendo vinculados ao uso dos revestimentos, e certamente mais de 80% deste valor está diretamente ligado à pintura.

Adaptado para o PIB brasileiro, o dispêndio na área de corrosão representaria uma cifra anual da ordem de R\$ 80 bilhões.

É sempre importante observar que, a utilização adequada dos revestimentos por tinta, além da questão da redução de custo como resultado da preservação da integridade dos equipamentos e instalações, produz um consequente aumento da confiabilidade operacional.

A película de revestimento por tintas constitui-se em uma barreira que deverá ser aderente ao substrato e a mais impermeável possível à passagem do eletrólito (umidade). Quando o eletrólito chega a superfície metálica, inicia-se o processo corrosivo, e deste tempo de migração dependerá a durabilidade da proteção.

Os fatores que podem acelerar falhas de uma película de revestimento por tintas podem estar relacionados à qualidade da própria película, ao substrato ou a detalhes construtivos, e normalmente decorrem da ausência de uma abordagem sistêmica.

b. Conceito de corrosão

Corrosão pode ser definida como sendo a deteriorização que ocorre quando um material reage com o meio ambiente, levando a perda de suas propriedades.

Alguns autores definem que o processo de corrosão é o inverso da siderurgia para a obtenção do aço. Inicialmente a siderurgia tem como principal matéria prima o minério de ferro que é processado e resulta em nossos produtos siderúrgico como barras, perfis, bobinas, chapas de aço, que posteriormente pela ação do meio ambiente sofrem a corrosão (ferrugem) e voltam ao estado inicial (minério de ferro).

Esquema do ciclo da corrosão envolvendo o processo siderúrgico

Notem que o aço é empregado em 90% de todo material utilizado em setores como: automobilístico, fabricantes de máquinas, metalúrgicas, agrícolas, linha branca, construção civil, etc.

O aço é utilizado mundialmente em alta escala, o crescimento de um país também, inclusive, se mede pelo consumo de aço.

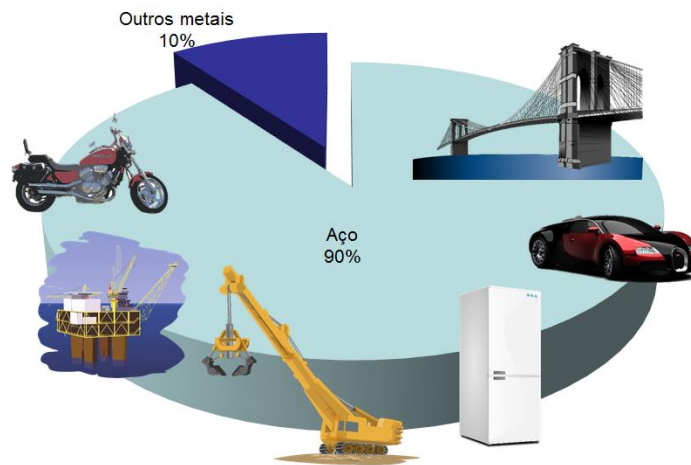


Gráfico da utilização do aço frente a outros metais

Agora imaginem quanto material de aço, estão susceptíveis à ação da corrosão! Sim obviamente, todos equipamentos ou itens de aço, nosso nobre material, devem ser tratado adequadamente para não sofrerem com a ação espontânea da corrosão.

Lembrando que para o PIB brasileiro, o dispêndio na área de corrosão representaria um valor anual de R\$ 80 bilhões.

Realmente é um valor enorme para se combater ao ataque da corrosão sobre o nosso aço, e você acredita que esse valor pode ser maior ainda!? É que esses valores são calculados em cima dos seguintes itens, que podemos chamar de custos diretos:

- Custos pela substituição por material mais resistente à corrosão, como o aço inoxidável por exemplo;
- Custos para condicionamento do meio ambiente corrosivo
- Custos da proteção superficial do aço, como tintas e outros revestimentos.
- Custos com técnicas de proteção catódica

Esses custos listados são os facilmente computados, mas não entra nessa conta os custos Indiretos, como:

- Parada de processo para manutenção;
- Perda de água por vazamento;
- Contaminação de produto (água) ou do meio ambiente;
- Acidentes fatais com perda de vida ...

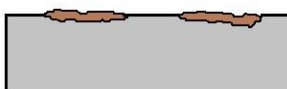
1. Classificação da corrosão

A corrosão, para estruturas e equipamentos de aço, quero destacar os seguintes tipos de corrosão de os existentes e pode ser classificada das seguintes formas:

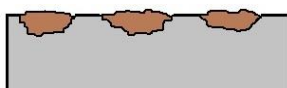
Corrosão uniforme: É aquela que ocorre quando o aço está exposto ao ar atmosférico e sofre a ação da umidade e do oxigênio. A corrosão desta maneira ocorre em toda a extensão da superfície com a perda uniforme da espessura com a formação de escamas de ferrugem.



Corrosão por placas: É aquela em que a ocorrência se manifesta em regiões da superfície metálica e não em toda a sua extensão, formando placas com escavações.



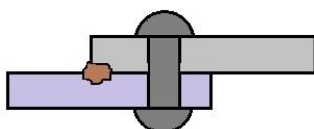
Corrosão Alveolar: Ocorre produzindo sulcos ou escavações semelhantes à alvéolos, apresentando fundo arredondado e profundidade geralmente menor do que o seu diâmetro.



Corrosão por Pites: Ocorre em pontos ou em pequenas áreas localizadas na superfície metálica produzindo cavidades que apresentam profundidade geralmente maior do que seu diâmetro. Estas cavidades são chamadas em inglês de “pitting” e traduzidas para o português ficaram pites. Dependendo da espessura da chapa, podem apresentar perfurações que atravessam de um lado ao outro.

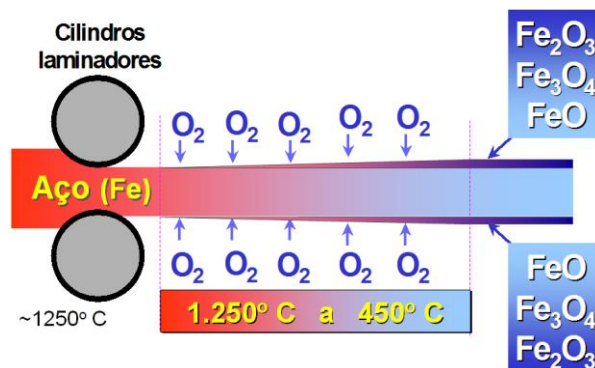


Corrosão em frestas: Se há uma fresta na junção de duas peças de aço e o oxigênio e a umidade conseguem penetrar, forma-se uma célula de oxigenação diferenciada. A diferença de concentração de oxigênio produz corrosão.



1. Carepa de laminação

A carepa de laminação é um contaminante muito especial, pois o aço já sai da siderúrgica com uma camada de óxidos de ferro formada na superfície do metal no processo de laminação a quente. A carepa se forma em perfis, tubos, vergalhões e chapas, na faixa de temperatura entre 1250° C e 450° C. Basta aquecer qualquer peça de aço em temperaturas dentro desta faixa que o oxigênio reage com o ferro e forma-se a carepa. Na laminação o aço é aquecido para torna-lo mais dúctil e para que seja possível passar as chapas entre os cilindros laminadores. Durante o resfriamento a chapa se recobre de uma camada cinza azulada.

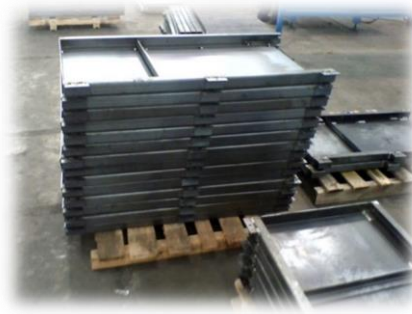


A carepa se forma por reação do oxigênio do ar com o ferro do aço

A carepa tem as seguintes características: É aderente, é impermeável, é dura e lisa.

Apresenta espessuras de 15 até cerca de 500 micrometros (a espessura depende do tempo em que o aço fica exposto a temperaturas elevadas, acima de 450°C; esta é a razão do por que chapas grossas tem carepas mais espessas: quanto maior a massa, mais tempo demora para esfriar (inercia térmica).

Uma análise rápida das características da carepa poderia induzir a conclusão errada de que se trata de um ótimo revestimento anticorrosivo. Se comparássemos uma camada de carepa com uma camada de tinta, no mesmo ambiente altamente agressivo, pelo mesmo tempo, a pintura apresentaria um desempenho superior.



Exemplo de superfícies de aço com carepa de laminação no Grau A

A explicação é que a tinta apresenta flexibilidade suficiente para acompanhar os movimentos da base sem trincar ou fissurar. A carepa não possui flexibilidade suficiente e não acompanha os movimentos do aço sobre a qual foi formada.

Devido aos movimentos diários de dilatação, por causa do calor do sol e de contração, devido a temperaturas mais baixas durante as noites, a carepa sofre fissuramento ou trincamento, por ter coeficiente de dilatação diferente do aço e acaba levando consigo a tinta bem aderida.

Outro problema da pintura sobre a carepa de laminação é que por ser uma superfície muito lisa, há dificuldade de aderência da tinta.

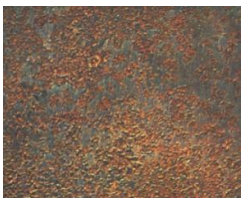
a. Graus de corrosão (enferrujamento)

Os padrões de grau de corrosão são definidos através de fotografias do estado de intemperismo em que a superfície de aço carbono laminado a quente, se encontra para a pintura, antes da limpeza. Os padrões visuais fotográficos são 4 (veja as figuras abaixo):

- A - Superfície com carepa de laminação intacta
- B - Superfície com carepa de laminação se destacando e com presença de ferrugem
- C - Superfície com corrosão generalizada e sem carepa
- D - Superfície com corrosão generalizada e com pontos profundos de corrosão chamados de pites ou alvéolos.



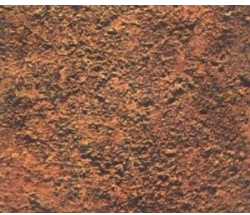
Grau A



Grau B



Grau C



Grau D

Graus de corrosão do aço laminado a quente (SIS 05 59 00-67)

1. Condições Ambientais

A aplicação das tintas em condições ambientais adversas pode introduzir vários tipos de defeitos nas películas de tintas.

Em termos gerais, as condições meteorológicas que influenciam as propriedades das tintas são a umidade relativa do ar, a temperatura ambiente, as chuvas e os ventos.

A umidade relativa do ar, ao possibilitar a introdução de partículas de água na película de tinta úmida, acarreta perturbações nas reações físico-químicas que darão origem a película de tinta seca, introduzindo falhas que variando com o tipo de tinta usada.

Assim é que as tintas de base epóxi endurecidas com aminas são muito sensíveis a umidade, dando origem a uma substância denominada quetimina, que deixa a película com um aspecto esbranquiçado na superfície ou mesmo com aspecto de um gel endurecido. A depender da profundidade desta alteração, a película poderá estar comprometida ou não. Quando bem superficial, pode ser eliminada com um leve lixamento da película. Quando subsuperficial, pode requerer a remoção de toda a película. A ação preventiva nestes casos é procurar evitar a utilização de tintas epóxis endurecidas com aminas em regiões cuja umidade relativa do ar esteja permanentemente superior a 80%. Em Manaus, por exemplo, quando se pretende trabalhar com tintas de base epóxi, o ideal é utilizá-las endurecidas com amidas, que são menos sensíveis a umidade.

Uma outra tinta muito sensível a umidade relativa do ar é a de silicato inorgânico de zinco. Estas tintas, quando aplicadas em regiões com elevada umidade, têm dificuldade de formação de película. A solução é utilizar tintas à base de silicato de etila que, ao contrário da anterior, formam película com maior facilidade em presença de umidade relativa do ar elevada.

Modernamente, existem disponíveis no mercado tintas formuladas para serem aplicadas com elevada umidade relativa de ar e até mesmo para serem aplicadas sobre superfície úmida ou embaixo d'água.

As tintas são composições químicas formuladas para curar (secar ou converter) após aplicadas, passando da condição de película úmida para a condição de película seca. Na formulação da tinta, particularmente no que diz respeito à adição de solventes, as tintas são formuladas para que esta cura ou secagem ocorra em condições tais que leve à otimização de suas propriedades. Nestas condições, a temperatura ambiente e, por consequência, a temperatura da superfície a ser pintada, têm influência significativa. Temperaturas extremas, como abaixo de 10°C ou acima de 40°C, alteram por completo as condições de cura ou secagem da tinta. Temperaturas abaixo de 10°C retardam a secagem da tinta, comprometendo os intervalos entre demãos recomendados pelos fabricantes e, conseqüentemente, a velocidade da aplicação. Ao contrário, a aplicação de tintas em temperaturas muito elevadas faz com que sua secagem dê-se muito rapidamente, comprometendo a evaporação do solvente e alterando as propriedades da película seca. Além disso, a aplicação das tintas sobre superfície com temperatura superior a 45°C pode provocar vários tipos de defeitos, como o fendilhamento ou gretamento (caso típico das tintas inorgânicas de zinco), a formação de bolhas, poros ou crateras (caso típico das tintas de acabamento de base epóxi) e o enrugamento (caso típico das tintas de alumínio fenólico). No caso específico das tintas inorgânicas à base de silicato de etila, o fenômeno do fendilhamento ocorre a temperaturas já a partir de 40°C.

As chuvas comprometem a aplicação de forma semelhante à umidade contida no ar.

No que diz respeito aos ventos fortes, comprometem a aplicação através dos métodos à base de pistola, devido às perdas excessivas (partículas de tintas arrastadas pelo vento) e ocorrência de um defeito de nome “fiapo”, uma vez que a tinta, no percurso entre o bico da pistola e a superfície em pintura, transforma-se numa espécie de fio delgado, depositando-se então na superfície e comprometendo a uniformidade da película.

a. Temperatura da tinta

A temperatura da tinta, medida na lata, se for monocomponente ou na mistura se for bi componente, deverá estar entre 16º e 30º C. Lembrar que na mistura de A com B das tintas bi componentes, a temperatura aumenta. A temperatura da tinta pode ser medida com um termômetro comum.

b. Temperatura do ambiente

A temperatura do ar no ambiente onde a pintura será executada deverá estar entre 16° C e 30° C. Em temperaturas abaixo de 16° C, até no mínima 10° C e acima de 30° C, até no máximo 40° C, poderão ser necessárias técnicas especiais de diluição e de aplicação. A temperatura do ambiente poderá ser medida com um termômetro comum.

c. Temperatura da superfície

A temperatura da superfície a ser pintada deverá estar entre 16° C e 30° C. Em temperaturas abaixo de 16° C até no mínimo de 10° C e acima de 30°C, até no máxima 55° C poderão ser necessárias técnicas especiais de diluição e aplicação. A temperatura da superfície pode ser medida com um termômetro de cantata, ou com um pirômetro a laser.

d. Umidade relativa do ar (UR)

A agua quando se evapora, fica no ar na forma de vapor. Esta agua, mesmo não sendo notada, está no ar atmosférico e é chamada de umidade relativa do ar. Quando colocamos agua gelada em um copo, em poucos minutos suas paredes começam a "suar". Aquelas gotas que escorrem é a umidade do ar que estava no ambiente e se condensou. Quanto mais umidade houver no ar e quanta mais baixa for a temperatura da superfície, maior será a condensação. Quando um liquido se evapora, ele provoca um abaixamento da temperatura da superfície. Exemplo disto e a moringa de barro, que por ser porosa fica sempre úmida. A agua se evapora do lado de fora, abaixa a temperatura da superfície e por isso a agua do interior fica "fresquinha". Da mesma maneira, quando a solvente da tinta se evapora, abaixa a temperatura da superfície e é possível que a umidade do ar se condense prejudicando o desempenho da tinta. Por isso, o limite normal para a umidade do ar (UR) é de 30% a 60%, para evitar a condensação. Deve-se evitar a preparação de superfície e a aplicação de tintas quando a umidade relativa do ar estiver maior do que 85%. A umidade do ar pode ser medida com um higrômetro ou com um psicrômetro (termômetros de bulbos seco e úmido)

e. Ponto de Orvalho

É a temperatura na qual a umidade do ar que está na forma de vapor de água, se condensa, passando para o estado liquido. De manhã são notadas gotas, chamadas de orvalho, nas plantas. O que aconteceu na madrugada foi a condensação do vapor de agua da atmosfera (umidade relativa do ar - UR) na superfície das folhas. Durante a madrugada, a umidade do ar é mais alta do que em outros períodos do dia e como as folhas perdem calor mais rapidamente do que o ar e ficam abaixo da temperatura do ambiente, ocorre a condensação. Podemos determinar o ponto de orvalho usando a tabela abaixo:

UR %	Temperatura ambiente °C						
	10	15	20	25	30	35	40
90	8,2	13,3	18,3	23,2	28,0	33,0	38,2
85	7,3	12,5	17,4	22,1	27,0	32,0	37,1
80	6,5	11,6	16,5	21,0	25,9	31,0	36,2
75	5,6	10,4	15,4	19,9	24,7	29,6	35,0
70	4,5	9,1	14,2	18,6	23,3	28,1	33,5
65	3,3	8,0	13,0	17,4	22,0	26,8	32,0
60	2,3	6,7	11,9	16,2	20,6	25,3	30,5
55	1,0	5,6	10,4	14,8	19,1	23,9	28,9
50	-0,3	4,1	8,6	13,3	17,5	22,2	27,1
45	-1,5	2,6	7,0	11,7	16,0	20,2	25,2
40	-3,1	0,9	5,4	9,5	14,0	18,2	23,0
35	-4,7	-0,8	3,4	7,4	12,0	16,1	20,6
30	-6,9	-2,9	1,3	5,2	9,2	13,7	18,0

Exemplo: para UR de 70 % e temperatura ambiente 25° C, o ponto de orvalho é 18,6°C.

