

# PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

## GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

---

### 1. INTRODUÇÃO

Este documento define a melhor tecnologia prática disponível (MTPD) para o diagnóstico das fontes de emissão de poluentes atmosféricos das atividades de pintura e tratamento de superfícies de empresas montadoras de automóveis, caminhões e máquinas agrícolas integrantes do Plano de Redução de Emissões de Fontes Estacionárias (PREFE) aprovado pela Resolução de Diretoria nº 289/14/P, de 08/10/2014.

O presente guia não abrange as instalações de combustão que deverão seguir as orientações da Guia de Melhor Tecnologia Prática Disponível para Combustão e produção de peças metálicas utilizadas nas empresas automobilísticas que deverão seguir a Guia de Melhor Tecnologia Prática Disponível para Siderurgia e Metalurgia.

### 2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para este guia, melhor tecnologia prática disponível (MTPD) é o mais efetivo e avançado estágio tecnológico no desenvolvimento da atividade e seus métodos de operação, para atendimento ao limite de emissão estabelecido para prevenir ou, se não for praticável a prevenção, reduzir as emissões e o impacto ao meio ambiente.

Utilizaram-se como referência, os dados da Comunidade Européia (CE) e Agência Ambiental Americana (EPA).

O guia engloba as fontes pontuais de emissão de poluentes (chaminés) e demais fontes do processo de pintura dentro da indústria automobilística.

Este guia considera como MTPD não só equipamentos de controle de emissões, mas também melhorias no processo produtivo que diminuam o consumo de combustíveis (eficiência energética) e que utilizem técnicas de processo que produzam menos emissões atmosféricas de poluentes.

Com o objetivo de facilitar a aplicação deste guia, ele será dividido por unidade produtiva, contemplando os poluentes material particulado (MP), óxidos de nitrogênio (NOx) e compostos orgânicos voláteis (COV).

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

---

#### 3. DESCRIÇÃO RESUMIDA DO PROCESSO DE PINTURA

Os principais objetivos da pintura de veículos, caminhões e máquinas agrícolas é a proteção a longo prazo contra a corrosão, tempo, influência química (por exemplo, excrementos de pássaros, chuva ácida), proteção contra lascas, sol, abrasão em virtude da lavagem de carro, etc; e também garantir propriedades estéticas como, profundidade de cor, livre de nebulosidade, sem defeito, etc.

As etapas de um processo de pintura são:

- Desengraxe (Pré-limpeza) de carrocerias: Operação usada para remover impurezas como graxas lubrificantes e poeira.
- Pré-tratamento (Fosfato): Tratamento dado para a superfície metálica da carroceria, voltado a proteger a mesma da oxidação, e em geral, é utilizado fosfato de níquel ou zinco para esse tratamento.
- Eletroforese (Eletrocoat): Processo de pintura por imersão, ou aspersão, utilizando um campo elétrico para efetuar a deposição de materiais resinosos na carroceria do veículo. Nesse processo, a peça a ser pintada age como um eletrodo com a carga oposta à partícula do produto contido no tanque de imersão.
- Selantes (Sealers): aplicação de massa selante à base de celulose.
- Fundo Nivelador (Primer de Superfície): Pintura protetiva entre o processo de eletroforese e aplicação de esmalte.
- Esmalte (Basecoat): A pintura da cor final, formada por uma resina pigmentada durável, o qual passa pelo processo de cura.
- Verniz Transparente (Clearcoat): A pintura final, formada por uma resina clara provendo suavidade, alto brilho e durabilidade à superfície.
- Purga: Operação de limpeza do sistema de aplicação quando resíduos de pintura são expelidos, permitindo assim a mudança de cor no sistema.
- Reparo final: Pintura para correção de falhas ou imperfeições no final, após montagem do veículo.

Na primeira etapa, Desengraxe, as carcaças metálicas são desengorduradas com lavagens para remover óleos, graxas, partículas de sujeira, resíduos de lixamento, substâncias e outros contaminantes. Essa ocorre normalmente a uma temperatura de 50 a 60 ° C, utilizando, agentes de limpeza alcalinos que também podem conter fosfatos e agentes tensoativos.

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

---

A fosfatização cria uma proteção contra corrosão e estabilidade de adesão da pintura. Uma camada fina de fosfato é conseguida por pulverização ou por imersão com uma solução à base de água. Pode conter outros metais, por exemplo, zinco, manganês e níquel, bem como cálcio, ácido fosfórico e oxidantes.

Depois disso uma lavagem é realizada, com água desmineralizada. A carcaça é normalmente fosfatada a uma temperatura de 50 a 60°C, e imediatamente transferida para a zona de revestimento por eletrodeposição.

Eletrocoating é conhecido por uma variedade de nomes: e-revestimento, imersão, pintura eletroforética catódica, etc; é usado como revestimento, para proteção contra corrosão. A base de água, a tinta é aplicada por imersão.

Partículas de tinta que não foram depositadas eletricamente são removidas por lavagem. Para minimizar as perdas de tinta, são utilizados múltiplos sistemas de enxaguamento. A cura ocorre em uma estufa que normalmente opera entre 150 a 180°C.

As operações de selagem são realizadas por robôs ou manualmente utilizando vários materiais de PVC.

Os materiais de proteção de vedação e parte inferior da carroçaria são em alguns casos secos/curados antes de continuar o processo de pintura. Antes da aplicação do primer, a carroceria é limpa, uma vez que as partículas ainda podem ter um efeito prejudicial sobre a camada de revestimento da carroceria.

