



SPTECH

**PROFESSOR: CLÁUDIO FRIZZARINI**

# **MONITORAMENTO EFICIENTE DA EMISSÃO DE GASES POLUENTES EM FÁBRICAS DE PINTURA AUTOMOTIVA**

**Nome dos integrantes: Bruno Araújo, Eduardo Almeida, Ian Medeiros,  
Leandro Robatino, Phelipe Bruione e Victor Costa**

**SÃO PAULO**

**2024**

**SUMÁRIO**

**1. CONTEXTO .....3**

**3. JUSTIFICATIVA.....7**

**4. ESCOPO.....7**

**4.1 Descrição resumida do projeto .....7**

**4.2 Resultados esperados.....8**

**4.3 Requisitos .....9**

**4.5 Restrições.....9**

**4.6. PREMISSAS .....10**

## 1. CONTEXTO

A preocupação a respeito de cuidados com a atmosfera se encontra em constante crescimento nos últimos tempos, com a chegada de novos produtos e tecnologias, acompanha-se com a chegada de novas fontes de emissão de poluentes. A região metropolitana de São Paulo é uma das áreas mais críticas de poluição do ar, devido principalmente o crescimento desordenado verificado na Capital e nos municípios vizinhos que levou a instalação de indústrias de grande porte, sem o cuidado com o controle da emissão de poluentes atmosféricos (CETESB, 2017). Para controle dessas emissões, diversas leis e órgãos ambientais se instalaram durante os anos, sendo a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), atuando diretamente no controle de emissões efetuadas no estado de São Paulo.

Inicialmente, embora em São Paulo não existisse uma legislação adequada para que esses órgãos Ambientais pudessem atuar de forma efetiva, desenvolveu-se uma atividade para pontuar as principais fontes de emissões atmosféricas em um programa denominado “Operação Branca”, organizado pela CETESB. Apenas em 1976, a partir da promulgação da Lei 997/76 que foi se aplicado um programa para redução das emissões de materiais particulados (sólidos bem pequenos presentes na atmosfera, devido a reações no ar por conta da presença de gases poluentes) e de SO<sub>2</sub>, gás emitido de indústrias que utilizam principalmente o enxofre em seus processos, geralmente sendo utilizado em fertilizantes, conservantes para indústria alimentícia ou na queima de combustíveis.

Diversos gases atualmente se classificam como poluentes atmosféricos, porém o seguinte trabalho abordará principalmente a emissão de gases COV (Compostos Orgânicos Voláteis) em fabricas de pintura automotiva.

O COV, é definido pela norma ASTM D 3960 (norma essa que define a quantidade de composto orgânico volátil em tintas e revestimentos), como sendo qualquer composto orgânico que participa de reações fotoquímicas na atmosfera. As tintas, principalmente aquelas de base solvente - as mais utilizadas na pintura automotiva -, como tintas metálicas, poliuretânicas, poliéster e os produtos usados na pintura, como solventes para diluição dessas tintas, emitem na atmosfera hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos (compostos orgânicos constituídos de carbono), os quais contribuem na formação do ozônio troposférico (conhecido como “smog” fotoquímico), que tem efeitos prejudiciais à saúde e meio ambiente.

A formação do smog, também conhecida como névoa fotoquímica (basicamente aquele efeito acinzentado observado em grandes cidades) se dá principalmente pela combinação dos COV com óxidos de nitrogênio presentes na atmosfera, a radiação UV e calor.



Figura 1 – Representação do smog fotoquímico.

Por sua vez, no Estado de São Paulo os COVs são classificados de acordo com seu ponto de ebulição. O Plano de Monitoramento e Emissões Atmosféricas classifica os compostos orgânicos que apresentam volatilidade em dois grupos, sendo eles: os compostos voláteis (quando o ponto de ebulição varia de 30 a 120°C) e os compostos semi-voláteis (quando o ponto de ebulição varia de 120 a 300°C). Portanto, para o Estado de São Paulo os COVs são os compostos orgânicos com ponto de ebulição de até 120°C (CETESB, 2010).