Ponto de orvalho +3°C

As técnicas de boa pintura recomendam que as tintas não devem ser aplicadas se a temperatura da superfície não estiver no mínima 3°C acima do ponto de orvalho. No exemplo acima, se a temperatura da superfície não estiver acima de 21,6°C (18,6°C+3°C), a pintura não deverá ser executada. Estes 3°C são considerados margem de segurança, pois os solventes ao se evaporarem resfriam a superfície da tinta e poderá haver condensação da umidade do ar ambiente. Se for possível aquecer a superfície a ser pintada, dentro dos limites normais de aplicação, esta regra (ponto de orvalho+3), prevalece sobre outras, inclusive sobre a restrição de no máxima 85% para a umidade relativa do ar.

1. Preparo da Superfície

A preparação da superfície metálica constitui uma etapa importantíssima na execução de uma pintura industrial. Ela é definida pelo esquema de pintura, uma vez que varia em função da natureza das tintas que se vai aplicar e do desempenho esperado pelo esquema da pintura.

A preparação é realizada com dois grandes objetivos:

1 - Consiste em remover da superfície, materiais que possam impedir o contato direto da tinta com a mesma. A aplicação de uma tinta sobre materiais estranhos a superfície acarretaria a remoção da película da tinta quando os mesmos, que normalmente não estão suficientemente aderidos, se desprenderem da superfície. Por exemplo, se uma tinta é aplicada sobre uma camada de óxidos, a continuidade do processo corrosivo, com velocidade que variará em função da maior ou da menor impermeabilidade da camada das tintas, levará ao crescimento da camada de óxidos e, a seguir, ao seu desprendimento da superfície metálica, com consequente queda da camada de tintas. Dificuldades de adesão das camadas de tintas também ocorrem quando aplicadas sobre resíduos de óleos, graxas, sais e poeiras. Entretanto, o nível requerido para limpeza da superfície variará em função da natureza da tinta, uma vez que as tintas tem diferentes graus de aderência sobre as superfícies, além do fato de algumas tintas requererem um perfeito contato com a superfície, para protegerem-na catodicamente. É importante que, quando da aplicação do esquema de pintura, a limpeza da superfície atenda ao grau mínimo recomendado;

2. diz respeito a se criar condições adequadas para boa aderência, incluindo um adequado perfil de rugosidade, capaz de permitir a ancoragem mecânica da primeira demão da tinta de fundo superfície metálica que se quer proteger. A dimensão do perfil de rugosidade variar em função da espessura da camada de tintas e da espessura da película seca da primeira demão de tinta de fundo, associada ao intervalo de tempo para aplicação da segunda demão. Porém, quando decorrer um grande intervalo de tempo entre a aplicação da primeira e da segunda demãos das tintas previstas pelo esquema de pintura, particularmente em ambientes úmidos, deve-se prever um perfil de rugosidade e uma espessura de película seca da primeira demão de tinta, que garantam que os picos provenientes da rugosidade da superfície não fiquem desprotegidos até a aplicação da segunda demão. Existem vários métodos de limpeza de superfície, como: limpeza mecânica, limpeza química, limpeza a fogo, limpeza com vapor, etc. Pela natureza da pintura industrial, abordada neste livro, só será objeto de estudo a limpeza mecânica. A preparação da superfície para pintura, por limpeza mecânica, envolve quatro operações:

1. inspeção: deve-se proceder a uma inspeção visual geral da superfície a ser pintada, a fim de assinalar locais onde haja óleos, graxas, gorduras, defeitos superficiais, bem como avaliação do estado inicial de oxidação ou o estado de superfícies pintadas. O estado inicial de oxidação é usualmente estabelecido com base nos padrões da Norma ISO 8501-14 e o estado de superfícies pintadas pela ASTM D610 e SSPC- VIS 4/NACE VIS 7;

2. limpeza com solvente e remoção de defeitos superficiais: nos locais onde haja óleo, graxa, ou gordura deve-se proceder a uma limpeza com solvente. Estas substancias gordurosas, se não forem removidas, prejudicarão a pintura. Nos locais onde haja defeitos superficiais, deve-se proceder a remoção por esmerilhamento;

3. lavagem com água doce: em locais onde haja possibilidade de existir contaminantes no nível NV-2 (por exemplo: contaminação de cloretos inferior a $7 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), as superfícies devem ser lavadas com água doce. A lavagem torna-se desnecessária quando se utilizar hidrojateamento;

4. limpeza por ação mecânica: após a limpeza com solvente e a remoção de defeitos superficiais, procede-se a limpeza da superfície por um dos métodos que serão descritos a seguir, de modo a deixar a superfície com o grau de limpeza e com o perfil de rugosidade requeridos pelo esquema de pintura.

a. Limpeza manual

Consiste na remoção da camada de óxidos e outros materiais não muito aderentes, por meio de ferramentas manual, tais como escovas de aço, raspadores, lixas, etc.

É um tipo de limpeza precária, de baixo rendimento de execução é recomendável apenas quando não for possível a aplicação de um método mais eficiente, por razões técnicas ou económicas. Por este método não se consegue um grau de limpeza adequado para aplicação de tintas que não tenham boa adesividade ou que atuem pelo mecanismo de proteção catódica. Este tipo de limpeza corresponde ao padrão St2 da Norma ISSO 8501-1.

As tintas à base de óleo ou óleo modificadas têm desempenho satisfatório com este tipo de limpeza da superfície.

b. Limpeza com ferramentas mecânicas manuais

Consiste na remoção da camada de óxidos e outros material não muito aderentes, por meio de ferramentas mecânicas manuais, tais como escovas rotativas, marteletes de agulhas, lixadeiras, etc.

É um tipo de limpeza ainda precário, de rendimento de execução relativamente baixo, porem melhor que a limpeza manual. Dependendo da ferramenta utilizada, o método tem ainda como inconveniente a possibilidade de polir a superfície e, como consequência, dificultar a adesão da -tinta Este tipo de limpeza corresponde ao padrão St3 da Norma ISO 8501-1.

Da mesma forma que o anterior, é recomendável onde não for possível, por razoes técnicas ou econômicas, a aplicação de um método mais eficiente de limpeza, como o jateamento abrasivo ou hidrojateamento.

Graus de limpeza por meio de ferramentas mecânicas:

- **Grau St 2:** Superfície de aço completamente raspada com raspador ou metal duro e escovada manual ou mecanicamente com escova de aço, esmerilhamento, etc. O tratamento deve remover a carepa de laminação solta, a ferrugem e qualquer material. Corresponde ao padrão St 2 da Norma ISO 8501-1;
- **Grau St 3:** Superfície de aço completamente raspada e escovada manual ou mecanicamente com escova de aço, esmerilhamento, mas de maneira muito mais minuciosa. A superfície deve ser tratada como St2, mas de maneira muito mais rigorosa. Corresponde ao padrão St 3 da Norma ISO 8501-1;

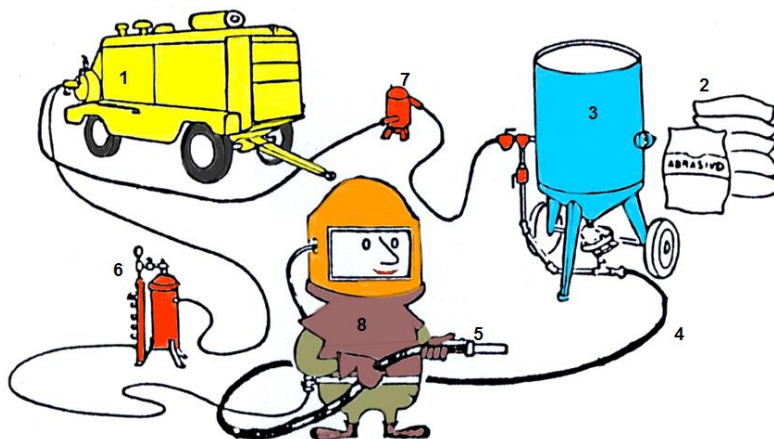
c. Limpeza com jateamento abrasivo

Consiste na remoção da camada de óxidos e outras substancias depositadas sobre a superfície, por meio da aplicação de um jato abrasivo com granalha de aço, bauxita sintetizada, escoria de cobre, dentre outros. O jato abrasivo é obtido pela projeção, sobre a superfície, de partículas de abrasivo, impulsionadas por um fluido, em geral o ar comprimido.

Um sistema de jateamento básico deve ser composto dos seguintes itens abaixo, levando em consideração que se trata do tipo denominado “jato à pressão”, que é usado na maioria dos serviços.

1. **Compressor de ar:** é o coração do sistema de jateamento, são usados elétricos em oficinas fixas e os movidos à diesel em obras externas, sua capacidade é medida em PCM (pé cúbico por minuto) que é uma unidade de vazão de ar.

2. **Abrasivo:** É o combustível do sistema, são granulados de materiais que tem a função de atacar o substrato mecanicamente, portanto devem ter uma dureza considerável, são utilizados por exemplo: óxido de alumínio, granalha de aço, bauxita sinterizada, microesfera de vidro.
3. **Máquina de jateamento:** É um tanque reservatório onde é colocado o abrasivo sob pressão, uma válvula dosa a quantidade de abrasivo que é transportada pelo ar comprimido.
4. **Mangueira de jateamento:** É uma mangueira própria para essa atividade, ela tem uma parede grossa para compensar o desgaste gerado pelo abrasivo passando continuamente por ela.
5. **Bico de jateamento:** É por onde passa o abrasivo antes de jatear, é fabricado de material especial para resistir à abrasão mecânica, e tem relação direta ao consumo de ar do compressor.
6. **Filtro respirador:** Responsável a filtrar o ar mandado que alimenta o jatista.
7. **Purgador:** Elemento responsável para retirar ou purgar a água do sistema de ar.
8. **Proteção do jatista:** Luvas, Roupão de raspa, sapato de proteção e capacete vedado com entrada de ar mandado, são as proteções individuais do jatista.



Esquema básico do processo de jateamento abrasivo

Este sistema é o mais usado, trabalha com rendimentos altos e utiliza praticamente todos os tipos de abrasivos.

Este tipo de limpeza é o mais adequado e recomendável para aplicação de pintura, por ser de grande rendimento de execução, proporcionar uma limpeza adequada e deixar na superfície uma rugosidade excelente para uma boa ancoragem da película de tinta.

Logicamente, quanto melhor o grau de limpeza da superfície e maior o perfil de rugosidade, maior será a adesão das tintas e melhor o desempenho e a durabilidade do esquema de pintura. 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 cujos estados iniciais de oxidação foram vistos anteriormente.

Graus de limpeza com jateamento abrasivo:

- **Grau Sa 1:** Limpeza ligeira ou jato rápido, 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 Sa1 da Norma ISO 8501-1;
- **Grau Sa 2:** Limpeza ao jateamento comercial, constitui-se numa limpeza com retirada de óxidos, carepa de laminação, etc., em cerca de 50% da superfície a ser pintada. Corresponde ao padrão Sa2 da Norma ISO 8501-1;

- **Grau Sa 2 ½:** 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 95% da área limpa com manchas ou raias de óxidos encrustados. Corresponde ao padrão Sa2 1/2 da Norma ISO 8501-1;
- **Grau Sa 3:** 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 Sa3 da Norma ISO 8501-1.

1. Limpeza por hidrojateamento

A preparação de superfície por meio de hidrojateamento é um processo em que a limpeza de superfície é obtida utilizando-se água a altas pressões. A Norma SSPC-SP 12/NACE N° 514, classifica o hidrojateamento em:

- Hidrojateamento a alta pressão: a pressão pode variar de 70 MPa a 210 MPa (10 000 a 30 000 psi);
- Hidrojateamento a hiperalta pressão: esta classificação é usada para pressões acima de 210 MPa (30 000 psi). Existem equipamentos capazes de operar com pressões superiores a 210 MPa (30 000 psi).

Para pressões inferiores a 70 MPa (10 000 psi), a referida norma denomina o processo como limpeza com água de alta e baixa pressão. A figura 5.1 mostra operações de hidrojateamento. O hidrojateamento é um método de preparação de superfície bastante utilizado no campo da pintura anticorrosiva e possui, dentre outras, as seguintes características técnicas:

- É de grande eficácia na remoção de materiais soltos, produtos de corrosão não muito aderentes;
- É eficiente na remoção dos contaminantes da superfície, em especial os sais solúveis que são, os principais responsáveis pela degradação dos revestimentos e corrosão do substrato;
- Não gera pó durante a operação de limpeza e nem produz faíscas;
- Não é nocivo ao meio ambiente, o que é importante sob o ponto de vista de impacto ambiental, e nem prejudica a saúde;
- Não é eficiente para remoção de carepas de laminação e produtos de corrosão muito aderentes;
- Não confere rugosidade a superfície e esta é uma desvantagem do processo. Portanto, é recomendado para os casos em que a superfície já possua um perfil de rugosidade, como por exemplo, aquele oriundo de processos anteriores de jateamento.

Com relação aos graus de limpeza obtidos pelo processo de hidrojateamento ("water jetting"-WJ), estes podem ser avaliados de acordo com os critérios estabelecidos na norma SSPC-SP12/NACE N° 5. Os padrões de limpeza previstos na referida norma, são:

- hidrojateamento Severo WJ-1: a superfície deve estar livre de todos os produtos de corrosão previamente existentes, de carepa de laminação, de revestimentos e de materiais estranhos. Além disso, deve possuir aspecto metálico fosco;
- hidrojateamento Muito Elevado WJ-2: a superfície deve apresentar aspecto metálico fosco com pelo menos, 95% de sua área livre dos resíduos visíveis previamente existente. O restante da superfície (5%) poderá apresentar manchas suaves, distribuídas aleatoriamente, de oxidação, revestimentos ou materiais estranhos;
- hidrojateamento elevado WJ-3: a superfície deve apresentar aspecto metálico fosco com pelo menos, dois terços livre de resíduos visíveis (exceto carepa de laminação), sendo que o restante da mesma (um terço) poderá apresentar-se apenas com manchas suaves, distribuídas aleatoriamente, de produtos de corrosão previamente existente, de revestimentos ou de materiais estranhos;
- hidrojateamento brando WJ-4: este padrão corresponde a uma situação em que apenas os resíduos (produtos de corrosão, carepa de laminação e revestimentos) não aderentes ou soltos são removidos da superfície.

No que diz respeito aos contaminantes invisíveis, a norma contém três padrões. A Norma apresenta, ainda os padrões de limpeza WJ-2 e WJ-3 executados em chapas de aço com graus de corrosão C e D, bem como os graus de enferrujamento rápido "flash rusting" (L = leve; M = modera-do; H = intenso).