O primer tem as seguintes funções:

- enchimento de pequenos desníveis da superfície
- preparação da aplicação de acabamento garantindo a estabilidade e adesão, com aplicação de uma camada com espessura necessária para alcançar a qualidade pretendida
- proteção contra diversos tipos de agressões físicas (por exemplo: pedras, pedriscos, carrinho de supermercado, etc.)
- proteção UV para as camadas e eletro-imersão subjacentes.

Além do primer convencional contendo solventes, também é utilizado o primer base água. O Primer geralmente é aplicado eletrostaticamente e se necessário, pode ser aplicado manualmente em alguns locais da carroceria.

O esmalte é aplicado por robôs ou manualmente em cabines fechadas e na sequência passam por uma estufa de secagem.

A secagem acelera a vaporização dos solventes da camada de tinta aplicada. Três tipos de secagem podem ser distinguidos:

- secagem física: o material de revestimento é aplicado no estado líquido e com a evaporação dos solventes na estufa de secagem, resulta em um revestimento sólido.

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

---

- cura química: a camada de tinta solidificada após secagem física é reticulada por meio de reações químicas. Essas reações ocorrem a temperaturas mais elevadas e, por conseguinte, é necessária uma potência térmica específica. O calor adicional pode acelerar o processo de reação dentro de certos limites
- cura por reação de secagem: dois ou mais componentes reativos são misturados em proporções pré-definidas antes ou durante a aplicação e resultam numa película sólida por reação química. O sistema pode ser tanto à base de solventes ou sem solventes. Normalmente, a reação tem início a uma temperatura ambiente e pode também ser acelerada por aquecimento.

Na prática, secadores de convecção, secadores de radiação ou uma combinação de ambos os sistemas são usados, dependendo dos requisitos de qualidade do revestimento.

Na produção de veículos, os compostos orgânicos voláteis (COVs) representam a fonte de emissão mais significativa. Essa atividade emite compostos orgânicos voláteis não metanos (COVNM), provenientes das cabines de pintura, das estufas de secagem, e do sistema de limpeza dos equipamentos de aplicação de tinta.

As emissões de COVNM desse segmento podem variar significativamente de fábrica para fábrica. A indústria tem investido significativamente, tomando medidas para reduzir as emissões de solventes para a atmosfera.

Normalmente, a aplicação e secagem de primer e acabamento/revestimento transparente (verniz), contribuem com aproximadamente 80% das emissões de COVs provenientes do setor de pintura de automóveis. O revestimento de acabamento retoque (retificação), procedimentos de limpeza, bem como fontes adicionais (por exemplo, revestimento de peças pequenas, aplicação de proteção inferior) são responsáveis pelos 20% restantes.

Aproximadamente 70 a 90% do total de emissões de COV são gerados durante a aplicação e o procedimento de secagem originários da cabine de pintura. As taxas percentuais indicadas dependem geralmente dos tipos de solventes utilizados, dos sistemas de pintura e o fator de eficiência da técnica de aplicação.

Chassis de caminhões são montados a partir de perfis e peças (como eixos) que já estão pintados por eletrodeposição ou com um primer convencional. Existem ainda outros fabricantes que realizam a pintura de componentes (chassis, motores, peças plásticas, etc.) os quais não fazem parte deste guia.

Após a pré-montagem dos chassis, a qualidade da superfície é verificada e imperfeições são pontualmente reparadas com uma camada de primer. A limpeza é realizada manualmente com solvente ou à base de água para remover a sujeira, óleos e outras substâncias estranhas.

Subsequentemente, uma camada de revestimento de topo é aplicada. Os chassis são pintados manualmente, devido às suas variações de tamanho e estrutura. Tintas à base de solvente de acrilato composto por 2 componentes são aplicadas.

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

As emissões de COV da pintura de vans, ônibus, caminhões e cabines de caminhões são mais elevadas por metro quadrado do que os processos de revestimento na produção de automóveis, pelas seguintes razões:

- menor automação, resultando em menor eficiência de transferência e maiores emissões
- tamanho maior de veículos requer maiores câmaras de pulverização e maior tempo nos fornos de cura, conseqüentemente, maiores volumes de ar a serem tratados.
- técnicas disponíveis para os automóveis de passageiros muitas vezes não são disponíveis ou têm de ser adaptadas com custos elevados, devido ao grande tamanho dos veículos pintados
- gama de cores muito variada (300-800 cores diferentes, requisitos de frotas empresariais), sendo que sistemas à base de água não estão disponíveis para veículos multicoloridos e para um número de cores diferentes;
- algumas cores exigem maior espessura por razões de conversibilidade e, portanto, iniciadores coloridos precisam ser utilizados, ou pintura dupla é necessária,
- áreas de superfície maiores são mais propensas a danos e defeitos, requerendo mais reparos
- aumento da demanda por tintas metálicas aumenta as emissões de COV (metálicos são à base de solvente)
- mais restrições sobre tecnologias devido a diferentes tipos de materiais
- maior área de pintura no interior da cabine (menos painéis em comparação com os automóveis de passageiros).

As estufas de secagem, fornos e equipamentos de tratamento térmico para controle de emissões de compostos orgânicos voláteis (COV), normalmente utilizam como combustível gás natural e, portanto, com emissões potenciais de óxidos de nitrogênio. Para essas emissões deverão ser atendidos os critérios constantes da Guia de Melhor Tecnologia Prática Disponível para Fontes de Combustão.

Este guia contemplará os poluentes material particulado (MP), óxidos de nitrogênio (NOx) e compostos orgânicos voláteis (COV), que, para efeito desta atividade, será expresso como hidrocarbonetos totais (HCT), classificados como metano (HCTM) e não metano (HCTNM).