Dentro dessa perspectiva, é importante apontar que um dos setores industriais que mais contribuem para emissão de COVs na atmosfera é justamente o setor automotivo de fabricação de veículos leves. Pois durante o processo de pintura automotiva que ocorre na linha de montagem dessa indústria, é liberada uma imensa quantidade de COV na atmosfera.

Segundo o Plano de Redução de Fontes Estacionárias – PREFE, elaborado pela CETESB em 2017:

**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.

Nesse mesmo sentido o Plano de Redução de Fontes Estacionárias – PREFE determina a adoção de um sistema de gestão ambiental (SGA) que visa a melhoria contínua das instalações dentro do processo de pintura da indústria automobilística.

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 por rede para atender cada tipo de 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 temperatura, tempo de operação etc.

**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 parachoques e outras peças plásticas.

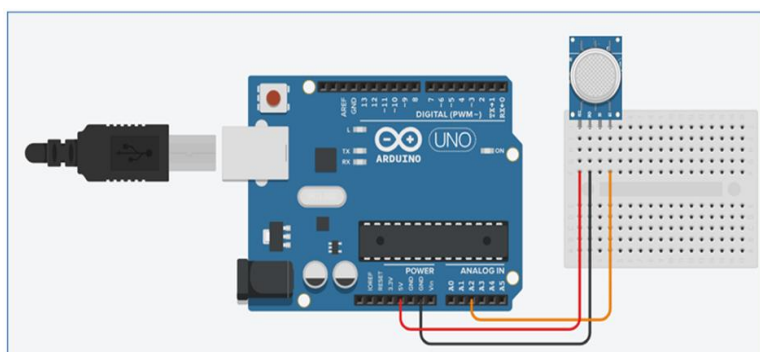
**Tabela 02 – Valores de referência para MTPD para processos de pintura em indústrias automobilísticas**

Atividade	Valor de referência de MTPD	
	Instalações licenciadas antes de 2007	Instalações licenciadas a partir de 2007
Automóveis	< 60 g/m <sup>2</sup>	45 a 15 g/m <sup>2</sup>
Cabine de caminhões, carrocerias de veículos utilitários, pick-up e caminhonete	90 g/m <sup>2</sup>	70 g/m <sup>2</sup>
Ônibus, Trator e veículos agrícolas e/ou utilizados na construção civil	225 g/m <sup>2</sup>	150 g/m <sup>2</sup>

Limites de emissão de COV por metro quadrado pintado

Assim 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 e manter os registros para eventuais solicitações e consultas da CETESB.** Para que elas não corram um sério risco de ter a sua licença ambiental de operação negada.

O sensor MQ-2 é um sensor analógico que detecta a presença de gases inflamáveis e fumaça no ambiente, seu uso pode ser adaptado para verificar a presença de COV, uma vez sua composição contém gases inflamáveis.



Arquitetura MQ-2 - Entrada analógica

O MQ-2 detecta concentrações de gás no ar, a faixa de sensibilidade de concentração está entre 300ppm e 10.000ppm. Dessa forma, ao ser instalado dentro do sistema de exaustão da cabine de pintura, o sensor irá medir com precisão a real eficiência dos métodos de controle de emissão de COV. Garantindo que a Fábrica verifique em tempo real se suas emissões de

COV estão dentro dos parâmetros regulatórios. E, caso não estejam, a montadora poderá adotar medidas imediatas e emergenciais para melhorar seus sistemas de controle de emissão de COV.

## 2. OBJETIVO

Realizar a instalação de sensores MQ-2 nos exaustores das cabines de pintura e estufas de secagem das montadoras de veículos leves localizadas no Estado de São Paulo, com intuito de monitorar a emissão de gases COV (compostos orgânicos voláteis) para montadoras de veículos que realizam o processo de pintura automotiva, fornecendo dados cruciais para sua tomada de decisão.