Operação de Hidrojateamento (Zirtec)

Os padrões de graus de limpeza também são definidos através de fotografias do estado em que as superfícies ficam após o tratamento de limpeza e remoção da poeira e partículas soltas. Os padrões visuais fotográficos da norma sueca SIS 05 59 00 - 67 que são comparados imediatamente antes da aplicação da tinta, são os seguintes:

Padrões de hidrojateamento - Normas SSPC-VIS 4 e NACE VIS 7

	Condição inicial da superfície	Cond. C 100% de Ferrugem	Cond. D 100% de Ferrugem com Pites	Cond. E tinta de cor clara aplicada sobre aço jateado	Cond. F tinta rica em zinco aplicada sobre aço	Cond. G sistema multi-camada, não quebradiça, aplicada sobre aço nu com carepa	Cond. H Sistema multi-camada, quebradiça deteriorada
Grau de limp.	WJ-1	C WJ-1	D WJ-1	E WJ-1	F WJ-1	G WJ-1	H WJ-1
	WJ-2	C WJ-2	D WJ-2	E WJ-2	F WJ-2	G WJ-2	H WJ-2
	WJ-3	C WJ-3	D WJ-3	E WJ-3	F WJ-3	G WJ-3	H WJ-3
	WJ-4	C WJ-4	D WJ-4	E WJ-4	F WJ-4	G WJ-4	H WJ-4

Esta tabela é um complemento visual da norma SSPC-SP 12 / NACE 5 - hidrojateamento por alta (de 10.000 a 25.000 psi) e ultra alta pressões (acima de 25.000 psi). Descreve os padrões da norma e é acompanhada pelas respectivas fotografias para comparação visual. Os graus de corrosão A e B não são ilustrados justamente por que não há razão para tratar superfícies com carepa por hidrojetamento. Os números de 1 a 4 representam uma piora na situação, sendo 4 a remoção mais leve e o número 1 a condição mais rigorosa com grande remoção dos óxidos e contaminantes. Apenas a título de ilustração apresentamos abaixo alguns padrões:

- **Condição C** — superfície do aço completamente coberta com ferrugem; pouco ou nenhum pite visível. A área inclui um exemplo de alteração na cor causada pelo aquecimento.
- **Condição D** — superfície do aço completamente coberta com ferrugem; pites visíveis. A área inclui um exemplo de material estranho (grau D de corrosão).
- **Condição E** — superfície de aço previamente pintada; tinta clara aplicada sobre superfície jateada; a maior parte da tinta está intacta.
- **Condição F** — superfície de aço previamente pintada; tinta rica em zinco aplicada sobre superfície de aço jateada ; a maior parte da tinta está intacta.
- **Condição G** — sistema de pintura aplicado sobre aço nú, com carepa de laminação; sistema completamente intemperizado, totalmente com bolhas ou totalmente manchado.
- **Condição H** — sistema de pintura degradado aplicado sobre aço; sistema totalmente intemperizado, totalmente com bolhas ou totalmente manchado.

Graus de limpeza

- **WJ-1** — A superfície deve estar livre de todos os produtos de corrosão previamente existentes, de carepa de laminação, de revestimentos e de materiais estranhos. Além disso, deve possuir aspecto metálico fosco; (limpeza ao substrato nu).

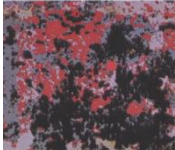
- **WJ-2** — A superfície deve apresentar aspecto metálico fosco com, pelo menos 95% de sua área livre dos resíduos visíveis previamente existentes. O restante da superfície (5%) poderá apresentar apenas manchas suaves distribuídas aleatoriamente, de oxidação, revestimentos ou materiais estranhos; (limpeza substancial ou muito eficaz).
- **WJ-3** — superfície deve apresentar aspecto metálico fosco com, pelo menos dois terços livres de resíduos visíveis (exceto carepa de laminação), sendo que o restante da mesma (um terço) poderá apresentar-se apenas com manchas suaves, distribuídas aleatoriamente, de produtos de corrosão previamente existentes, de revestimentos ou de materiais estranhos; (limpeza completa).
- **WJ-4** — Este padrão corresponde a uma situação em que apenas os resíduos (produtos de corrosão, carepa de laminação e revestimentos) não aderentes ou soltos são removidos da superfície (limpeza leve).



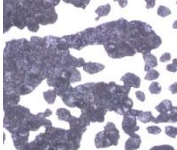
E WJ-4



F WJ-4



G WJ-4



H WJ-4



E WJ-1



F WJ-1



G WJ-1



H WJ-1

1. Tipos de Abrasivos

Os abrasivos mais usados em operações de jateamento são: areia, granalhas de aço e óxido de alumínio

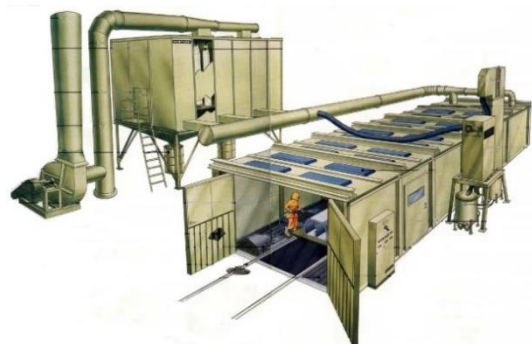
a. Areia

A areia é um abrasivo natural, proveniente de rios ou de jazidas. É de baixo custo. Seu uso só é recomendado com proteção respiratória, em campo aberto, onde não há restrições, pois possui alto teor de sílica livre, que pode provocar problemas respiratórios e silicose. O impacto contra a superfície provoca a quebra das partículas produzindo poeira. Após o jateamento, cerca de 70 % da areia resulta em pó e a sua reciclagem chega no máximo a dois ciclos. Depois disso a areia é transformada em pó e não é mais possível o seu aproveitamento. No caso de jateamento de tintas velhas contendo metais pesados, o descarte do pó é um grande problema. Por estes motivos de saúde, a areia é proibida em todo o território brasileiro. A poeira pode ser prejudicial também a equipamentos elétricos e mecânicos. A areia para uso na preparação de superfícies por jateamento deve ser: isenta de sais, de umidade, de argila, de mica, de carvão e de conchas. O uso de areia em cabinas se torna antieconômico pois o seu custo final é cerca de 6 vezes mais caro do que o das granalhas.

Há uma lei, já aprovada pela Câmara Federal que proíbe o uso de areia em trabalhos de jateamento abrasivo. Na verdade, o uso de areia a seco ou a úmido já foi proibida desde 19 de outubro de 2004 através da Portaria nº 99 da Secretaria de Inspeção do Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego. O motivo da Portaria é que o pó da areia contém sílica livre (SiO2), provoca silicose e pessoas com silicose são mais propensas a contrair câncer de pulmão.

b. Granalhas de aço

Há sistemas de recuperação automáticas das granalhas, com piso gradeado, transportadores helicoidais, elevadores de canecas e sistema de purificação das granalhas.

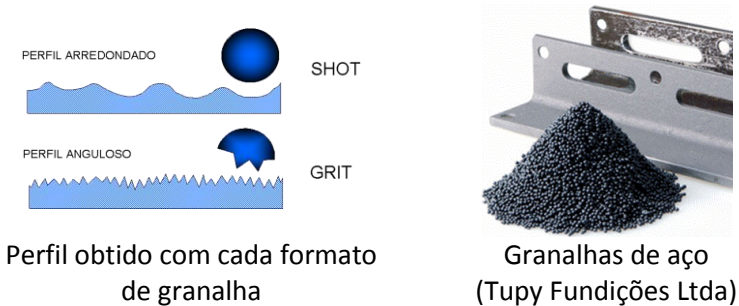


Cabina de jateamento por granalhas (Nortof)

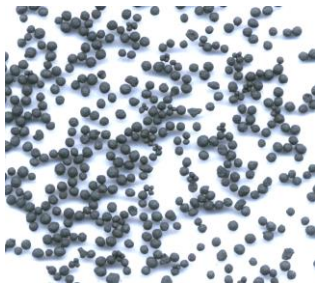
O sistema mais simples, de recuperação manual, é muito penoso para o operador, pois uma pá de granalhas pesa quase 10 kg. As granalhas são feitas com um tipo especial de aço, de alta dureza, em dois formatos, esféricas (shot) e angulares (grit).

Shot tem dureza de 40 a 50 Rockwell C e podem ser recicladas até 450 vezes. Grit de 55 a 60 Rockwell C e podem ser recicladas até 350 vezes.

Para estruturas costuma-se utilizar as granalhas S-330 até S-230 e G-18 até G-40.



Também "Copper Slag" este no processo de minério cobre. Durante o



Sinterball



Sinterblast

c. Escória de Cobre

conhecida como material é gerado fusão e refino do concentrado de processo, o ferro

contido no concentrado reage e se estabiliza em um silicato ferroso denominado Fayalita, que é o principal constituinte da escória. Na unidade de granulação, a escória líquida em elevada temperatura, entra em contato com um jato de água e se solidifica na forma de pequenos grãos, que são enviados para os secadores rotativos e sistema de peneiramento, que promovem, respectivamente a secagem e a classificação granulométrica.

A escória de cobre é um material granulado, de cor negra, seco, constituído de silicatos estáveis e livre de materiais voláteis. É um material não higroscópico (não absorve água) e com igual ou maior dureza do que algumas areias, sendo portanto, eficaz no processo de jateamento.

Segundo o fabricante Caraíba Metais, a escória de cobre é classificada como sendo não tóxica, não causando danos ao meio ambiente por ser isenta de ferro livre, cloretos livres ou sais solúveis em água.



Escória de cobre (Caraíba Metais)

Sua densidade é 3,30 a 3,90 g/cm³ e dureza Mohs > 6

d. Óxido de Alumínio

O óxido de alumínio é um material obtido a partir da bauxita, que é o principal minério de alumínio, com alto teor de óxido de Alumínio (Al₂O₃). A grande vantagem deste material é não conter Sílica cristalina livre (SiO₂). Constituído basicamente de óxido de alumínio marrom e ferro silício, este abrasivo não apresenta sílica livre, prejudicial à saúde. A liga ferro-siliciosa é constituída de aproximadamente 85% de ferro e 15% de silício.



Óxido de Alumínio (Mineração Curimbaba)

Segundo o fabricante (Mineração Curimbaba), a dureza Mohs do Óxido de alumínio é 9.

e. Bauxita sinterizada

Bauxita é o minério de alumínio com alto teor de óxido de alumínio. Há dois tipos de abrasivos produzidos a partir da bauxita e utilizados em jateamento: a redonda (sinterball) e a angular (sinterblast)

(Mineração Curimbaba)

Segundo o fabricante, a dureza Mohs da sinterizada é 9.

Obtido da bauxita sinterizada, com mais de 80% de óxido de alumínio, não contém sílica. É um material duro, leve e não enferruja. Pode ser usada com pressões mais baixas (60 a 70 Lbs/pol²). Produz pó preto quando usada com

pressões altas. Pequena porção do material fica engastada no aço o que torna a coloração da superfície pouco mais escura do

que em uma jateada com areia ou granalha. No entanto este material encravado não prejudica a aderência das tintas nem causa problemas de corrosão por que não é metálico e por isso não causa corrosão galvânica.

f. Microesfera de Vidro

Compostas por óxidos inorgânicos, sendo cerca de 70% de Óxido de Silício, as microesferas de vidro são abrasivos artificiais produzidas em fornos de temperaturas entre 1500-1650°C. A altíssima temperatura garante que esse material seja isento de sílica livre.

As Microesferas de Vidro são abrasivos esféricos, granulados, brancos, inertes e insolúveis em água.

Podem ser usadas em limpeza de matrizes de extrusão, retíficas de motores, eliminação de carepas e outras diversidades de peças e também em gravações artísticas em vidros são as grandes particularidades desse material que possibilita jateamentos com grande homogeneidade de rugosidade.

São oferecidas em várias granulometrias e por não ser ferrosa é indicado para jateamento em peças não ferrosas, por não causar contaminação, como: aço inox, alumínio, cobre e outras metais não ferrosos.

g. Garnet

Minério encontrado em abundância em países como Austrália, Nova Zelândia, Índia e outros próximos, e por isso é bem usado em diversos tipos de jateamentos em países dessa redondeza do mundo.

Tem cor avermelhada e dureza de 8 Mohs, aqui no Brasil é conhecida como pedra preciosa usada em anéis e colares.

Segundo depoimento de um grande amigo que se aventurou como jatista e pintor industrial durante anos na Nova Zelândia com esse abrasivo, garante que o produto tem um desempenho surpreendente em: produção, limpeza de superfície, custo e benefício, logicamente aliado à abundancia do produto no local.

Diga de passagem que o garnet é único abrasivo utilizado em processo de corte de chapa de aço por jato de água. Para quem quiser fazer testes com esse desconhecido abrasivo é só entrar em contato com a Zirtec, importadora que usa o garnet como abrasivo nas suas máquinas de corte com jato de água (zirtec.com.br).



Abrasivo Garnet (Australian GMA)

h. Bicarbonato de Sódio

Muito utilizado nos Estados Unidos, conhecido como “Soda Blasting”, em serviços de jateamento em superfície frágeis como latarias de automóveis, provoca um baixíssimo grau de rugosidade.

Tem a característica de parte do abrasivo sublinar (passa do estado sólido para o estado gasoso) durante o processo após o impacto na superfície, portanto não tem reutilização desse abrasivo, mas tem uma característica verde por não ter poeira no processo e ser biodegradável.

Como curiosidade foi o abrasivo utilizado em serviço de limpeza de manutenção da Estátua da Liberdade. Provem de um minério encontrado em abundância nos Estados Unidos que é processado e disposto como abrasivo,

utiliza equipamentos simplórios para a atividade de jateamento. E também não sendo necessário equipamentos de proteção ao jatista, exceção apenas do óculos de proteção.



Operador jateando um carro com bicarbonato de sódio (www.eastwood.com) restauração de veículos

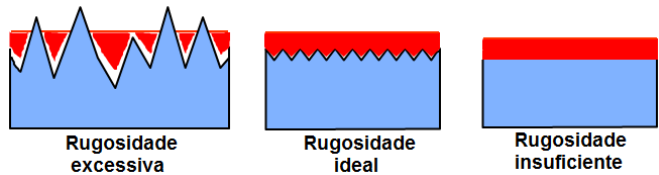
2. Perfil de rugosidade

No impacto das partículas do abrasivo contra a superfície, a carepa de laminação é arrancada e parte do metal também. Este impacto provoca uma aspereza na superfície.

Quando se executa o processo completo de jateamento da superfície, consegue-se duas características incontestáveis:

- 1) Limpeza, remoção de todos contaminantes.
- 2) Rugosidade, ou perfil de ancoragem, provocada pelo abrasivo na superfície pode ser medida.

O perfil deve ser controlado, porque se for muito alto podem ficar picos fora da camada de tinta e por este motivo, a corrosão se iniciará a partir destas áreas e se for muito baixo a tinta pode não aderir satisfatoriamente.



Comparação entre perfis de rugosidade

O perfil de rugosidade ideal é aquele entre 1/4 e 1/3 da espessura total da camada de tinta, somadas todas as demãos. Por exemplo, se a espessura é de 120 µm, o perfil deverá estar entre 30 e 40 µm.

a. Medida da rugosidade

Um dos aparelhos mais comuns e mais usados para medições de rugosidade de superfícies jateadas é o rugosímetro.

Rugosímetro

Trata-se de um relógio comparador com uma agulha, uma base de seção circular plana, e um corte nesta base para visualizar a agulha. Quando apoiado sobre uma placa plana, de preferência de cristal, a agulha toca o plano da base e o aparelho marca zero. Ao ser colocado sobre a superfície jateada, a base circular é apoiada sobre os picos mais altos e a agulha desce ao fundo dos vales. A diferença entre o plano dos picos e os fundos dos vales é indicada no relógio comparador em micrometros e representa a medida do perfil de rugosidade em cada ponto onde é feita a leitura.

Deve-se tomar cuidado ao deslocar o aparelho para não arrastá-lo, danificando a agulha. O aparelho deve ser levantado, mudado de posição e novamente colocado cuidadosamente sobre a superfície. Realizar várias medidas para se obter uma média representativa do perfil da rugosidade.