**Tabela 01 – Principais fontes de emissões de poluentes**

Fonte	Poluente			
	MP	SOx	NOx	HCTNM
Estufas de secagem e cura		X <sup>(a)</sup>	X <sup>(a)</sup>	X
Preparo de superfície (lixamento)	X			
Aplicação de selagem				X
Cabines de Pintura				X

(a) utilizar os critérios da guia de melhor tecnologia prática disponível para fontes de combustão

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

---

#### 4. MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL (MTPD)

Para melhorar o desempenho ambiental global das instalações de pintura dentro da indústria automobilística, constitui MTPD necessária, mas não suficiente, a implementação e a adesão a um sistema de gestão ambiental (SGA), visando à melhoria contínua das instalações e de processo.

Todas as fontes de emissão de poluentes atmosféricos obrigatoriamente devem atender aos seguintes requisitos:

- O lançamento de efluentes gasosos na atmosfera deve ser realizado através de chaminés, cujo projeto deve levar em consideração as edificações do entorno da fonte emissora e os padrões de qualidade do ar estabelecidos;
- Deve haver medidor de consumo de combustível de forma individualizada para cada fonte de combustão;
- O tratamento térmico para controle de emissões de COVs deve possuir monitoramento contínuo dos principais parâmetros de processo relevantes para as emissões como pressão, temperatura e teor de oxigênio, CO e etc;

A seguir, serão enfocadas as MTPD por fonte e/ou atividade. A exigibilidade de implantação de uma ou outra tecnologia ocorrerá em função da necessidade de enquadramento das emissões das fontes aos limites de emissão estabelecidos em legislação ou em licenças ambientais, devendo ser atendidos sempre os valores mais restritos.

Medidas adicionais de controle de emissões serão abordadas e, se necessárias, solicitadas após o diagnóstico final previsto pelo PREFE 2014.

Após o levantamento previsto no PREFE aprovado pela Resolução de Diretoria nº 289/14/P, serão definidas as exigências técnicas, como MTPD ou medidas adicionais, a serem atendidas para cada empreendimento elencado no PREFE. Cabe ressaltar que o prazo de atendimento à exigência poderá ou não coincidir com a renovação da LO.

A minimização das emissões de COV proveniente do processo de pintura, independente do tipo de veículo, depende de:

- Eficiência e forma de aplicação,
- Quantidade e tipo de solvente utilizado na pintura e no verniz,
- Captura eficiente dos vapores, e
- Tratamento de efluentes gasosos, que podem ser por meio de tratamento térmico, catalítico ou combinado com a absorção (via úmida ou seca) e adsorção por carvão ativado.

Cabe ressaltar que além dos pontos citados acima, não poderá haver odor perceptível fora dos limites do empreendimento, portanto, pontos de preparo de material, em especial tinta esmalte e vernizes, deverão ter suas emissões captadas e tratadas.

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

---

Para revestimento de automóveis, além dos pontos de minimização de COV listados anteriormente, constitui MTPD, para efeito deste guia:

- minimizar o consumo de energia na escolha e modo de funcionamento dos processos de pintura, secagem/tratamento e dos sistemas associados de redução das emissões
- minimizar as emissões de solventes, bem como o consumo de energia e de matérias-primas, através da seleção dos sistemas de pintura e secagem
- definir e aplicar, nas instalações existentes, planos de redução dos consumos e das emissões, de modo a conseguir alcançar os valores de emissões referidos na Tabela 2,
- minimizar o consumo de matérias-primas, através da maximização das eficiências na transferência

Para Revestimento de caminhões e veículos comerciais, além dos pontos de minimização de COV listados anteriormente, constitui MTPD, para efeito deste guia:

- minimizar as emissões de solventes, bem como o consumo de energia e de matérias-primas, utilizando uma combinação de sistemas de pintura e de secagem, em conjunto com sistemas de tratamento dos efluentes gasosos.
- utilizar matérias de poliuretano sem solventes, aplicadas por pulverização sem ar, para os materiais de isolamento sonoro e de revestimento do chão, bem como materiais pré-revestidos.
- Utilizar uma combinação de técnicas para reduzir as emissões de solventes das operações de limpeza.
- minimizar o consumo de matérias-primas por meio da maximização das eficiências na transferência

Para revestimento de ônibus e camionetes, além dos pontos de minimização de COV listados anteriormente, constitui MTPD, para efeito deste guia:

- minimizar as emissões de solventes, bem como o consumo de energia e de matérias-primas, utilizando uma combinação de sistemas de pintura e de secagem em conjunto com sistemas de tratamento dos efluentes gasosos.
- utilizar matérias de poliuretano sem solventes, para os materiais de isolamento sonoro e de revestimento do chão, bem como materiais pré-revestidos.
- utilizar uma combinação de técnicas para reduzir as emissões de solventes das operações de limpeza.
- minimizar o consumo de matérias-primas por meio da maximização das eficiências na transferência

Para revestimento de equipamentos agrícolas e de construção, além dos pontos de minimização de COV listados anteriormente, constitui MTPD, para efeito deste guia:

- reduzir o consumo e as emissões de solventes,
- maximizar a eficiência da aplicação do revestimento e minimizar a utilização de energia
- reduzir o consumo de matérias-primas, as emissões de solventes e o volume de ar a tratar, utilizando técnicas de imersão para o revestimento dos componentes, antes da respectiva montagem
- utilizar outros sistemas de pintura para substituir as tintas à base de solventes halogenados

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

No que se refere a poluentes provenientes de estufas e secadores gerados pela combustão como NOx, MP e SOx, desde que não haja contato direto com o gás residual, deverão ser seguidos os procedimentos de MTPD da Guia de Melhor Tecnologia Prática Disponível para Fontes de Combustão.