## 3. JUSTIFICATIVA

O monitoramento da liberação de compostos orgânicos voláteis (COV) durante o processo de pintura automotiva é essencial para assegurar a conformidade regulatória, onde é estabelecido pela LEI Nº 997, DE 31 DE MAIO DE 1976 sanções para empresas que emitirem gases poluentes na atmosfera sem o devido tratamento além da **perda do licenciamento ambiental operacional** previamente estabelecido pela CETESB para indústrias que realizam atividades que ocasionam a emissão desses gases, **podendo ocasionar um grande prejuízo de até R\$353.600,00 a empresa.**

## 4. ESCOPO

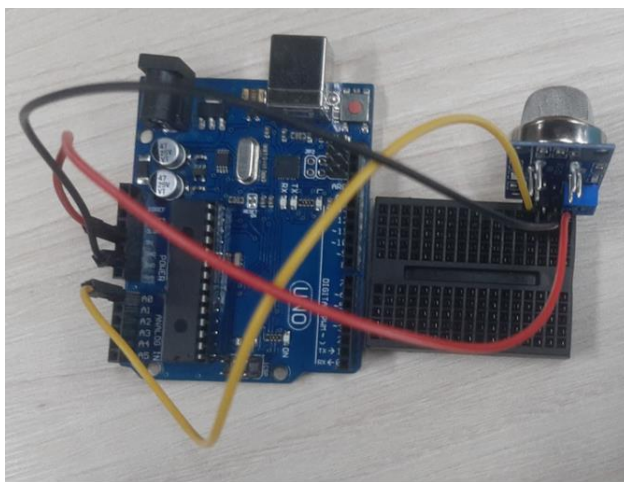
### 4.1 Descrição resumida do projeto

Como detalhado junto ao tópico do contexto, o presente projeto tem como objetivo monitorar a eficiência dos processos de controle de emissão de COVs – Compostos Orgânicos Voláteis – durante o processo de pintura automotiva, nas fábricas que atuam dentro do Estado de São Paulo.

O processo de pintura de carrocerias automotivas é responsável por, aproximadamente, 70 a 90% do total de emissões de COV dentro desse segmento, segundo o Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias – PREFE da CETESB. Ocorre que os COVs, compostos orgânicos voláteis, são, como o próprio nome sugere, gases voláteis, que ao serem lançados na atmosfera geram reações químicas acabam contribuindo na formação do ozônio troposférico (conhecido como “smog” fotoquímico), que tem efeitos prejudiciais à saúde e meio ambiente.

**Artigo 35** — Toda fonte de poluição do ar deverá ser provida de sistema de ventilação local exaustora e o lançamento de efluentes na atmosfera somente poderá ser realizado através de chaminé, salvo quando especificado diversamente neste regulamento ou em normas dele decorrentes.

Assim, será instalado o sensor de gás inflamável Mq-2, dentro do exaustor que lança os efluentes na chaminé, com o objetivo de captar e registrar os níveis de COVs resultantes do processo de pintura automotiva.



**Figura 2 – Sensor de Gás MQ-2**

Esses dados serão captados, enviados e compilados em nosso website institucional, para consulta posterior do cliente. Essas informações servirão para verificar se os níveis de COVs lançados na atmosfera estão dentro dos padrões regulatórios, que atualmente limitam as emissões em 45 gramas de COV por metro quadrado pintado. Medindo assim, a eficiência dos métodos de controle de emissão adotados pela montadora automotiva.