Conforme a norma N-9 –Tratamento de Superfícies de Aço com Jato Abrasivo e Hidrojateamento, que se trata de uma norma pública elaborada pela Petrobras, coloca que o perfil de rugosidade deve estar entre 50 µm à 100 µm.

b. Granulometria do abrasivo

O perfil de jateamento depende da pressão do ar comprimido, da dureza da superfície, do formato das partículas, e principalmente da granulometria do abrasivo (tamanho das partículas). A pressão ideal é 7 kg/cm2, a dureza do aço não depende do jateador, portanto para obter o perfil desejado, controla-se a granulometria do abrasivo. Partículas maiores produzem perfil mais alto e partículas menores, perfil mais baixo. Na tabela apresentada a seguir pode-se encontrar o perfil médio de rugosidade em função da granulometria dos abrasivos:

ABRASIVO	CLASSIFICAÇÃO PENEIRAS (mesh)	RUGOSIDADE MÉDIA (µm)
AREIA		
Muita fina	80-100	20
Fina	40-80	30
Média	18-40	45
Grossa	12-50	55
GRANALHA DE AÇO (shot)	Redonda	
S-110	30	25
S-170	20	35
S-230	18	65
S-330	16	70
S-390	14	75
GRANALHA DE AÇO (grit)	Angular	
G-50	25	70
G-40	18	75
G-25	16	80
G-16	12	150

Curso de pintura industrial
para jatista, encarregado e pintor Industrial
Parte 08

1. Tipos de tintas e características principais

As tintas, devido a evolução da tecnologia, podem ser classificadas pelo seu conteúdo de solventes nos seguintes tipos: Alto VOC e Baixo VOC.

A palavra VOC é um sigla em Inglês que quer dizer: Conteúdo de Compostos Orgânicos Voláteis - Volatile Organic Compounds.

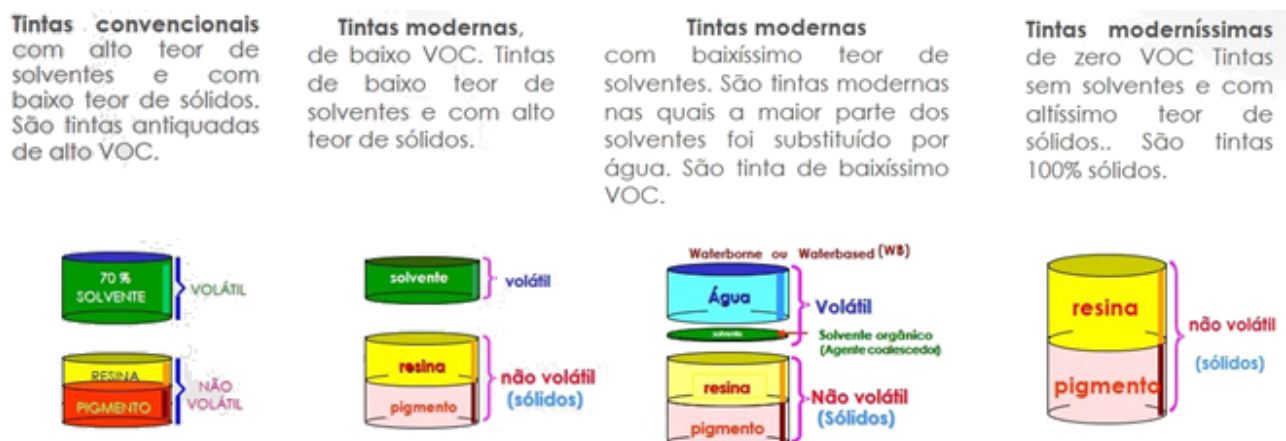
VOC significa: Quantidade em massa de solventes orgânicos presentes em um volume de tinta ou resina, expresso em g/L ou Lbs/galão.

VOC é definido pela EPA (Environmental Protection Agency), um órgão do governo Americano, como todos os compostos orgânicos elaborados pelo homens, com exceção do metano, que são capazes de produzir oxidantes fotoquímicos por reação com óxidos de nitrogênio na presença da luz do sol.

As resinas normalmente possuem alta viscosidade e para serem afinadas, ou seja, para diminuir a sua viscosidade são adicionados os solventes que tem poder de solvência sobre a resina. Outra forma de afinar estas tintas previamente emulsionando-as em água. A água não é um solvente da resina, mas um meio de dispersão. Quanto mais água é adicionada menos viscosa a tinta fica.

As novas tecnologias de tintas de altos sólidos (HS) e low VOC possibilitaram a fabricação de tintas com menor quantidade de solventes, mas que podem ser aplicadas tão facilmente quanto as tintas convencionais, que possuem altos teores de solventes.

Paralelamente, as tintas à base de água (WB - water based) também foram desenvolvidas e conquistaram a mercado. Hoje temos tintas WB, tão boas e em alguns casos até melhores do que as a base de solventes, com inúmeras vantagens. São tintas com VOC baixíssimos. A tendência é a produção de tintas com VOC zero chamadas de "No VOC".



Nas figuras acima, para efeito de ilustração, foram colocados valores típicos de participação dos grupos de matérias primas nos quatro tipos de tecnologias.

As resinas a base de água são muito parecidas com as a base de solventes, porém, a tecnologia para emulsionar ou dispersar estas resinas em água exigiu pesquisa e desenvolvimento em aditivos e técnicas de fabricação. Não é uma substituição simples de solventes orgânicos por água.

É um novo conceito de matérias primas empregadas para que as tintas pudessem conter menos solventes, ou até não conter solventes.

As vantagens destas tintas, consideradas ecologicamente corretas são enormes, a começar pelo pintor, que fica menos exposto aos efeitos dos solventes, a empresa que corre menos risco de explosões e incêndio e ao meio ambiente, que é menos contaminado. Outra forma de classificar as tintas é pelo tipo de resina que elas usam:

a. Tintas Alquídicas

Conhecidas como esmaltes ou primers sintéticos, são monocomponentes, ou seja, apresentadas em uma única embalagem e de secagem ao ar. São usadas em interiores secos e abrigados, ou em exteriores normais, sem poluição. Na pintura predial (construção civil). são usadas em portas, esquadrias, janelas de madeira ou de aço. As características marcantes das resinas alquídicas em geral são:

- Não resistem à umidade elevada;
- Não resistem à imersão em água;
- Não resistem à meios alcalinos;
- Não resistem à solventes fortes;
- Não resistem à produtos químicos.

Propiciam desempenho suficiente. desde que não fiquem expostas a umidade intensa ou em um ambiente industrial corrosivo. Não resistem a imersão em água, por serem muito permeáveis. Se deslocam do concreto ou reboco novos que sofram molhamentos, por serem saponificáveis.

Também não são recomendadas para pintura de galvanizados, pelo mesmo motivo. A saponificação ocorre por reação dos ácidos graxos livres presentes na resina, com o hidróxido de cálcio presente no cimento e na cal e a hidróxido de zinco presente nos produtos de corrosão do zinco.

Há tintas alquídicas modernas com baixo teor de solventes orgânicos, livres de pigmentos tóxicos, de alta espessura (75 a 100 µm), com boa resistência a corrosão e que podem ser aplicada sobre superfície metálica tratada com ferramentas mecânicas.

Uma delas é um primer "universal" e funciona como barreira sobre tintas convencionais que normalmente seriam atacadas pelos solventes fortes de epoxi e poliuretanos.

b. Alquídicos a base de água (WB — Water Based)

Esmalte ou primer sintéticos a base de água para aplicação sobre madeiras e metais. Podem ser aplicadas em locais fechados sem necessidade de interdição da área ou de parada da produção por terem baixo odor.

São adequadas para ambientes rurais, urbanos e industriais ou marítimos abrigados.

c. Tintas Acrílicas

São tintas monocomponentes, a base de solventes orgânicos ou a base de água.

d. Acrílicas a base de solventes

As tintas acrílicas a base de solventes orgânicos são pouco usadas, apesar de apresentarem boas propriedades, pois possuem um teor de solvente muito alto, geralmente acima de 60%.

- São de secagem rápida;
- Tem boa resistência ao intemperismo;
- São usadas na pintura externa de tanque e armazenamento de derivados de petróleo ou de esferas de gases em plantas petroquímicas ou de refinaria de petróleo;
- São usadas na pintura externa de tubulações e de equipamentos de segurança;
- Estas tintas não são recomendadas para exposição a solventes nem para serviços de imersão em água;
- São de baixa espessura por demão.

e. Acrílica-siloxano

Existem as tintas Acrílica-siloxanos que são híbridas orgânica/inorgânica. A parte orgânica e a base de polímero acrílico e a parte inorgânica é o siloxano.

São tintas muito resistentes, para aço carbono, de altos sólidos e de baixo VOC.

f. Acrílicas à base de água

Antigamente este tipo de tinta servia apenas para paredes de alvenaria (os famosos latex acrílicos). Hoje existem acrílicas a base de água para superfícies de aço carbono que resistem a corrosão e ao intemperismo. Por serem a base de água, possibilitam o uso das tintas em locais onde a evaporação dos solventes poderia ser um inconveniente por contaminar os processos em indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, produtos farmacêuticos e em hospitais.

São de baixo odor e tem ótimo desempenho na pintura de estruturas, equipamentos, bombas, tubulações e exteriores de tanques. São indicadas para ambientes industriais de agressividade média a moderada.

Desenvolvidas para superfícies metálicas, de madeira ou de concreto em obras novas ou para manutenção. Podem ser aplicadas na espessura seca de 60 a 100 µm.

g. Tintas Epóxi

São bicomponentes de secagem ao ar. Tintas catalisadas são chamadas de bicomponentes, porque o "catalisador" é embalado e mantido separado da resina epóxi até o momento da sua aplicação (em inglês two pack ou two components. dual component ou 2k).

Os componentes são chamados de parte A e parte B. A cura se realiza por reação química entre as resinas dos dois componentes. O componente A geralmente é a base de resina epóxi e o B, agente de cura, pode ser a base de poliamida, poliamina, isocianato alifático ou fenalkamina.

As tintas epoxídicas calcinam (gizamento ou "chalking") em exposição ao exterior. Significa mudar de cor, desbotando e perder o brilho.

Há tintas epóxi muito duras e outras muito flexíveis. As propriedades dependem da resina, do tipo de agente de cura, das cargas e do teor de pigmentos, enfim, dependem da formulação.

h. Tintas epóxi curadas com poliamidas

São tintas de ótima resistência a umidade. Imersão em água, flexibilidade e aderência em aço carbono ou concreto, conferidas pelo agente de cura a base de resina poliamida. Entre muitas aplicações, a mais notável é a conveniência para a pintura interna de reservatórios de água potável em temperaturas de até 55°C.

i. Tintas epóxi curadas com poliaminas

São tintas de excelente resistência a imersão em soluções ou vapores de produtos químicos. São recomendadas para a pintura interna de tanques, tubulações, equipamentos e estruturas sujeitas a imersões, derrames ou respingos de produtos químicos e/ou de solventes.

Apesar de serem muito resistentes a diversos produtos químicos e a solventes industriais, há necessidade de consultar o Departamento de Assistência Técnica em casos específicos de pintura interna de tanques, pois a resistência depende muito do tipo de produto a ser armazenado, da sua concentração, da temperatura e das condições de trabalho do tanque. As tintas epóxi novolaca curadas com poliaminas são as mais resistentes aos produtos químicos.

j. Tintas epóxi curadas com isocianatos

São tintas utilizadas como primer de aderência sobre superfícies de aço carbono, ferro fundido, galvanizados, alumínio, aço inoxidável ou outros metais não ferrosos e sobre poliéster reforçado com fibras de vidro (fiberglass). Sua maior aplicação é como tinta de aderência.

k. Tintas curadas com fenalkamina

As tintas epóxi curadas com fenalkamina são formuladas especialmente para imersão e para exposições atmosféricas em ambientes industriais e marítimos. Propiciam excelente desempenho em ambientes corrosivos e podem ser aplicadas em temperaturas tão baixas quanto -18°C.

São primers e acabamentos e podem ser aplicadas sobre superfícies úmidas (não molhadas). Podem ser aplicadas sobre superfícies tratadas com limpeza mecânica. Tem excelente desempenho em imersões em água doce ou salgada. Podem ser aplicadas sobre concreto selado com um verniz epóxi.

I. Tintas Tolerantes (Surface Tolerants)

Tintas que toleram um grau de preparo de superfície menos rigoroso do que normalmente é possível ou desejado e algumas podem ser aplicadas em condições que para tintas convencionais seriam desfavoráveis.

Com esta tecnologia, entretanto, ainda não são descartadas as necessidades de processos de preparação de superfície modernos e eficientes, nem o treinamento dos pintores e técnicas e equipamentos de pintura avançados.

As tintas tolerantes preenchem necessidades específicas de tintas para manutenção em condições nas quais não é possível realizar uma preparação de superfície como a que se consegue em uma oficina, com jateamentos com granalha. Normalmente os únicos métodos possíveis são ferramentas mecanizadas ou hidrojateamento.

As modernas tintas tolerantes se enquadram na filosofia de tintas ecologicamente corretas e seguras, pois atendem especificações de VOC e legislações rígidas de preservação do meio-ambiente, ou seja, emissão de baixos teores de solventes orgânicos e isentas de metais pesados. Algumas podem ser aplicadas sobre superfícies secas ou úmidas, com preparação mecânica ou por jateamento a úmido.

São de alta espessura e por isso economizam tempo e mão de obra e podem ser aplicadas por pincel, rolo e pistola em camada única, pois se tratam de tintas de dupla função (primer e acabamento).

m. Tintas epóxi modificadas

São tintas com características das poliaminas, porém muito próximas das poliamidas. Por isto são utilizadas em substituição aos dois tipos de tintas. Alguns epoximastiques e algumas das tolerantes de alta espessura e altos sólidos pertencem a esta família. Como catalisador, algumas usam resinas Aminas Cicloalifática ou Amidoaminas.

n. Tintas Epoxi-siloxano

São tintas bi componentes de alto desempenho a base de resina Epóxi-siloxane que combinam as propriedades de ambos epóxi e poliuretano em Lima SO tinta. A resina Epóxi-siloxano possibilita tintas de alto brilho, retenção de cor e de dupla função, como primer e acabamento ao mesmo tempo com a vantagem de serem isentas de isocianatos.

Atende as legislações de Altos sólidos baixo VOC. São indicadas para age carbono estrutural, exteriores de tanque e tubulações, em ambientes industrial e marítimos.

o. Tintas Epóxi-Novolaca

São as famosas tintas epóxi fenólicas curadas com amina, de alta espessura, bicomponentes. Revestimentos de alta resistência química, térmica, alta dureza e altíssima resistência a abrasão.

p. Tintas Epóxi-Novolaca Ester Vinílico

São revestimentos a base de resina Epóxi-Novolaca ester vinílica reforçados com flocos de vidro ou de grafite. São 100% sólidos por que utilizam solventes reativos na cura. Podem ser aplicados em espessuras de 380 a 500 micrometros.

Resistem a solventes aromáticos a alifáticos, ácidos minerais e orgânicos e oxidantes enérgicos. Também oferecem excelente resistência degradação térmica. Reforçados com flocos de vidro reduzem a permeabilidade a tem excelente resistência em serviços de imersão. Reforçado com flocos de grafite oferecem resistência a exposição a ácidos fortes como a ácido fluorídrico e o ácido hidrofluorsílico.

q. Tintas epóxi hidrossolúveis

São as chamadas tintas WB (water based ou water borne). As características destas tintas são: facilidade de diluição (utiliza água limpa). limpeza dos equipamentos, baixo nível de odor e emissão de solventes próximo de zero (low VOC) São recomendadas para superfícies de concreto, ou de aço carbono em ambientes de baixa e média agressividade.

São utilizadas na pintura das paredes de indústrias alimentícias, de laboratórios farmacêuticos, de hospitais, etc, quando há restrição à evaporação de solventes. Apesar de todo o desenvolvimento tecnológico, essas tintas não são recomendadas para trabalhos de imersão.

r. Massas epóxi

As massas epóxi são composições sem solvente, que podem ser utilizadas para o nivelamento de superfícies pintadas ou a serem pintadas com tintas epóxi ou poliuretanos.

São recomendadas para a proteção de porcas ou parafusos e no preenchimento de juntas em pisos de cerâmica antiácida, ou no preenchimento de frestas, em sobreposição de chapas ou vigas de aço carbono. Devem ser aplicadas em camadas únicas em espessuras inferiores a 50 mm.

s. Tintas alcatrão de hulha epóxi

Alcatrão de hulha epóxi. epóxi betuminosas ou coaltar epoxy são terminologias diferentes para um mesmo produto, que são tintas fornecidas em duas embalagens, uma contendo resina poliamida ou poliamina mais alcatrão de hulha, e a outra contendo resina epóxi.

São tintas que possuem a associação da alta inércia química do alcatrão de hulha com a impermeabilidade da resina epóxi.

Têm excelente resistência a diversos arrebentes corrosivos, boa flexibilidade, boa aderência e boa resistência a impacto. Quando formuladas com cargas de alta dureza, tem alta resistência à abrasão. Podem ser aplicadas com espessuras de 125 a 400 µm em única demão.