Instalações onde haja aproveitamento energético dos gases residuais dos processos de pintura ou se busque o seu tratamento térmico, o equipamento de tratamento deverá operar com temperatura igual ou superior a 750 °C, com tempo de residência que garanta a destruição térmica igual ou superior a 97% dos COVs, expressos como hidrocarbonetos totais excluindo o metano. Deve possuir monitoramento e registro da temperatura e tempo de operação.

Não poderá haver lançamento dos gases residuais dos processos de pintura sem tratamento para a atmosfera, somente sendo permitido o uso de by-pass em situações de emergência.

Para que um processo de pintura automobilística seja considerado dentro dos padrões de MTPD, todos os pontos passíveis de emissão de COV deverão ser captados e tratados. Os valores de referência na Tabela 02, a seguir, referem-se a todas as fases do processo executadas na mesma instalação, por eletroforese ou por qualquer outro processo de revestimento, incluindo o enceramento e o polimento final, bem como os solventes utilizados na limpeza dos equipamentos, incluindo câmaras de pulverização e outros equipamentos fixos, durante e fora do tempo de produção. Os valores constantes da Tabela 02 não incluem a pintura de para-choques e outras peças plásticas.

A verificação do atendimento a estes valores de referência deverá seguir os procedimentos de balanço de massa constantes do Anexo II deste guia.

**Tabela 02 – Valores de referência para MTPD para processos de pintura em indústrias automobilísticas**

Atividade	Valor de referência de MTPD	
	Instalações licenciadas antes de 2007	Instalações licenciadas a partir de 2007
Automóveis	< 60 g/m <sup>2</sup>	25 g/m <sup>2</sup>
Cabines de caminhões	75 g/m <sup>2</sup>	55 g/m <sup>2</sup>
Carrocerias de veículos utilitários, pick-up, e caminhonete e trator	90 g/m <sup>2</sup>	70 g/m <sup>2</sup>
Ônibus	225 g/m <sup>2</sup>	150 g/m <sup>2</sup>

## 5. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

As fontes de emissão provenientes de processos de pintura na indústria automobilística, até a presente data, não possuem limites de emissão estabelecida em legislação nacional, devendo ser atendidos os valores de emissão estabelecidos no seu licenciamento.

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

#### 6. MONITORAMENTO

Constitui MTPD monitorar as emissões para a atmosfera, utilizando as técnicas de monitoramento com a frequência mínima abaixo sugerida e em conformidade com o Termo de Referência para Monitoramento de Fontes de Emissões Atmosféricas – PMEAs, aprovado em Resolução de Diretoria CETESB nº 010/2010/P, de 12 de janeiro de 2010, publicado no Diário Oficial Estado de São Paulo - Caderno Executivo I (Poder Executivo, Seção I), Edição nº 120(10), do dia 15/01/2010, Páginas números: 40 a 46.

**Tabela 03 - Frequência e tipo de monitoramento aplicável às fontes listadas no PREFE/2014.**

Fonte	Monitoramento Direto (amostragem em chaminé)				Monitoramento Contínuo			
	MP	SOx	NOx	COVs (HCNM)	MP	SOx	NOx	COVs (HCNM)
Estufas de secagem e cura	NA	*	*	LOR	NA	NA	A	A
Preparo de superfície (lixamento)	LOR	NA	NA	NA	A	NA	NA	NA
Aplicação de selagem	NA	NA	NA	LOR	NA	NA	NA	A
Cabines de Pintura	NA	NA	NA	LOR	NA	NA	NA	A

(\*) utilizar os critérios da guia de melhor tecnologia prática disponível para fontes de combustão

A – Aplicável NA – não aplicável

LOR – Renovação da Licença de Operação

Algumas fontes podem possuir maior frequência de amostragem do que os previstos na tabela acima, devendo neste caso, ser observada sempre a frequência estabelecida no licenciamento.

As emissões de COVs das estufas de secagem e cura, aplicação de selagem e das cabines de pintura devem ser expressas como hidrocarbonetos totais não metanos, devendo preferencialmente ser utilizado o método USEPA 25A para a sua coleta e análise.

As empresas que possuem em suas licenças exigências de valores de emissão expressas em g/m<sup>2</sup> deverão monitorar periodicamente as emissões de COVs (frequência semestral) por meio de balanço de massa, utilizando os critérios do Anexo II deste guia e manter os registros para eventuais solicitações e consultas da CETESB.

A cada renovação da licença de operação realizar amostragens com o objetivo de avaliar a eficiência do tratamento térmico, tratamento catalítico, absorção (via seca ou úmida) ou adsorção com carvão ativado quando ocorrerem mudanças nos equipamentos de processo ou controle, e também, em casos de odor perceptível fora dos limites do empreendimento.

A aplicabilidade de monitoramento contínuo está vinculada a episódios críticos e/ou crônicos de emissões da fonte. Os monitoramentos deverão atender aos critérios do Anexo Único da Decisão de Diretoria da CETESB nº 326/2014/I de 05 de novembro de 2014, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo, Caderno Executivo I, edição nº 124(211) do dia 07/11/15, página 53.