São recomendadas para a pintura de reservatórios de água industrial, bases de equipamentos e estruturas, peças imersas, submersas ou enterradas e para a pintura interna de tubulações e tanques das estações de tratamento de efluentes, em diversos tipos de indústrias. Não são recomendadas para a pintura interna de reservatórios de água potável.

Por causa do piche, estas tintas são apresentadas apenas nas cores marrom ou preta.

Como são em geral, recomendadas para serviços de imersão em três demãos, e conveniente que a primeira seja preta, a segunda marrom e a terceira preta, para melhor controle da aplicação por parte do pintor e do inspetor da qualidade de pintura.

t. Tar-free

A tecnologia de tintas à base de alcatrão de hulha está sofrendo um declínio, pois são tintas perigosas para a saúde do ser humano e para o meio ambiente. O alcatrão é perigoso, pois possui em sua composição várias frações residuais da destilação da hulha, como benzeno, tolueno, xileno, antraceno, fenantreno, cresóis, além de fenóis e principalmente do 3,4 benzo pireno, que é a substância que pode causar o câncer.

Por este motivo estão surgindo as tintas "tar-free" que significam isentas de alcatrão de hulha. As tintas alternativas modernas são tão boas ou melhores do que as tradicionais alcatrão de hulha epóxi.

u. Tintas Poliuretânicas

São bicomponentes de secagem ao ar e por enquanto no Brasil são encontradas apenas na versão à base de solventes orgânicos.

v. Poliuretanos poliésteres alifáticos

São tintas de acabamento, cujo componente A é poliéster e o componente B é isocianato alifático. São normalmente utilizadas em esquemas de pintura com primers epóxi, com as quais são perfeitamente compatíveis.

Têm boa resistência química e se caracterizam pela boa retenção de cor. São de excelente resistência ao intemperismo isto é, resistência à ação danosa da radiação ultravioleta da luz solar e ao molhamento por águas de chuvas.

Resistem às duas ações combinadas e mais a variação de temperatura durante dias e noites, inverno e verão, que provocam a degradação da maioria dos polímeros que constituem as resinas das tintas de acabamento, principalmente o epóxi.

O poliéster tem resistência a fluido hidráulico Skydrol (por isto são usadas na pintura de aeronaves).

Pertencem a esta família os acabamentos poliuretânicos resistentes à "pichação". Pode-se limpar este tipo de tinta com solventes orgânicos do tipo do xilol, sem causar danos à película. Com isto é possível remover marcas de grafite ou pichações.

w. Poliuretanos acrílicos alifáticos

Os poliuretanos acrílicos alifáticos são tintas de acabamento cujo componente A é acrílico polihidroxilado e a componente B é isocianato alifático. São também utilizadas em conjunto com primers epóxi e têm resistência aos raios ultravioleta, tanto quanto os poliuretanos alifáticos à base de poliéster.

Podem ser formuladas com alto teor de sólidos e apresentadas na versão brilhante e semi-brilhante. Podem também ser de alta espessura (HB - cerca de 125 micrometros por demão) ou espessura convencional (de 30 a 40 micrometros).

x. Poliuretanos aromáticos

As tintas poliuretânicas formadas por poliéster com isocianato aromático apresentam boas propriedades de resistência química, rápida secagem e facilidade de lixamento. No entanto fracassam em exposições ao intemperismo.

Por isso são usadas apenas em equipamentos ou estruturas para interiores ou com "primers" sob as poliuretânicas alifáticas. Podem ser formuladas com alto teor de sólidos e têm excelente propriedade niveladora para uso em superfície de poliéster reforçado com fibra de vidro (fiberglass) ou sobre aço carbono.

y. Poliuretanos poliasparticos

Os desenvolvimentos de tintas poliasparticas visam alcançar tintas de baixo ou próximo de zero VOC onde o éster poliaspartico é a componente principal do co-reagente para reação com a poliisocianato.

A reatividade do éster poliaspartico permite a formulação de tintas de cura rápida. As características mais marcantes destas tintas são: produtos mais econômicas, com alta espessura, baixa temperatura de cura, e resistências à abrasão e à corrosão.

O nome poliaspartico foi utilizado para diferenciá-la de poliureias e poliuretanos. Porém, tintas poliasparticas são muito diferentes em propriedades de aplicação e de desempenho das poliureias convencionais. Por exemplo, as poliasparticas permitem ao formulador controlar a taxa de reação e de cura, assim, o "pot life" da mistura de dois componentes podem variar de 5 minutos a 2 horas.

Embora estas tintas sejam melhor aplicadas com o uso de equipamentos de pulverização de múltiplos componentes, elas podem ser aplicadas com pistolas convencionais, que são, muito menos complicadas e menos sujeitas a erros por parte do pintor.

A tecnologia de Poliaspárticos está mais próxima em suas aplicações e características de desempenho das tintas poliuretânicas alifáticas bicomponentes. São frequentemente usadas como acabamento devido à sua natureza de não-amarelamento.

As tintas poliasparticas podem ser formuladas com sólidos muito altos (70-100% sólidos) e aplicadas em espessuras altas, de até 380 micrometros de espessura úmida em uma única demão.

z. Poliureias

As poliureias são consideradas revestimentos e não tintas, pois são de espessuras altas, chegando algumas a ter de 1 mm até 6 mm. São muito elásticas (até 425 %) e resistentes (até 3.000 psi). Em termos de propriedades como: alongação, resistências à tração, à abrasão, impermeabilidade, espessura por demão e sólidos por volume, poderíamos classificar as produtos na seguinte ordem:

Poliuretano --> Poliaspártico --> Poliuréia

aa. Tintas de Silicato

Há dois tipos de tintas Silicato: a de Silicato Inorgânico e a de Silicato de Etila. A de silicato inorgânico é hidrossolúvel, ou melhor, o solvente é a água e a de Silicato de Etila é a base solventes orgânicos como álcool etílico e álcool isopropílico.

bb. Silicatos inorgânicos

São tintas bicomponentes: o componente A - contém os silicatos de sódio, de potássio ou de lítio, o componente B - pó de zinco metálico. O teor de zinco metálico na película seca é em torno de 84%.

Como no caso do silicato de etila o silicato inorgânico se liga ao pigmento de zinco formando silicato de zinco e ao aço, formando silicato de ferro. O mais usado no Brasil é o Silicato de Potássio, chamado de silicato inorgânico alcalino rico em zinco.

Uma das grandes vantagens deste tipo de tinta é poder ser aplicada em locais fechados, pois o solvente é a água e não há riscos de incêndio ou de explosão.

cc. Silicato de etila

São tintas à base de silicato de metila que reagem com zinco em pó, produzindo silicato de zinco. Para que a resina possa produzir um filme de silicato de zinco, é necessário que haja na atmosfera umidade do ar acima de 50% (vapor de água H₂O), o gás carbônico (CO₂).

São, tintas bi componentes: o componente A - contém hidrolisado de silicato de metila e o componente B - pó de zinco metálico. O teor de zinco metálico na película seca é de 75 a 81%.

Antigamente, estas tintas eram curadas com um tipo de catalisador. Depois foram desenvolvidos hidrolisados especiais que curam com a umidade e o gás carbônico do ar atmosférico, sendo por este motivo, chamadas de auto curáveis ou em inglês "self cure" isto é, que dispensam um catalisador.

Tanto a inorgânica como a de etila, são tintas bicomponentes de secagem ao ar para serem aplicadas somente sobre aço carbono. Ambas se tornam inorgânicas depois de curadas a por este motivo, suportam temperaturas de até 400°C (ponto de fusão do zinco = 419,5°C).

Características e propriedades de ambas:

- Dão proteção catódica ao aço carbono, pelo mesmo mecanismo da galvanização e por isso são substitutos econômicos para galvanizações;
- Evitam a progressão da corrosão sob a película, em casos de danos no sistema de pintura;
- Para a proteção anticorrosiva do aço carbono jateado;
- Primer de alto desempenho em ambientes de alta agressividade e com ambientes marítimos;
- Ideal para dutos, e superfícies aquecidas e que trabalhem em altas temperaturas;
- A cor cinza do aço jateado pode ser confundida com a cor natural do zinco, por isso elas podem ser pigmentadas na cor avermelhada ou cinza esverdeada permitindo melhor visualização durante a aplicação, minimizando as falhas.
- Tem ótima resistência a solventes em geral, por isso são ideais para a pintura interna de tanques de solventes industriais ex.: butanol, etileno glicol, isobutanol, metanol, querosene, isoparafina, hexano, metil-etil-cetona, metil-isobutil-cetona, xilol, etc.

Precauções:

- Para receber tintas epóxi de alta espessura é necessário a aplicação de um "mist-coat" (camada fina aplicada com a tinta intermediária ou a de acabamento, mais em acabamentos poliuretanos necessitam de um "tie coat" epóxi;
- Não devem ser aplicados com umidade relativa do ar abaixo de 50 % (a cura não é adequada e o filme resulta em mal formação e as vezes esfarelento);
- A película é muito porosa e quebradiça. A espessura é limitada (75 µm); exceto em novas times HS que podem ser aplicadas em espessuras de até 125 µm.
- A agitação no tanque deve ser mantida durante toda a aplicação por causa da alta massa específica do zinco (7,1 g/cm³).
- As mangueiras devem ser curtas para evitar sedimentação e entupimentos;
- Demão única (não aceita retoque com a mesma tinta. Para retoque, deve-se usar uma tinta epóxi rica em zinco);
- Ultrapassado o prazo para repintura deve ser lavada com água limpa e escova de nylon (não deve ser lixada);
- Não podem receber, diretamente, produtos à base de resinas saponificáveis, como as tintas à óleo ou alquídicas.
- Para pintura interna de tanques de álcool anidro e álcool hidratado, a faixa de pH deverá estar entre 5,5 e 7,5 (zinco à anfótero - reage com substâncias ácidas e alcalinas).
- Não recomendada para imersão em água ou soluções aquosas.

dd. Tintas para altas temperaturas

Tintas resistentes a temperaturas elevadas, logicamente devem ser elaboradas com materiais resistentes a esta faixa de temperatura. Tecnicamente as únicas que suportam temperaturas de até 550 °C são as de silicato e as de silicone. São tintas mono ou bicomponentes.

Para temperaturas de até 230 °C. estas tintas podem oferecer diversas cores. Para temperatura acima de 230°C até 550°C. Somente são disponíveis tintas nas cores alumínio e pretas.

a) Tintas de silicone

São tintas indicadas para substratos sujeitos temperaturas superiores a 180°C. Por este motivo são, utilizadas na pintura de chaminés, caldeiras, tubulações quentes ou outras superfícies que trabalhem com temperatura entre 180°C e 550°C.

Para se obter bom desempenho de pinturas que trabalham com altas temperaturas, é necessário jateamento da superfície e a aplicação de um primer à base de etil silicato de zinco.

Para temperaturas na faixa da ambiente até 240°C, estas tintas não necessitam de pré cura.

As tintas à base de silicone puras necessitam de pré cura, ou seja, aquecimento gradual (cerca de 50°C por hora) e endurecem quando o equipamento atinge a faixa de 180°C a 230°C.

Se não houver polimerização pela ação da temperatura (calor), o revestimento será um filme macio, de baixa resistência mecânica. Isto poderá afetar a qualidade da pintura, quando o equipamento está sujeito ao transporte e manuseio na montagem antes de entrar em operação.

As tintas de silicone alumínio proporcionam boa barreira contra a corrosão e podem ser aplicadas como camada única diretamente sobre o aço. No entanto, se a temperatura variar muito e houver choque térmico, a tinta sofre fissuras e a corrosão se inicia sob a película.

Por isso, recomenda-se sua aplicação sobre um primer de etil silicato de zinco. Porém, a temperatura máxima recomendada é de 400°C por que a temperatura de fusão do zinco é de 419,5°C. Quando pigmentada com alumínio e aplicadas diretamente sobre aço, podem resistir até 600° C.

b) Tintas de silicato

São tintas para alta temperatura que não necessitam de pré-cura. Podem ser pigmentadas só com alumínio ou alumínio e zinco.

As pigmentadas com alumínio e zinco são mais escuras que as tradicionais só com alumínio. Estas tintas atendem a norma Petrobrás N-2231 e devem ser aplicadas diretamente sobre aço jateado.

Curso de pintura industrial
para jatista, encarregado e pintor Industrial

Parte 09

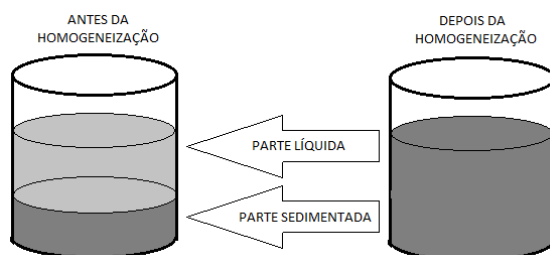
1. Preparo da tinta

a. Homogeneização

A homogeneização das tintas antes do seu uso é fundamental, pois as tintas são constituídas de produtos em suspensão e que pela ação da gravidade se sedimentam formando duas fases distintas. Uma parte líquida superior com o veículo (solvente + resina + aditivos líquidos) e a outra inferior, a sedimentação, (pigmento sedimentado + cargas e aditivos sólidos).

Os pigmentos das tintas são partículas muito pequenas, da ordem de 0,1 à 1,0 micrometros, mas possuem massa e acabam se depositando no fundo da lata, com cuidado para que todo o pigmento seja disperso novamente.

A homogeneização é fundamental para que a tinta fique em condições de uso.



Tintas Monocomponentes - Monocomponente significa tinta fornecida em uma única embalagem e pronta pra uso. No caso de aplicação à pistola, pode haver necessidade de diluição. Devem ser dedicados alguns minutos para realizar a homogeneização por que se a tinta não estiver perfeitamente uniforme, ela não terá o desempenho que se espera dela.

Tintas Bicomponentes - Bicomponente significa tinta fornecida em duas embalagens, cujos conteúdos devem ser misturados momentos antes do uso, para que as reações entre os componentes se processem.

A homogeneização da mistura é de fundamental importância para a obtenção de uma tinta uniforme. Durante a adição do componente B, o pintor deve verificar se a consistência e a cor da mistura resultante estão homogêneas em toda tinta.

A homogeneização deve ser feita com agitadores mecânicos, como por exemplo, furadeiras elétricas adaptadas, com motor blindado à prova de explosão. Durante a agitação a tampa deve ser fechada. Para isto pode-se confeccionar uma tampa de madeira com uma abertura para a haste de agitação entrar.

b. Diluição

As tintas em geral são fornecidas mais grossas (alta viscosidade) e devem ser diluídas ou afinadas no momento do uso. A viscosidade mais alta ajuda a manter os pigmentos em suspensão.

Quando a tinta é muito rala (diluída), os pigmentos se sedimentam rapidamente formando um bolo duro e compacto no fundo da lata. Para a re-dispersão destes pigmentos é necessário um agitador mecânico, nem sempre disponível na obra ou na oficina.

A ficha técnica indica a proporção de diluição em volume e informa qual é o diluente que deve ser usado. A proporção de diluição depende das condições e do tipo de aplicação. Muitas tintas podem ser aplicadas a pincel ou a rolo sem necessidade de diluição.

Já a pistola não consegue pulverizar a tinta se ela estiver muito grossa. A diluição afina a tinta permitindo que o ar comprimido transforme o líquido em micro gotas (spray) que são jogadas contra a superfície.

O diluente tem outros nomes, como redutor, thinner, dissolvente, etc., mas a finalidade é a mesma, pois o diluente serve para diluir a tinta, ou seja, afinar, o redutor serve para reduzir a viscosidade da tinta, ou seja, afinar a tinta e o thinner, como o nome indica em inglês, quer dizer afinador, ou seja, serve para afinar.

O uso de diluente diferente do recomendado na ficha técnica pode causar defeitos na tinta e na pintura. É conveniente que o diluente seja o indicado e fornecido pelo mesmo fabricante da tinta, para evitar incompatibilidades com os solventes da tinta ou com a sua resina. Podem ocorrer os seguintes problemas se o diluente contiver solventes muito leves:

- Fervura – aparecem bolhas como se a tinta estivesse fervendo. Algumas não chegam a se romper, outras se transformam em crateras ou furos.
- Casca de laranja – não dá tempo da tinta se alastrar e se uniformizar, ficando a superfície como se fosse casca de laranja.
- Empoamento – over spray ou pulverização seca, a tinta perde parte do solvente no meio do caminho entre a pistola e o objeto, por ser muito volátil e chega quase seca como se fosse um pó, tirando o brilho da superfície.