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

#### ANEXO I – DESCRIÇÃO DAS TÉCNICAS PARA A PREVENÇÃO E CONTROLE DAS EMISSÕES PARA A ATMOSFERA

<b>Técnica ou ECP</b>	<b>Poluente</b>	<b>Finalidade</b>
<b>Absorção Via úmida</b>	COV	Os compostos gasosos são dissolvidos num líquido adequado (água ou solução alcalina). Pode efetuar-se a remoção simultânea de compostos sólidos e gasosos. O líquido resultante tem de ser tratado por um processo de tratamento de águas residuárias e a matéria insolúvel é recolhida por sedimentação ou filtração (por exemplo: cabine de pintura com cortina d'água)
<b>Absorção Via seca</b>	COV	Os compostos gasosos são absorvidos em um material poroso como cartuchos de papel
<b>Adsorção com carvão ativado</b>	COVs	Adsorção com carvão ativado é um método de filtragem que utiliza um leito de carvão ativado para remover os contaminantes e impurezas, utilizando adsorção química. O carvão ativado funciona por meio de um processo chamado de adsorção, em que as moléculas poluentes no líquido a ser tratado fica na superfície dos poros do substrato de carbono.
<b>Tratamento Catalítico</b>	COVs	O tratamento catalítico é caracterizado pela destruição de COV sem a presença de chama, a temperaturas entre 200 e 500°C, com a presença de um catalizador.
<b>Tratamento Térmico</b>	COVs	No Tratamento térmico os componentes orgânicos e inorgânicos presentes no ar de exaustão são oxidados e/ou destruídos com a presença de chama, a uma temperatura superior a 750°C. Podem utilizar o poder calorífico do gás a ser tratado e/ou com o uso de combustível gasoso como GLP ou gás natural.

# PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

## GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

---

### ANEXO II

#### ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DE BALANÇO DE MASSA

Este procedimento estabelece critérios para o cálculo das emissões de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) para a atmosfera, originadas no processo de pintura e secagem de carrocerias metálicas de automóveis novos, cabines de caminhões, veículos de uso múltiplo, e carrocerias de veículos utilitários, pick-up e caminhote, trator e ônibus, excluindo veículos agrícolas e/ou máquinas utilizadas na construção civil. Não é aplicável às pinturas em peças plásticas, como por exemplo, para-choques.

#### 1. Princípio:

Estimativa das emissões de COVs por m<sup>2</sup> pintado por meio do balanço de massa entre a quantidade de solventes presentes na tinta utilizada e a quantidade de sólidos fixos. Também estabelece uma relação com a área pintada, criando assim a condição de se observar a eficiência dos produtos utilizados, equipamentos, processos, métodos e eventual abatimento das emissões, dentre as diversas instalações do processo de pintura.

#### 2. Objetivo:

Estimar e quantificar as emissões de COVs provenientes do processo de pintura em empresas automotivas visando atendimento às exigências de licenças ambientais e monitoramento periódico junto à CETESB para fontes novas e existentes.

#### 3. Especificações

Os responsáveis por fontes estacionárias referenciadas neste documento devem atender os seguintes requisitos:

- Manter registros de manutenção para o processo e equipamentos de controle.
- Manter registros mensais de consumo de tintas e solvente que contenham COV de todas as operações de pintura de carrocerias descritas nesta metodologia, incluindo as seguintes informações:
  - Quantidade e tipos de carrocerias pintadas
  - Área total da superfície de cada modelo de veículo produzido
  - Variação da superfície pintada devido a mudança de modelo
  - Consumo de tinta e informação de quantidade de COV
  - Consumo de solvente na purga e limpeza (por tipo)

As informações sobre a quantidade de COVs contida nos produtos utilizados deverão ser fornecidas pelos fornecedores de matérias-primas com base no método “US Environmental Protection Agency (EPA) Method 24 of the Code of Federal Regulations (CFR) Title 40, Part 60, Appendix A”, . A quantidade de COVs deverá constar na Ficha de Informações sobre Produtos Químicos - FISPQ, no campo IX da mesma.

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

A qualquer momento poderá ser solicitada ao fabricante de tintas, a comprovação das informações constantes na FISPQ do produto relativas à quantidade de COVs e método utilizado para medição.

#### 3.1 Determinação da Área Total de Superfície da Carroceria.

A área da superfície da carroceria considerada para o cálculo de COV é somente a área de pintura que passa pelo processo de eletroforese, determinado pelo Departamento de Engenharia de cada montadora.

A qualquer momento poderá ser solicitada à montadora a comprovação das informações relativas à área de pintura e método utilizado para tal medição.

#### 3.2 Cálculo das Emissões de COVs

O cálculo das emissões de COVs para as operações de pintura são baseadas no consumo total de COVs durante um período de tempo.

O cálculo do COV captado e destruído por equipamento de controle deve contemplar a quantidade de COV no estado gasoso captado nas estufas de secagem do processo produtivo, além da eficiência de destruição do equipamento de controle e destruição instalado no processo.

#### 4. Método

A seguinte fórmula é usada para o cálculo das emissões de COV:

$$VE = 1000 \times [ (VC1 \times COV1) + (VC2 \times COV2) + Solv1 + Solv2 \dots - (RS_A + RS_B \dots) ] / [(B1 \times S1) + (B2 \times S2) + \dots]$$

VE = emissão média de COV (g/m<sup>2</sup> por mês)

VC1 = volume de Tinta 1 usada por mês (L); Exemplo: fundo (primer)

COV1 = conteúdo de COV da Tinta 1 (kg/L)

VC2 = volume de Tinta 2 usada por mês (L); Exemplo: esmalte (basecoat)

COV2 = conteúdo de COV da Tinta 2 (kg/L)

Solv1 = peso do Solvente 1 usado por mês (kg); Exemplo: solvente para primer-colorido

Solv2 = peso do Solvente 2 usado por mês (kg); Exemplo: solvente de purga

RS<sub>A</sub> = somatória de solventes capturados na fase de vapor, reciclados ou destruídos por equipamento de controle de COV (kg); Exemplo: emissão de solventes durante a aplicação de tinta

RS<sub>B</sub> = somatória de solventes capturados na fase líquida (kg); Exemplo: purga de solventes ou solvente utilizado para limpeza das linhas de recirculação; A somatória precisa ser o valor líquido dos sólidos medido pelo método usado para se determinar o conteúdo de COV na tinta.

B1 = número de carrocerias do tipo B1 pintadas em um mês

S1 = área de Superfície da carroceria B1 que passa pela eletroforese (m<sup>2</sup>)

B2 = número de carrocerias do tipo B2 pintadas em um mês

S2 = área de Superfície da carroceria B2 que passa pela eletroforese (m<sup>2</sup>)

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE PINTURA

---

#### Notas:

1. Para o apontamento das quantidades de cada um dos fatores e cálculo da fórmula de emissões de COVs, bem como produção mensal e área dos veículos pintados, sugerimos que seja utilizada planilha conforme Anexo II.1 deste guia.
2. Para determinação do conteúdo de COVs das tintas (COV1,COV2,...) deve ser seguido o método descrito no Anexo II.2 deste procedimento, documento esse baseado no “*US Environmental Protection Agency (EPA) Method 24 of the Code of Federal Regulations (CFR) Title 40, Part 60, Appendix A*”.
3. Para a determinação da somatória de solventes capturados na fase de vapor, reciclados ou destruídos por equipamento de controle ( $RS_A$ ), deverá ser utilizado o protocolo de medição conforme Anexo II.3 deste documento, relativo a determinação da quantidade de COV captado nas estufas de secagem e encaminhados para reciclagem ou destruídos em equipamento de controle,
4. Para determinação da eficiência de destruição de equipamentos de controle de emissão de COVs (por exemplo: RTO), deve ser seguido Termo de Referência para Elaboração do Plano de Monitoramento de Emissões Atmosféricas - CETESB, Publicado no Diário Oficial Estado de São Paulo - Caderno Executivo I (Poder Executivo, Seção I), Edição nº 120(10), do dia 15/01/2010, Páginas números: 40 a 46.

Anexo II.1 – Planilha de cálculo de emissões de COVs por área pintada (1/2)

Consulta Pública

# PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

## GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL

## AUTOMOBILÍSTICAS – ATIVIDADES DE

### PINTURA

**Empresa:**  
**Processo:**

**Endereço:**  
**Cidade:**

**Data da Emissão:**  
**Período:**

PROCESSO / MATERIAL	Consumo ltrs	Densidade da Tinta kg/litro	Consumo Total kg	COV % peso	COV Tinta kgs.	Solvente Adicionado litros	Densidade Solvente kg/litros	Total HCT Emitido kgs.	Fator de Emissão	EMISSÃO kgs
<b>Pintura Eletroforetica (E-Coat)</b>										
			0.00		0.00		0.00	0.00		0.00
<b>TOTAL</b>			<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>		<b>0.00</b>

<b>Selantes e Antirruído</b>										
			0.00		0.00		0.00	0.00		0.00
<b>TOTAL</b>			<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>		<b>0.00</b>

<b>Pintura de Fundo (Primer)</b>										
			0.00		0.00		0.00	0.00		0.00
<b>TOTAL</b>			<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>		<b>0.00</b>

<b>Esmalte Base e Verniz</b>										
			0.00		0.00		0.00	0.00		0.00
<b>TOTAL</b>			<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>		<b>0.00</b>

<b>Cera de Cavidade</b>										
			0.00		0.00		0.00	0.00		0.00
<b>TOTAL</b>			<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>		<b>0.00</b>

<b>Material de Reparo</b>										
			0.00		0.00		0.00	0.00		0.00
<b>TOTAL</b>			<b>0.00</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		<b>0.00</b>		<b>0.00</b>

<b>Solvente Consumido</b>					
Limpeza	Consumo Litros	Densidade kg/litros	Quantidade Kilograma	HCT %	Solvente kgs
			0.00		0.00
<b>TOTAL</b>			<b>0.00</b>		<b>0.00</b>



ANEXO II.2

**Método para determinação de material volátil e densidade de revestimentos de superfícies de carrocerias automotivas.**

Este método é usado para determinar o teor de material volátil e densidade de tinta, verniz e laca ou outros revestimentos de superfícies de carrocerias automotivas.

**1. Preparo da amostra**

1.1 Prepare cerca de 100 ml da amostra, se necessário adicionando os compostos, em um jarro de vidro ou recipiente metálico, mas sempre com tampa. O recipiente deve ter volume suficiente para que caiba a amostra, mesmo quando existir a necessidade de adição de compostos. Neste caso, combine os compostos (por peso ou volume) na proporção recomendada pelo fabricante. Feche hermeticamente o recipiente entre as adições e durante a mistura, a fim de prevenir perda de material volátil.

1.2 Imediatamente após o preparo da amostra, pegue aliquotas destes 100 ml de amostra preparada, para a determinação do total de conteúdo volátil, conteúdo de água e densidade.

**2 Conteúdo de Volateis:** Para determinar o conteúdo total de voláteis use o seguinte procedimento:

2.1 Pese e registre o peso de um prato de alumínio, com precisão de 1 mg. Usando uma seringa, adicione de 0,3 a 0,5 g de tinta no prato de alumínio.