Se o diluente contiver solventes pesados:

- Demora para secar;
- Escorrimento em superfícies verticais.

Se o diluente contiver solventes com baixo poder de solvência:

- Coagulação (há separação entre o solvente e o restante da tinta);
- Falta de alastramento (há dificuldade de espalhamento e nivelamento da tinta).

Se o diluente contiver solventes com alto poder de solvência

- Sedimentação excessiva (os pigmentos rapidamente descem para o fundo da embalagem e há necessidade de manter a tinta sob agitação).

Para a diluição na proporção correta, o pintor deve usar sempre um copo graduado, que pode ser de plástico resistente a solvente (por exemplo feito de polipropileno).

c. Armazenamento das tintas “shelf life”

Com exceção das tintas à base de água, a maioria das tintas utilizadas na indústria contém solventes orgânicos inflamáveis.

Defeitos na embalagem, danificações sofridas durante o transporte, manuseio incorreto na estocagem ou ainda, aquecimento excessivo, podem causar vazamentos de solvente e acúmulo de seus vapores no ambiente que podem provocar acidentes por incêndio.

Segue abaixo, uma série de considerações quanto ao local de armazenamento de tinta e solventes:

Características construtivas: Almoxarifados, depósitos, ou salas de armazenamento situadas dentro de prédios e devem ser construídos com paredes, pisos e tetos de material não combustível.

A sala deve ter pelo menos uma parede externa com porta. Aberturas ou passagens para outras salas devem ser providas de soleiras ou rampas à prova de passagem de líquidos, feitas de material não combustível no mínimo com 15 cm de altura.

No lugar das soleiras podem ser utilizadas valetas cobertas com grades de ferro com escoamento para local seguro. As portas devem ser do tipo corta fogo. O ideal é que o local de armazenamento fique em prédio separado, a pelo menos 15 metros de distância dos prédios principais.

Piso: Deve ser preferencialmente de concreto ou de cerâmica, para que não haja saturação do ambiente por umidade emanada do solo. A umidade provoca o enferrujamento das embalagens metálicas que com o tempo podem apresentar perfurações.

Prateleiras: Prateleiras e estantes devem ser firmes e construídas preferivelmente em aço e devem suportar o peso das latas armazenadas.

Acesso: O local de armazenamento deve, de preferência, ser situado em andar térreo, de fácil acesso e com as vias mantidas sempre livres e desimpedidas. O local deve comunicar com o exterior por meio de uma porta de emergência, que possibilite a fuga em caso de incêndio.

Local apropriado: Tintas e diluentes não devem ser armazenados sob escadas ou nas proximidades de áreas usadas para a saída ou passagem de pessoas, para evitar confinamento em caso de incêndio.

Devem ser evitados, nestes locais, aparelhos ou equipamentos com escovas ou carvões que produzam faíscas ao funcionarem. Também devem ser evitados os que trabalham aquecidos, para não aumentarem a temperatura de ambiente.

Local exclusivo: As tintas e diluentes não devem ser armazenados juntos com outros tipos de materiais, principalmente os sólidos.

As caixas de papelão devem ser retiradas, ficando estocadas somente as latas.

Estopas, caixas de madeira, papéis ou roupas devem ser removidos do local de armazenamento.

Vizinhança com salas aquecidas: O local de armazenamento de tintas e diluentes não deve ter paredes comuns com áreas aquecidas, como salas de fornos ou estufas, a menos que haja perfeito isolamento térmico.

Local apropriado: Tintas e diluentes não devem ser armazenados sob escadas ou nas proximidades de áreas usadas para a saída ou passagem de pessoas, para evitar confinamento em caso de incêndio.

Devem ser evitados, nestes locais, aparelhos ou equipamentos com escovas ou carvões que produzam faíscas ao funcionarem. Também devem ser evitados os que trabalham aquecidos, para não aumentarem a temperatura do ambiente.

Local exclusivo: As tintas e diluentes não devem ser armazenados juntos com outros tipos de materiais, principalmente os sólidos. As caixas de papelão devem ser retiradas, ficando estocadas somente as latas. Estopas, caixas de madeira, papéis ou roupas devem ser removidos do local de armazenamento.

Extintores de incêndio: A área deverá ser sinalizada intensivamente com cartazes ou sinais bem visíveis de: "É PROIBIDO FUMAR" O fogo em tintas e diluentes é classificado como CLASSE B. O extintor mais apropriado é o de pó químico seco, que é eficiente tanto em locais fechados quanto em locais abertos. Já os extintores com carga de CO2 são eficientes apenas em locais fechados. É importante que existam extintores também do lado de fora do local, para que no caso de incêndio no estoque, possam ser utilizados os extintores externos por pessoas que venham a ajudar na sua extinção.

Hidrantes: O combate a incêndios em tintas e diluentes por meio de jatos de água não é aconselhável por causa do transbordamento e espalhamento do líquido inflamado. No início de incêndios, é recomendável a utilização de extintores portáteis de pó químico seco.

Porém se o fogo já está avançado, é necessário ter disponível hidrantes nas imediações, pois a água é indispensável para o resfriamento do local para permitir o acesso do pessoal de combate ao incêndio. A água deve ser aspergida na forma de neblina sobre o material incendiado, evitando-se jatos que poderiam espalhar o fogo. Os sistemas de hidrantes devem possuir reservatórios apropriados e bem dimensionados, bombas de recalque potentes e mangueiras permanentemente revisadas e conservadas.

Treinamento da brigada de incêndio: O pessoal da brigada de incêndio que é treinado para o primeiro combate ao foco de incêndio deve receber noções sobre o que é tinta, diluente e como combater incêndios nestes materiais.

Sistema elétrico: As tomadas e interruptores devem ser blindados e a prova de explosão, Os fios devem ser instalados dentro de conduítes apropriados e corretamente dimensionados.

Iluminação: O local deve ser provido de boa iluminação, se possível natural, através de janelas com vidros aramados. No caso de iluminação artificial, as luminárias devem ser blindadas, pois o "estouro" de uma lâmpada pode incendiar os vapores de solventes se estes estiverem acumulados no ambiente.

Ventilação: O local deve ser coberto, porém bem ventilado, sendo necessário que as paredes sejam construídas em parte ou totalmente com elementos vazados, ou com telas, ou com grades.

É preferível ventilação natural. No caso de ventilação forçada, ou mecânica, os motores utilizados nos exaustores devem ser blindados e a prova de explosão.

Para-raios: O local de armazenamento deve estar protegido por para-raios do tipo Franklin ou gaiola de Faraday. As ligações e o isolamento do cabo de aterramento devem ser verificados e estar em ordem.

Temperatura do local de armazenamento: A temperatura ambiente não deverá exceder a 40°C.

Cuidados no Armazenamento

Recipientes fechados: As embalagens de tintas e diluentes devem ficar fechadas enquanto não forem utilizadas. Ao abrir uma lata de tinta, deve-se tomar cuidado para não danificar a tampa e não derramar tinta nas suas bordas, que poderá impedir uma perfeita vedação ao fechar a lata para uso posterior.

É conveniente que se coloque o conteúdo de embalagens de tintas consumidas parcialmente em outras embalagens menores, de maneira que elas fiquem armazenadas cheias.

A presença de ar e umidade no interior das embalagens prejudica especialmente os primers e esmaltes sintéticos e alguns poliuretanos por causa da formação de nata irreversível na superfície da tinta.

Não adianta bater vigorosamente a tinta, pois não há possibilidade dela ser redissolvida e pedaços poderão entupir pistolas e prejudicar a pintura.

Rotatividade na prateleira: O armazenamento deve ser feito de tal forma que possibilite a retirada em primeiro lugar das latas de lotes mais antigos.

Este procedimento evita que tintas recebidas mais recentemente sejam colocadas na frente e as mais antigas permaneçam no fundo da prateleira.

Inversão de embalagens: É conveniente que as latas de 1 galão ou menores do que 1 galão, sejam colocadas inicialmente com a tampa para baixo nas prateleiras e a cada três meses sejam invertidas.

A inversão traz duas vantagens: melhor vedação da tampa pelo lado interno e diminuição de sedimentos duros e compactos no fundo da embalagem. Com isto prolonga-se a vida útil de prateleira (shelf life) das tintas.

Empilhamento: Empilhamento de embalagens em número superior ao recomendado poderá danificar as embalagens de baixo. Com o amassamento das embalagens poderão ocorrer vazamentos, principalmente se as tintas possuírem massa específica alta, como as com pigmentos de zinco ou de zarcão.

O empilhamento máximo das embalagens no local de armazenamento deve ser o seguinte:

Tipo de Embalagem	Capacidade	Empilhamento Máximo
Galão	3,6 lts	10 (dez)
Balde (5 galões)	18 lts	5 (cinco)
Tambor	200 lts	3 (três)

d. Vida útil da mistura “pot life”

Vida útil da mistura ou "pot life" é o tempo que o pintor tem para usar a tinta bicomponente depois que as duas partes, A e B foram misturadas.

Feita a mistura, as resinas dos dois componentes começam a reagir e após este tempo a tinta gelatiniza ou endurece e não é mais possível a sua utilização.

As tintas epoxídicas e as poliuretânicas são exemplos de tintas bicomponentes, nas quais os componentes A e B reagem entre si.

Por isso, é necessário observar o tempo de vida útil que as fichas técnicas destas tintas indicam, para não ter prejuízo. O pintor deve verificar a área a ser pintada, para não preparar quantidade de tinta a mais do que é capaz de aplicar dentro do período de vida útil da mistura.

Deve se verificar também, se a área já está limpa e pronta para receber a tinta e se todo o equipamento a ser utilizado está em ordem, antes de misturar a tinta.

A temperatura influi no tempo de vida útil da mistura. Assim, quando a temperatura do ambiente é mais alta, o tempo de vida útil diminui e quando a temperatura é mais baixa, o tempo que o pintor tem para usa-la é maior.

Se o pintor colocar a mistura na geladeira, o tempo será aumentado, mas isto não é aconselhado, pois a tinta muito fria no momento da aplicação provocará a condensação da umidade e prejudicará o seu desempenho.

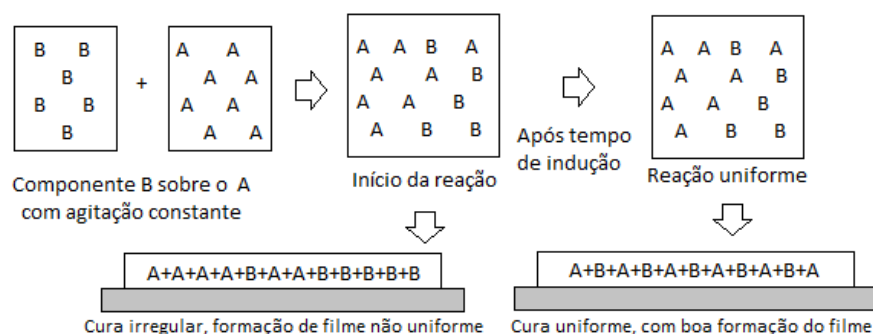
A quantidade de tinta misturada também influi na vida útil. Quantidade maior tem vida útil menor.

Por exemplo, a vida útil da mistura do conteúdo de dois baldes de 18L é menor do que a de duas latas de 1 galão (3,6 L).

A adição do diluente, se necessário, deve ser feita após a mistura dos dois componentes. No caso de tintas com proporção 1:1, é necessário uma lata com capacidade maior, por exemplo, uma lata de 18 litros de solventes limpa para receber os componentes A e B e o diluente.

e. Tempo de indução ou espera

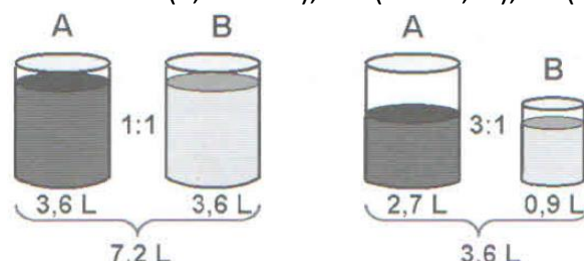
Após a mistura, e diluição, o pintor deve fechar a lata onde a mistura foi feita e aguardar de 10 a 15 minutos. Este tempo chama-se indução ou espera, e serve para que as resinas comecem a reagir e quando forem aplicadas estejam mais homogêneas e prontas para aderirem à superfície.



f. Proporção de mistura

Cada componente contém resinas reativas em proporções que devem ser respeitadas pelo pintor na hora da mistura, pois a falta ou excesso de um dos reagentes pode produzir uma tinta com propriedades diferentes da que foi idealizada.

As proporções mais comuns são 1:1 (3,6L: 3,6L), 2:1 (2,4L:1,2L), 3:1 (2,7L: 0,9L) em volume.



A proporção em peso também é fornecida pelas fichas técnicas ou rótulos e facilita a preparação das tintas, por que pode ser usada uma balança.

Uma lata vazia e pesada (tarada). Coloca-se o componente A e anota-se a massa. Calcula-se a quantidade de componente B que deve ser adicionada em função da proporção de mistura em peso e com uma colher coloca-se o componente B sobre o A, até atingir o peso calculado. A mistura em peso a mais pratica e mais precisa, no entanto exige uma balança eletrônica.

Quando o pintor vai utilizar a tinta toda, não deve se preocupar com a proporção de mistura, pois o fabricante já coloca a quantidade exata nas duas embalagens e assim a mistura já estará na proporção correta.

Porém, quando vai usar apenas pequenas quantidades de tinta, é necessário seguir a proporção de mistura indicada na ficha técnica ou no rótulo das embalagens. A mistura fora da proporção ou a aplicação de somente um dos componentes acarreta prejuízos, pois a película pode ficar mole e grudenta ou endurecer demais e ficar toda rachada e quebradiça.

Uma vez que foi aplicada errada não há como recuperar uma tinta fora de proporção. Só resta remover toda a tinta e aplicar novamente, só que desta vez na proporção correta.

1. Esquemas de pintura

O esquema de pintura se refere a um conjunto de considerações que devem ser observador para que a proteção anticorrosiva tenha uma vida longa e efetiva. Os fatores que devem ser levados em consideração são:

- Tipo de superfície: aço carbono, aço inoxidável, alumínio, concreto, etc;
- Meio ambiente exposto: urbano, marítimo, industrial, etc;
 - Sol: radiação ultravioleta e variação de temperatura
 - Chuva: água e ventos
 - Umidade: vapor d’água
 - Poeiras: pó de areia e argila levada pelos ventos
 - Névoa salina: pulverização no ar de névoa de água salgada
 - Industrias: dióxido de carbono, anidrido sulfuroso, ácido sulfúrico
 - Urbano: fuligem da queima de combustíveis de automóveis
- Área intenas ou externas a ser tratadas;
- Temperatura de trabalho: quente ou frio, ou altas temperaturas como chaminés, tubulações, etc;
- Tipo de limpeza superficial possível: St2, St3, Sa 2 ½ ou Sa 3, etc;
- Aplicação possíveis com: pincel, rolos, pistola, pistola Airless, etc;
- Entre outras considerações possíveis.

Após a análise dos fatores acima que fundamentam a definição das tintas, estabelece o esquema de pintura que deve incluir:

- Preparo da superfície, grau de limpeza e perfil de rugosidade;
- Número de demãos da tinta de fundo, intermediária e acabamento e as espessuras de cada demãos;
- Intervalo de tempo, mínimos e máximos, entre cada demão;
- Tempo da cura final para colocar o equipamento em operação.

Considerar também que quanto melhor o grau de limpeza da superfície e maior a espessura maior será a duração da proteção que o esquema de pintura proporcionará. E certamente a relação de custo e benefício reflete a situação em que a duração da pintura será maior porém a um custo maior.

Ambiente	Rural	Urbano	Industrial ou marítimo	Peças enterradas	Imersão
Preparo de superfície mínimo	Sa 2 1/2	Sa 2 1/2	Sa 2 1/2	Sa 2 1/2	Sa 3
Faixa de espessura de (µm)	80 a 125	100 a 200	240 a 300	400 a 500	375 a 500

Tabela de preparo de superfície e espessuras de película recomendadas para jateamento abrasivo

Ambiente	Rural	Urbano	Industrial ou marítimo	Peças enterradas	Imersão
Preparo de superfície mínimo	St 3	St 3	St 3	-	-
Faixa de espessura de (µm)	125 a 175	150 a 250	250 a 375	-	-

Tabela de preparo de superfície e espessuras de película recomendadas para jateamento abrasivo

Um estudo do SSPC, realizado com tinta epóxi, fundo e acabamento, em três ambientes industriais com diferentes agressividades, variando apenas o grau de preparação de superfície, limpeza mecânica St 3 versus jato comercial Sa 2, mostrada na tabela abaixo, evidencia a necessidade de melhores preparos de superfície

para ambientes agressivos, e que quanto melhor é o preparo, em quaisquer situação, maior será a durabilidade da pintura.

				Ambiente Industrial (vida útil em anos)		
Esquema	Nº demãos	Espes. Total	Preparo de superfície	Leve agressividade	Média agressividade	Alta agressividade
Epóxi	1 de primer 75µm	150 µm	St 3	4	3	2
	1 de acabamento 75 µm		Sa 2	7	6	5

a. Tinta a ser utilizada

Segue abaixo alguns esquemas de pintura supostos, para pintura sobre aço carbono para ambientes: urbanos, industriais e marítimos.

Para Ambientes Urbanos:

Esquema	Tipo	Tinta	Nº Demãos	EPS Por/demão (µm)	EPS Total (µm)	Observações
Tipo 01	Fundo	Primer alquídico	2	40	160	Esquema baixo custo por galão
	Acabamento	Esmalte alquídico	2	40		
Tipo 02	Fundo/Acabto	Epoximastic cores	1	120	120	Esquema médio custo por galão (com calcinação)

Para Ambientes Industriais:

Esquema	Tipo	Tinta	Nº Demãos	EPS Por/demão (µm)	EPS Total (µm)	Observações
Tipo 01	Fundo/Acabto	Epoximastic cores	2	125	250	Esquema médio custo por galão
Tipo 02	Fundo	Primer epóxi	1	125	275	Esquema alto custo por galão (sem calcinação)
	Acabamento	Esmalte poliuretano	2	75		

Para Ambientes Marítimos:

Esquema	Tipo	Tinta	Nº Demãos	EPS Por/demão (µm)	EPS Total (µm)	Observações
Tipo 01	Fundo	Etil silicato de zinco	1	75	265	Esquema alto custo por galão (sem calcinação). Excelente resistência ao ambiente marítimo
	Intermediário	Epóxi poliamida	1	40		
	Acabamento	Esmalte poliuretano	2	75		

b. Considerações gerais sobre os esquemas de pinturas

A escolha de cada esquema de pintura depende da disponibilidade de recursos financeiros, das necessidade de cuidados com o meio ambiente. A durabilidade depende não só do tipo de tinta, mas também do fabricante, pois para um mesmo tipo pode haver desempenhos diferenciados.

A durabilidade da pintura são maiores quando a manutenção preventiva é realizada pelo menos uma vez por ano. Entende-se retoques feitos com o pincel em cortes, riscos, escoriações, ocorridas durante o transporte e a montagem, ou falhas de aplicação como bolhas, furos, fissuras, trincas ou espessuras mais baixas, ocorridas durante a pintura ou logo após a pintura.

A durabilidade depende do preparo correto da superfície, das técnicas de aplicação das tintas e do controle das espessuras e das condições climáticas no momento da aplicação e durante a cura das tintas.

Na escolha dos produtos para compor o esquema de pintura, deve-se observar as espessuras das tintas individuais, que podem variar, mas a espessura total deve ficar dentro da faixa apresentada na tabela de preparo e espessura.

A calcinação não afeta significativamente a proteção anticorrosiva. O problema é apenas estético com a perda de cor e brilho.

2. Espessura de película seca

Depois da secagem da tinta é possível se medir a espessura de camada de tinta. São usados os seguintes tipos de medidores de espessura: magnético (também conhecido como jacaré ou pica pau), eletrônico que é o mais utilizado e medidores de espessura por ultra-som para substratos não ferrosos, como alumínio, aço inoxidável, madeira, etc . Todos são simples de ser utilizados e devem ser calibrados junto a uma empresa adequada e certificada para isso, para uma confiabilidade e exatidão das medidas.



Medidor de espessura seca magnético



Medidor de espessura eletrônico

3. Intervalo entre demãos

A informação do tempo de espera entre cada demão de pintura é muito importante para o aplicador qualificado. Pois depois de aplicada a primeira demão de tinta, o solvente começa a evaporar e as reações de formação do filme a se processar e haverá um certo tempo para aplicar a próxima demão. Essas informações são em função da temperatura também. O boletim técnico da tinta traz essa importantíssima informação.

As seguintes consequências e possibilidades quanto ao intervalo entre demãos estão a seguir:

Antes do intervalo: Não se deve aplicar tinta antes do intervalo mínimo especificado, pois o solvente da demão anterior não evaporou totalmente ainda e aplicando ou demão, a tinta fica como se estivesse com espessura exagerada. Poderá haver escorrimentos em superfícies verticais, demora para secar, enrugamento ou até fissuras ou trincas durante a secagem da tinta.

Durante o intervalo: Haverá tempo suficiente para a evaporação do solvente da demão anterior e a secagem será adequada. A aderência será máxima, pois ocorre a interpenetração das camadas (uma demão se funde na outra).

Após o intervalo: Nem sempre é possível evitar a aplicação fora do prazo, mas se isto ocorrer e nenhuma providência for tomada, a fusão das camadas pode não ocorrer. Neste caso, a aderência é prejudicada e poderá haver destacamentos entre as demãos.

Após o intervalo, mas com lixamento: O lixamento superficial da camada é suficiente para produzir sulcos cuja rugosidade, possibilita maior superfície de contato entre as demãos. Esse lixamento é chamado de quebra de brilho. Posteriormente é necessário remover o pó com ar comprimido ou pano seco e depois aplicar diluente sobre para que a aderência seja satisfatória.

1. Métodos de aplicação

a. Rolo

Os rolos podem ser fabricados com pele de carneiro ou lã sintética (acrílica), para tintas a base de água ou de solventes e de espuma de poliuretano, somente para tintas a base de água (incham e se desmancham quando usados com tinta à base de solventes orgânicos).

Os rolos são fornecidos com comprimentos de pelos de 6 mm à 23 mm. Os de pelos longos carregam mais tintas e são adequados para superfícies irregulares, porém deixam marcas em relevo como casca de laranja.

Os de pelos curtos evitam a formação de espuma e dão acabamento mais liso e uniforme, porém a espessura da camada de tinta fica mais baixa. Se não for possível comprar rolos com pelos mais curtos, pode-se queimar em uma chama. O miolo dos rolos pode ser um tubo de resina fenólica ou de polipropileno, ambos resistentes aos solventes. As larguras dos rolos variam de 75 mm até 230 mm. Para pintura de cantoneiras e perfis estreitos, são usados os de 100 mm.

Técnicas de aplicação à rolo: Não se mergulha o rolo todo na lata de tinta. Usa-se uma bandeja rasa com uma rampa onde ele é rolado para tirar o excesso.

Pode se usar também uma caçamba para quantidades maiores de tintas ou uma tela de arame com cabo, chamado difusor, que é colocado dentro do balde para tirar o excesso de tinta do rolo.

O pintor deve aprender a carregar o rolo com a quantidade correta de tinta para evitar escorrimentos e desperdícios. A pressão do rolo na superfície deve ser controlada para deixar espessura uniforme.

Em superfícies muito rugosas o rolo deve ser passado em várias direções indo e voltando para fazer a tinta penetrar nas irregularidades.

No início, o rolo deixa muita tinta e no final do movimento está quase sem tinta. Por isso é importante que o repasse seja feito em sentido contrário ao primeiro movimento, para uniformizar a espessura da tinta.

Ao término do trabalho diário, o pintor deve lavar o rolo com solvente e em seguida com água e sabão para que ele possa durar mais. No caso de tintas a base de água, é só lavar com água e sabão.

b. Pintura a pincel (trincha)

Os melhores pinceis para a pintura industrial com tintas anticorrosivas são feitos geralmente com pêlos de porco ou de orelha de boi. Os de pêlos sintéticos como os de polipropileno e nylon são indicados para tintas à base de água. A escolha do tipo de pincel depende do trabalho a ser executado.



Pincel em formato chato

Técnicas de aplicação a pincel - Mergulhar cerca de 2/3 do comprimento dos pêlos na tinta e levar o pincel à superfície, virado para baixo, meio inclinado.

As pinceladas iniciais devem ser curtas, procurando espalhar uma quantidade uniforme de tinta. esfregando os pêlos na superfície para cobrir todas as irregularidades. O nivelamento e o alisamento das camadas se faz com longas pinceladas cruzadas sobre as iniciais, sem apertar muito para evitar marcas profundas.

As pinceladas devem ser dadas com uma pequena inclinação no pinel para facilitar o deslizamento. A inclinação na ida deve ser ao contrario na volta.

Ao terminar o trabalho diário, o pintor deve lavar o pincel com solvente e em seguida com água e sabão. Esta simples providência faz com que os pinceis durem mais.

O grande uso dos pinceis na pintura de estruturas metálicas é para reforçar cordões de solda, arestas vivas, quinas, cantos e frestas. No entanto, o reforço nestas áreas deve ser feito com a tinta diluída. A diluente é necessária para possibilitar a penetração da tinta e evitar camadas muito espessas, que acabam sofrendo retração e destacamento. É importante fazer o reforço nestas áreas que são consideradas críticas e isto deve ser feito antes de cada demão normal.

c. Pistola convencional

É o método de aplicação mais tradicional utilizado na indústria. Pode ser empregado com caneca de sucção ou tanque de pressão.

Para se obter melhor desempenho com a pistola convencional é necessário que o operador seja treinado para regular a pressão, e a abertura do leque, de acordo com a peça a ser pintada. Dependendo do tipo de peça, e das condições de aplicação, pode ocorrer perda de até 60% de tinta.

Tipo de pistola convencional:

Alimentação por sucção – Caneca: A tinta é puxada por sucção para a pistola.

Alimentação por pressão – Tanque: A tinta é empurrada para a pistola devido à pressão no tanque.

Caneca: Este tipo de pintura é mais usado em oficinas de repintura de automóveis ou em industrias em que a pintura é uma operação de pequena utilização ou para retoques. É sem dúvida o acabamento mais fino que se pode obter nas pinturas a pistola.

Tanque com pressão: É o mais usado em indústrias onde o acabamento é importante, mas a produtividade é necessária. O tanque permite que o volume maior de tinta seja preparado de cada vez e com isso evita-se paradas mais frequentes para abastecimento da caneca. A caneca quando cheia, pesa mais que um quilo, fazendo com que o pintor fique mais cansado ao final de cada jornada de trabalho. As mangueiras pesam menos e permitem que a pistola tenha maior mobilidade durante a operação de pintura.

Os tanque têm capacidade de 2 à 15 galões. O agitador com motor pneumático para homogeneizar a tinta, evita a sedimentação dos pigmentos mais pesados, e evita principalmente o risco de incêndio.

A pressão máxima no tanque varia de acordo com a sua capacidade. Para tanque de 2 galões, a máxima é de 50 libras/pol² e para os de 5, 10 e 15 galões, a pressão máxima é de 110 libras/pol².

A linha de ar comprimido para pistola: O ar comprimido deve chegar limpo, seco à pistola, em volume e pressão suficientes. Para isto são necessários: um compressor, tubulações com diâmetro suficiente, reguladores de pressão com manômetro em bom estado de conservação, filtros separadores de água e óleo e mangueiras com comprimento e diâmetros adequados.

Compressor: O compressor e o seu reservatório são o coração da instalação. Se eles não tiverem capacidade suficiente, não conseguirão manter a pressão durante a pulverização. A capacidade do compressor é medida em PCM – Pés Cúbicos por Minuto. 1 HP = ~ 4 PCM. Se por exemplo o consumo de ar da pistola for de cerca de 15 PCM, o compressor deverá ter no mínimo 4 HP. (4 x 4 = 16 PCM). Seria melhor ainda, usar um compressor de 5 HP, pois com 20 PCM o compressor trabalharia mais folgado, aumentando a sua vida útil).

O local de sua instalação deve ser:

Limpo: Evita que a poeira venha a entupir o filtro de entrada do ar.

Seco: Evita o acúmulo de água no reservatório, causado pela umidade do ar.

Ventilado: Melhora o resfriamento do cabeçote.

O compressor deve estar nivelado e em local de fácil acesso para trabalhar melhor e facilitar a sua manutenção. As polias com suas pás devem estar voltadas para a parede, a uma distância mínima de 40 cm desta para permitir a circulação do ar necessária ao resfriamento. O óleo de lubrificação deve ser verificado diariamente e a água acumulada no reservatório, drenada também diariamente, em duas ou mais vezes, dependendo da unidade relativa do ar na ocasião.

Tubulação: A tubulação de ar deve ser a mais direta possível para evitar perda de pressão e instalada com a inclinação no sentido do compressor, para que a água e o óleo retornem facilmente ao reservatório. A tubulação deve ser de aço galvanizado, com bitolas entre $\frac{3}{4}$ e $\frac{1}{2}$ polegada, dependendo do volume de ar necessário. As saídas de ar devem ser por cima do tubo principal da linha a uma distância mínima de 7,5 metros do compressor para que o ar não seja contaminado com água, óleo e detritos de ferrugem.

Pistola Convencional (a ar comprimido):

Na pistola convencional, ou seja, na pistola comum de ar comprimido, a tinta é soprada por jatos de ar formando um spray. A tinta, reduzida a gotas muito pequenas ao sair do bico da pistola, é levada pelo mesmo ar comprimido que pulverizou, até a superfície. É um método de aplicação de tinta muito utilizado em pintura industrial, não só na pintura de campo como na de oficina.

Além de ser um método de aplicação de tinta que apresenta grande produtividade, tem como característica a obtenção de espessura de película quase que constante ao longo de toda a superfície pintada, o que não é, em termos práticos, possível com os métodos da trincha e do rolo.

A aplicação da tinta pelo método da pistola convencional requer que a mesma seja diluída mais do que com qualquer outro método, para adequar sua viscosidade, de forma que ela possa fluir do recipiente até a pistola pela ação da pressão do ar. Como consequência desta diluição, o método tem duas desvantagens significativas.

A primeira é que, com a evaporação do solvente, há uma sensível redução da espessura de película úmida para seca. Assim, as tintas de alta espessura, aquelas que devem ser aplicadas com espessura superior a 100 µm, apresentam dificuldades de serem aplicadas pelo método da pistola convencional em uma única demão.

A segunda desvantagem diz respeito às falhas observadas pela película seca, devido à evaporação do solvente, que podem dar lugar aos poros, crateras ou bolhas. Algumas tintas, como as de esmalte epóxi de baixa espessura, quando aplicadas por este método, revelam falhas excessivas desta natureza.

O método de aplicação por pistola convencional apresenta ainda como limitação o fato de levar a excessivas perdas de tintas durante a aplicação, da ordem de 25%, e os riscos de segurança, observados quando a aplicação é feita em ambientes fechados, são significativos, devido ao excessivo acúmulo de solventes.

Existem dois tipos de equipamentos tidos como pistola convencional. Nos mais simples, o recipiente é acoplado diretamente à pistola. No outro, a tinta é depositada em um grande recipiente e, através de mangueiras, pela ação da pressão do ar injetado dentro do recipiente, chega até a pistola. Logicamente o segundo equipamento, vulgarmente conhecido como pistolão, apresenta várias vantagens em relação ao primeiro.

O pequeno recipiente do primeiro equipamento acarreta frequentes interrupções da aplicação para enchimento do mesmo com tinta. Outra grande vantagem do segundo equipamento é que a pistola fica mais leve, uma vez que o recipiente onde a tinta é depositada não fica acoplada à mesma, como acontece com o primeiro equipamento.

Na aplicação da tinta pelo método da pistola convencional, uma série de cuidados devem ser observados. O primeiro é a correta diluição da tinta, procurando-se ajustar sua viscosidade a uma aplicação adequada. Outro é a seleção do bico da pistola, que é feita em função das propriedades tixotrópicas da tinta. A

pressão e a vazão do ar que é injetado no tanque de pressão também devem ser selecionadas em função das propriedades da tinta que se quer aplicar. Este elenco de parâmetros definirá o leque de fluido constituído da mistura tinta e ar que sai do bico da pistola.

A pistola deve ser posicionada com o leque de fluído constituído de tinta e ar, incidindo perpendicularmente em relação à superfície a pintar e deslocada em movimentos de ida e volta paralelos àquela superfície. Neste movimento de ida e volta, deve haver uma sobreposição da passada subsequente para que haja continuidade da película aplicada. A sobreposição deve ser da ordem de 50%. A distancia do bico da pistola à superfície deve oscilar entre 150 à 200 mm. A aplicação com a pistola muito próxima da superfície causa o defeito de escorrimento da película e, com a pistola muito distante, o defeito de sobreaplicação ou overspray (depósitos sobre a superfície em forma de pó ou grânulos). A velocidade de passagem do leque de fluído em um sentido e outro também pode causar tais defeitos.