2.2 A amostra deve ser levada a estufa de secagem e permanecer pelo mínimo de 1 hora, a temperatura de 110° C.

2.3 Remova o prato de alumínio da estufa e coloque imediatamente em um dessecador para que esfrie até a temperatura ambiente e em seguida efetuar a pesagem com precisão de 1 mg.

2.4 Calcule a quantidade de volateis ( $W_v$ ), conforme a seguinte equação:

$$W_v = (W_1 - W_2)/W_3$$

Onde,

$W_1$  = peso do prato e da amostra antes do aquecimento, em g

$W_2$  = peso do prato e da amostra após o aquecimento, em g

$W_3$  = peso da amostra, em g.

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – PROCESSO DE PINTURA

---

3 Densidade da Tinta: Para determinar a densidade da tinta use o seguinte procedimento:

3.1 Pese e registre o peso de um recipiente de vidro (becker) com volume suficiente para conter 100 ml, com precisão de 1 mg.

3.2 Adicione 100 ml de tinta no recipiente e pese novamente, com precisão de 1 mg

3.3 Calcule a densidade da tinta ( $D_c$ ), conforme a seguinte equação:

$$D_c = (W_b - W_a)/V$$

Onde,

$W_a$  = peso do recipiente, em g

$W_b$  = peso do recipiente e da amostra, em g

$V$  = volume da amostra, em ml.

O unidade da densidade da tinta ( $D_c$ ) é apresentado em g/ml ou kg/litro.

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – PROCESSO DE PINTURA

---

#### ANEXO II.3

#### Protocolo determinação da somatória de solventes capturados na fase de vapor, reciclados ou destruídos por equipamento de controle (RS<sub>A</sub>)

##### **A. Resumo do Método**

A captação de COVs de estufas de pintura é determinada, simulando a perda de COV de uma superfície recém-pintada por diferença de peso antes e após a secagem. Painéis de teste de metal são submetidos a um filme de pintura e em sequência ao "flashoff" e secagem em estufa.

A perda de peso durante a secagem é então relacionada ao volume de sólidos depositados sobre os painéis de teste para calcular um controle de carga de entrada do dispositivo em gramas de COV por litro de tinta aplicada.

Este método é usado para determinar a quantidade de COV que segue para o dispositivo de controle usados em uma operação de pintura e acabamento. As variações apenas para este protocolo são de que o painel de testes tem lugar na linha de pintura durante a pintura real do veículo e o seu processo de secagem. As tintas utilizadas são transferidas por propelente a base de água e / ou solvente. Uma amostra de cada tinta avaliada é coletada para determinação da densidade de sólidos.

##### **B. Procedimento de Teste**

###### **1. Colocação do painel / Determinação do Peso**

Painéis de aço limpos e secos previamente pesados, e com dimensões 0,10m x 0,30m ("*electrocoated*", tamanho 4" x 12", são colocados em um suporte na carroceria de um veículo, onde ocorrerá a aplicação de pintura. A carroceria é pintada como uma unidade de produção típica. O sistema de transporte de carrocerias deve ser parado pouco antes da carroceria entrar na estufa. Nesta fase, os painéis são cuidadosamente retirados, pesados imediatamente em uma balança analítica, e depois voltam a carroceria para secar na estufa. Depois de sair da estufa, os painéis são removidos da carroceria e após resfriamento, novamente são pesados na mesma balança analítica. Além disso, a espessura média de cada revestimento aplicado é determinado. A espessura do filme deve ser medida com um instrumento apropriado, como um "Elcometer" ou "Dualscope".

###### **2. Captura na Estufa**

Os seguintes cálculos são usados para expressar o COV captado na estufa por litro de sólidos aplicados.

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – PROCESSO DE PINTURA

---

Peso de sólidos de tinta aplicado = peso do painel pintado após secagem em estufa menos o peso do painel antes da aplicação de tinta.

$$WPS = W2 - W$$

onde:

WPS = Peso de sólidos da pintura aplicada, g

W = Peso do painel antes da aplicação de tinta, g

W2 = Peso do painel (BC/CC or Cor sólida) após sair da estufa de secagem e resfriamento apropriado, g

Peso de COV disponível para o controle (captado) é igual à massa do painel no ponto em que todo o ar de escape é exaurido para o dispositivo de controle, menos a massa do painel no ponto que o ar de exaustão não é mais ventilado para o dispositivo de controle (depois da estufa de cura). Para pinturas a base de água, a massa de água é subtraída da perda de massa total

$$WSA = W1 - W2, \text{ para pinturas base solvente } \text{ ou}$$

$$WSA = [W1 - W2] - [(W4 - W3) * \%H_2O_{\text{corr}}/100], \text{ para pintura base água onde:}$$

WSA = Massa do COV disponível para controle (captado), g

W1 = Massa do painel (BC/CC ou Cor Sólida) antes de entrar na estufa de cura, g

W2 = Massa do painel (BC/CC or Cor Sólida) após sair da estufa de cura e apropriadamente resfriada, g

W3 = Massa do painel (Somente base água) antes da aplicação de tinta, g

W4 = Massa do painel (Somente base água) antes de entrar na cabine de pintura de verniz, g

$\%H_2O_{\text{corr}}$  = Porcentagem de água na amostra de tinta corrigida para o branco, (massa,  $H_2O$ /massa, Tinta)

Calculo de quilograma de COV disponíveis para o controle por litro de sólidos de revestimento aplicado para cada painel medido:

$$CDL = WSD * WSA / WPS$$

onde:

CDL = Credito de Captação na estufa, kg COV captados/litro de sólidos aplicado

WSA/WPS = Massa de COV disponível para controle/massa de sólidos aplicados, g/g

WSD = Densidade média de Sólidos pesados, kg sólidos/litro sólidos

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – PROCESSO DE PINTURA

---

#### D. REQUISITOS DE TESTE

##### 1. Frequência de Certificação

O dispositivo de controle de escape da estufa de cura de COV deve ser determinado por um teste de conformidade inicial. O proprietário /operador deve rever as condições operacionais anualmente.