O defeito do overspray é ainda muito comumente observado em aplicação de tintas pelo método de pistola convencional quando o pintor não tem a necessária qualificação e é influenciado pela diluição, seleção do bico, pressão do ar, distância inadequada da pistola à superfície e movimentos irregulares.

d. Pistola sem ar “airless”

A pistola sem ar é, dos métodos disponíveis para aplicação de tinta no campo, aquele que obtém a melhor qualidade de pintura e conseqüentemente o maior desempenho do esquema de pintura.

Ao contrário da pistola convencional, que utiliza o ar para atomização da tinta, a pintura sem ar utiliza uma bomba, acionada pneumaticamente, para pressurizar a tinta, e a energia com que a mesma chega ao bico da pistola provoca sua pulverização.

Pressões da ordem de até 30 Mpa (cerca de 300 Kg/cm²) permitem que sejam aplicadas com este método tintas com elevadas quantidades de sólidos por volume (tintas sem solventes), sem a necessidade de diluição e em espessuras elevadas.

A não diluição com solvente, além de permitir a aplicação de tintas com elevadas espessuras por demão, minimiza, de forma significativa, as falhas das películas de tintas se comparadas com as aplicadas pelo método da pistola convencional, como os poros, crateras e bolhas.

Além de ser um método que permite a aplicação de películas de tintas com propriedades uniformes em termos de espessura e baixa incidência de falhas, é de elevada produtividade e tem perdas de tinta na aplicação bastante reduzidas, da ordem de 15%.

Na aplicação da tinta pelo método da pistola sem ar devem ser observados os mesmos cuidados já descritos para a aplicação com a pistola convencional em termo de diluição, seleção do bico e movimentos de aplicação.

O equipamentos de airless tem um custo elevado, exigindo um maior investimento inicial do que os método já descritos. E também este sistema requer cuidados de segurança por parte do pintor, dadas as elevadas pressões envolvidas.

1. Espessura de camada úmida - EPU

A medida de espessura úmida permite ao pintor já saiba no momento da aplicação qual será a espessura seca a ser obtida. Isto é importante para o controle de quantidade da pintura.

Os solventes, imediatamente após a aplicação das tintas começam a se evaporar. Com isso, a espessura da camada diminui, dependendo do teor de solventes, ou seja, de acordo com o volume de sólidos.

A medida é feita imediatamente após a aplicação, com um pente de aço inox que tem dois pés com o mesmo comprimento e os outros com comprimentos variáveis, em forma escalonada.



Medidor de espessura úmida (pente de aço inox)

O pintor apoia o pente sobre a superfície pintada e verifica qual foi o dente de maior valor que molhou e o primeiro após, que não molhou. No exemplo acima, 175 µm foi o maior valor que molhou e 200 µm foi o primeiro que não molhou. O valor da espessura é de $(200+175)/2 = 187,5 \mu\text{m}$. Na prática, o pintor lê o valor do maior dente molhado, ou seja, 175 µm.

Portanto como a espessura de película seca (EPS) é especificada, os sólidos por volume (SV) é dado pelo boletim técnico da tinta e a porcentagem de diluição (%Dil) efetivamente realizada, é anotada e conhecida, segue abaixo a fórmula para o cálculo de espessura de película úmida (EPU):

$$EPU = \frac{EPS \times (100 + \% DIL)}{SV}$$

sendo:

EPU = Espessura de Película Úmida - µm

EPS = Espessura de Película Seca Especificada por demão - µm

SV = Sólidos por Volume - %

DIL = DILUIÇÃO - %

Como exemplo, vamos fazer o cálculo para determinar a espessura de película úmida (EPU) para aplicação de uma tinta em o sólido por volume (SV) seja de 80%, e você usou uma diluição (%Dil) de 10% e a espessura de película seca (EPS) de projeto seja de 200 µm.

Portanto:

EPS = 200 µm

%Dil = 10%

SV = 80%

EPU = EPS x (100 + %Dil) / SV = 200 x (100+10) / 80 = **275 µm**

Portanto a espessura de película úmida (EPU) será de 275 µm.

1. Principais falhas e defeitos

a. Definições

Na pintura industrial pode haver falhas e defeitos na película de tinta, e como vimos pode ser atribuídos aos três pilares para a obtenção de uma pintura de qualidade: material da tinta, preparação de superfície e à habilidade do aplicador.

Vamos à definições referentes à falhas e defeitos na pintura industrial:

Defeito: Imperfeições que podem comprometer o desempenho e/ou o grau de estética para os quais os produtos foram desenvolvidos ou especificados

Falha (formação do filme): Irregularidade que pode ser corrigida durante a aplicação da tinta.

Defeito Superficial: As falhas do efeito superficial afetam a cor e o brilho e interferem nas características decorativas, estéticas, de segurança ou ainda de identificação pela cor da película.

Defeito Estrutural: As falhas de efeito estrutural comprometem a integridade da película e por consequência a eficiência protetora do revestimento.

b. Defeitos Superficiais

Portanto vamos listar abaixo os defeitos classificados como de origem “superficial”:

Descoloração: Alteração da cor original	
Causas: Logo após a aplicação: - Umidade elevada - Exposição a chuva antes da secagem Mudança de cor após meses da aplicação - Ação da luz UV do sol (Perda do Brilho) - Reação de água (H2O) ou gases (H2S) com a resina ou com o pigmento	
Correções: Lavar com solução com detergente, enxague Lixamento superficial e remoção do pó Aplicar demão de acabamento resistente ao intemperismo	

Manchas: A película de tinta apresenta-se manchada	
Causas: Homogeneização inadequada Superfície, equipamentos ou área de trabalho contaminados Respingos de solvente, inclusive água Defeito de formulação	
Correções: Lixamento superficial e remoção do pó Aplicar nova demão	

Gizamento, empoamento, calcinação: A pintura encontra-se sem brilho e com alteração de cor, coberta com uma fina camada pós solto	
Causas:	

Degradação da resina pela ação dos raios ultravioletas, com consequente redução de espessura, podendo ser pior quando há degradação dos pigmentos.

Correções:

Hidrolavagem com solução com detergente, enxague com água
Lixamento superficial e remoção do pó
Aplicar demão de acabamento resistente aos raios ultravioletas



Erosão: Desgaste da película pelas chuvas como consequência natural da calcinação.

Causas:

Degradação da resina pela ação dos raios ultravioletas, com consequente redução de espessura, podendo ser pior quando há degradação dos pigmentos.

Correções:

Hidrolavagem com solução com detergente, enxague com água
Lixamento superficial e remoção do pó
Aplicar demão de acabamento resistente aos raios ultravioletas



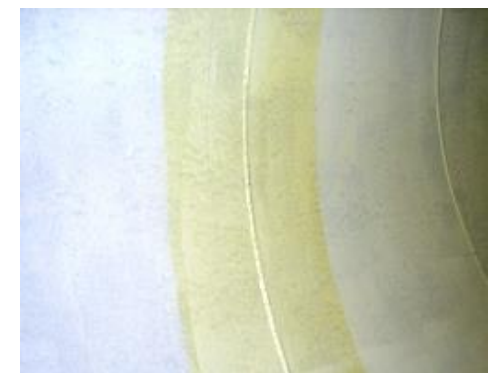
Sangramento: Migração da substância solúvel para as demãos superiores do revestimento, dando origem a manchas.

Causas:

Após a aplicação como resultado da solubilização de pigmentos solúveis nas demãos anteriores que se difundem para a última demão, no entanto, pode ocorrer como resultados da migração de plastificante, corantes, óleos ou substâncias betuminosas presentes nas demãos anteriores.

Correções:

Lavar com solução com detergente, enxague.
Selagem com tinta compatível com solventes que não atacam a demão anterior.
Mudar o método de aplicação para pistola.



Enrugamento: O filme de tinta apresenta-se irregularmente enrugado.

Causas:

Espessura de filme muito alta. (Tinta alquídica)
Solventes muito voláteis

Correções:

Dependendo da extensão do defeito, remover ou lixar a pintura.
Em seguida, limpar e aplicar outra demão



Inclusão de pelos: A película de tinta apresenta-se impregnada de pêlos ou fiapos, visíveis ou retidos no interior do filme de tinta.

Causas:

Contaminação da tinta fresca ou da superfície com pêlos ou fiapos trazidos pelo vento.
Contaminação da superfície a ser pintada ou da tinta ainda úmida por pêlos de trinch, panos e rolos.
Tinta contaminada com estas impurezas.

Correções:
Filtrar a tinta.
Remover as impurezas da tinta ainda úmida e retocar.
Lixar a superfície após a secagem e retocar.
Verificar os equipamentos de aplicação e a área de trabalho estão propícios para aplicação.



Impregnação de abrasivos: Defeito superficial na película devido à exposição da tinta ainda não seca ao toque, em ambientes com abrasivos carregados pelo ar ou provenientes do jateamento. A superfície fica áspera como uma lixa.

Causas:
Pintura sobre superfícies contaminada com poeira e/ou grãos de abrasivo;
Contaminação da superfície da tinta ainda úmida pelo abrasivo;
Tinta, rolo ou trinch contaminada por areia, terra, abrasivo, etc.
Poeira levada pelo vento cobre a tinta fresca.

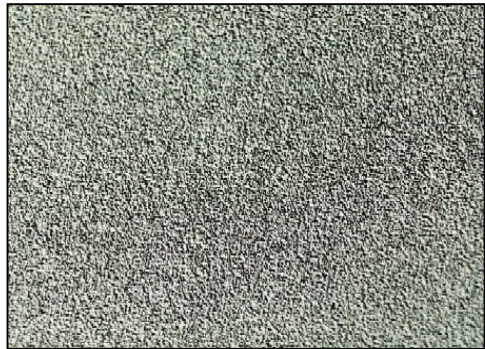
Correções:
Antes da secagem: aplicar panos com solventes para remover a pintura contaminada.
Após secagem: Dependendo da intensidade, lixar ou remover toda a pintura e aplicar outra demão.
Limpar a superfície, removendo o pó antes de pintar
Melhorar as condições do canteiro, protegendo a área de pintura contra contaminação.



Pulverização à seco (over spray): A superfície da tinta apresenta um aspecto fosco e áspero, porém sem o desprendimento do pó quando em contato com o dedo.

Causas:
Solvente muito volátil.
Pistola muito distante da superfície ou com pressão excessiva.
Temperatura ambiente elevada.
Vento forte.

Correções:
Antes da secagem: aplicar panos com solventes para remover a pintura contaminada.
Após secagem: Dependendo da intensidade, lixar ou remover toda a pintura e aplicar outra demão.
Limpar a superfície, removendo o pó antes de pintar
Melhorar as condições do canteiro, protegendo a área de pintura contra contaminação.



Escorrimento: A tinta apresenta escorrimento leve (lágrimas) ou pesado (barriga), ocorrendo em superfícies verticais e inclinadas.

Causas:

Diluição excessiva da tinta Excesso de tinta Pistola próxima à superfície Defeito de formulação Superfície muito lisa Especificação inadequada de tinta	
Correções: Controlar a espessura de película úmida. Remover o excesso de tinta quando ainda úmida, por meio de trincha. Raspar, lixar e após a secagem da tinta, retocar.	

1. Principais falhas e defeitos

a. Definições

Na pintura industrial pode haver falhas e defeitos na película de tinta, e como vimos pode ser atribuídos aos três pilares para a obtenção de uma pintura de qualidade: material da tinta, preparação de superfície e à habilidade do aplicador.

Vamos à definições referentes à falhas e defeitos na pintura industrial:

Defeito: Imperfeições que podem comprometer o desempenho e/ou o grau de estética para os quais os produtos foram desenvolvidos ou especificados

Falha (formação do filme): Irregularidade que pode ser corrigida durante a aplicação da tinta.

Defeito Superficial: As falhas do efeito superficial afetam a cor e o brilho e interferem nas características decorativas, estéticas, de segurança ou ainda de identificação pela cor da película.

Defeito Estrutural: As falhas de efeito estrutural comprometem a integridade da película e por consequência a eficiência protetora do revestimento.

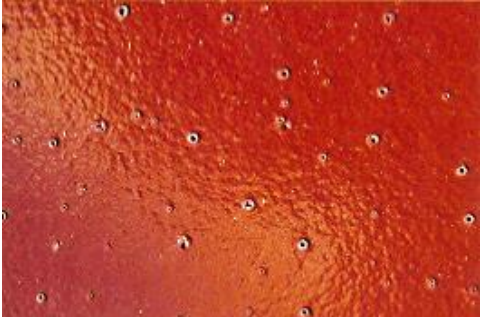
b. Defeitos Estruturais

Portanto vamos listar abaixo os defeitos classificados como de origem “estruturais”:

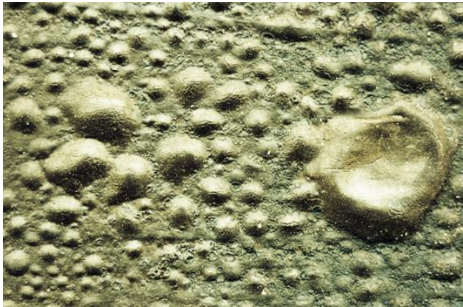
Espessura irregular (enferrujamento): A película de tinta possui espessura variável, fora dos limites de tolerância especificados.	
Causas: Técnica de aplicação inadequada. Pintura a pistola sob ação do vento. Tinta com alta ou baixa viscosidade. Diluição incorreta. Equipamento de aplicação inadequado.	
Correções: Controlar a espessura de película úmida. Remover o excesso de tinta com trincha macia durante a aplicação. Lixamento superficial e aplicar nova demão de tinta nas áreas com baixa espessura.	

Fendilhamento (checking): A película seca de tinta apresenta-se fissurada e fendilhada, atingindo o substrato.	
Causas: Perda de flexibilidade da película Espessura excessiva Defeito de formulação	
Correções: Controlar a espessura de película úmida Reformular a tinta Remover a demão ou o sistema de pintura	

Craqueamento (ckacking): A película seca de tinta apresenta-se fissurada e fendilhada, porém não atinge o substrato.	
Causas: Perda de flexibilidade da película Espessura excessiva Defeito de formulação	
Correções: Controlar a espessura de película úmida Reformular a tinta Remover a demão ou o sistema de pintura	

Cratera (Cratering / Crawling): A película de tinta apresenta pequenas e uniformes crateras.	
Causas: Retenção de solvente ou ar na aplicação Água ou óleo no ar de atomização da pistola Substrato muito quente Não atendimento aos intervalos entre demãos Pressão muito alta Respingo de água sobre a tinta fresca Superfície contaminada	
Correções: Lixar a área e aplicar nova demão	

Descascamento: A película de tinta encontra-se solta, não aderente e desprendendo-se entre demãos ou do substrato.	
Causas: Limpeza de superfície inadequada (contaminantes) Baixa rugosidade Contaminação da superfície após a limpeza ou entre demãos Não atendimento aos intervalos entre demãos Incompatibilidade entre tintas Umidade Relativa do Ar elevada	
Correções: Remover a tinta das áreas sem aderência e reaplicar.	

Empolamentos (Bolhas): A película de tinta apresenta saliência semi esféricas que variam de tamanho e intensidade.	
Causas: Retenção de solventes; Processo corrosivo acelerado; Incompatibilidade ou excesso de corrente impressa; Contaminação da superfície, do ar e/ou dos equipamentos de aplicação com: sal, óleo, água e silicone; Incompatibilidade entre demãos de tintas; Umidade Relativa do Ar elevada;	
Correções: Remover a tinta aplicada das áreas danificadas e reaplicar.	

Porosidade: A película de tinta apresenta descontinuidades invisíveis a olho nú ou não.	
Causas: Superfície contaminada Retenção de solvente ou ar no filme de tinta Atomização deficiente Temperatura do substrato muito alta Incompatibilidade entre demãos de tintas Água no ar de atomização	
Correções: Controlar o perfil de rugosidade Lixar a superfície e aplicar nova demão Retificar toda a pintura e fazer nova aplicação	

Corrosão (Picos expostos): A película de tinta apresenta pontos de corrosão decorrentes de picos expostos.	
Causas: Perfil de rugosidade da superfície elevado para a espessura seca de tinta.	
Correções: Controlar o perfil de rugosidade Lixar a superfície e aplicar nova demão Retirar toda a pintura e fazer nova aplicação	