Os resultados dos testes mais recentes, mantem-se validos até que o proprietário/operador demonstre que não ocorreram mudanças significativas na tecnologia ou processo de pintura. Variações anuais nas cores ou ajustes menores na mistura de solventes referntes ao processo, qualidade ou outras razões, **não constituem mudanças significativas na tecnologia de pintura**. Mudanças significativas no processo, podem incluir alterações de tubulações para os oxidadores (pós queimadores) ou alterações de grande porte nas cabines de pintura, tuneis de "flash off" ou estufas.

##### 2. Equipamento

Use pelo menos três painéis de alumínio ou de aço fino com uma área mínima de 24 polegadas quadradas (154,8 cm<sup>2</sup>) para cada tinta avaliada (48 polegadas quadradas ~310 cm<sup>2</sup> de preferência). As folhas devem ser de 1,5cm maior em tamanho do que a área a ser pulverizada para facilidade de manuseio.

Para medições da massa do painel, utilizar uma balança com precisão de 0.01g

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – PROCESSO DE PINTURA

---

#### ANEXO III DEFINIÇÕES PARA EFEITO DESTA GUIA

- Área Total de Superfície de Carrocerias: É a superfície da carroceria a ser pintada (também conhecida como área de eletroforese).
- Automóvel - Veículo de Passeio: Veículo automotor, destinado ao transporte de passageiros, com capacidade para até oito pessoas, incluído o condutor.
- Caminhão: Veículo automotor com ou sem chassi, com peso total maior que 2727 kg, projetado para o transporte de carga.
- Veículo Utilitário: Veículo automotor para o transporte de carga ou de mais de oito pessoas com peso total menor que 2727 kg.
- Pick-Up – Caminhonete: Veículo destinado ao transporte de carga com peso bruto total de até 3.500 kg.
- Trator – Ônibus: Veículo automotor destinado a tracionar, arrastar outro ou transporte coletivo com capacidade para mais de 20 passageiros.
- Veículo agrícola e/ou utilizado na construção civil: Veículo automotor ou não, destinado a uso exclusivo na agricultura ou na construção civil,
- Carroceria: Corpo ou estrutura de veículo automotor, seja este automóvel, caminhão, veículo de uso múltiplo, veículo utilitário, pick-up, trator ou ônibus, incluindo partes externas como pára-choques, portas, guarda-corpos, teto, assoalho, chassi e peças metálicas ou plásticas incorporadas antes de serem pintadas, contanto que sejam pintadas na mesma linha de aplicação.
- Compostos Orgânicos Voláteis (COVs): Pela abrangência dada a esta definição que inclui tanto compostos orgânicos quanto as misturas em diversas proporções com tais compostos, deverá ser considerado como COV todo composto orgânico exceto metano (CH<sub>4</sub>). As emissões de COVs consideradas neste procedimento são baseadas somente nas emissões geradas dentro da unidade industrial do processo de pintura de carrocerias automotivas.
- Equipamento de Controle e Abatimento: Dispositivo ou grupos de dispositivos utilizados para a redução de emissões de poluentes para a atmosfera.
- Fonte Existente: A instalação designada para a pintura de carrocerias de veículos novos em uma fábrica, em operação anterior à data de efetivação desta metodologia.
- Novas Fontes: Instalação designada para a pintura de carrocerias de veículos novos em uma fábrica, planejada e aprovada para instalação pelas autoridades, após a data de efetivação desta metodologia.

## PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE FONTES ESTACIONÁRIAS

### GUIA DE MELHOR TECNOLOGIA PRÁTICA DISPONÍVEL AUTOMOBILÍSTICAS – PROCESSO DE PINTURA

---

- Pintura: Um fino filme, protetor ou decorativo aplicado à carroceria do veículo.

As operações de pintura controladas neste procedimento incluem os seguintes processos:

- Desengraxe (Pré-limpeza) de carrocerias: Operação usada para remover impurezas como graxas, lubrificantes e poeira.
- Pré-tratamento (Fosfato): Tratamento dado para a superfície metálica da carroceria, voltado a proteger a mesma da oxidação – em geral, é utilizado fosfato de níquel ou zinco para este tratamento.
- Eletroforese (Eletrocoat): Processo de pintura por imersão, utilizando um campo elétrico para efetuar a deposição de materiais resinosos na carroceria do veículo. Nesse processo, a peça a ser pintada age como um eletrodo com a carga oposta a partícula do produto contido no tanque de imersão.
- Selantes (Sealers): aplicação de massa selante a base de celulose.
- Fundo Nivelador (Primer de Superfície): Pintura protetiva entre o processo de eletroforese e aplicação de esmalte.
- Esmalte (Basecoat): Pintura inicial provida da cor final, formada por uma resina pigmentada durável, a qual pode ser curada ao longo da pintura de verniz transparente.
- Verniz Transparente (Clearcoat): Pintura final, formada por uma resina clara provendo suavidade, alto brilho e durabilidade à superfície.
- Purga: Operação de limpeza do sistema de aplicação quando resíduos de pintura são expelidos, permitindo assim a mudança de cor no sistema.
- Reparo final: Pintura para correção de falhas ou imperfeições no final, após montagem do veículo.