#### **4.2 Resultados esperados**

Nessa perspectiva, esperamos desenvolver um website com as melhores tecnologias disponíveis de FrontEnd, BackEnd e banco de dados. Integrando APIs de visualização de gráficos em dashboard e compilação de dados. Este site ficará hospedado na internet, para ser acessado pelo contratante, através da utilização de login e senha. Após a validação do login o contratante terá acesso aos dados coletados pelos nossos sensores de gás inflamável Mq-2 instalados em sua fábrica, podendo verificar se os níveis de emissão de COVs, estão dentro dos padrões regulatórios ambientais.

Em relação ao nosso **diagrama de visão de negócio**, foi adotado a seguinte sistemática.



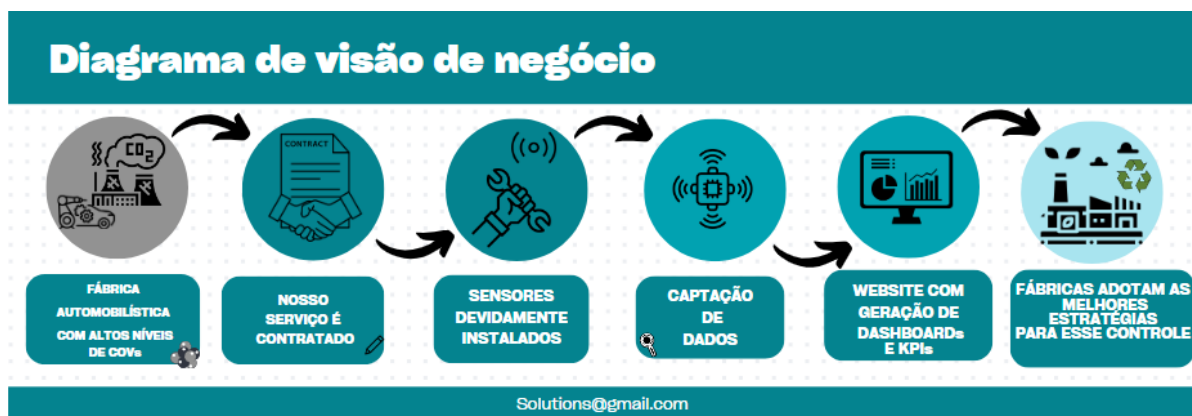


Figura 3 – Diagrama de visão de negócio

### 4.3 Requisitos

O presente projeto pretende instalar, entre 3 e 4 sensores Mq-2 dentro do sistema de exaustão das cabines de pintura e estufas de secagem da montadora de veículos contratante, para captar os dados de emissão.

Na outra ponta de atuação, abaixo na imagem, está a lista de requisitos colocadas no backlog que são necessários para a realização e conclusão do projeto.

Projeto EnviroSense - Backlog		
Requisitos	Descrição	Classificação
Aplicação WEB	Tela Inicial, Tela de Login, Tela de Cadastro, Tela de Recuperação de Senha, Simulador Financeiro, Sobre Nós, Dashboard.	Essencial.
Tela Inicial	Título do Projeto, Descrição Sobre o Projeto.	Essencial.
Tela de Login	Campo de Usuário/E-mail, Campo de Senha, Botão de Visualizar Senha, Botão de Recuperação de Senha, Botão de Login, Botão de Cadastro.	Essencial.
Tela de Cadastro	Campo de Usuário, Campo de E-mail, Campo de Senha, Campo de Confirmar Senha, Botão de Visualizar Senhas, Botão de Confirmar Cadastro.	Essencial.
Tela de Recuperação de Senha	Campo de E-mail, Botão de Recuperar Senha, Campo de Confirmação de Código.	Essencial.
Simulador Financeiro	Aplicação para simular o risco de perdas e multas.	Importante.
Site Institucional	Informações Sobre a Solução, Informações Sobre os Desenvolvedores, Informações Sobre o Segmento.	Importante.
Dashboard	Estatísticas, Gráficos, Projeções dos dados captados.	Essencial.
Documentação	Contexto, Objetivo, Justificativa, Escopo, Premissas / Restrições, Requisitos, Diagrama de Visão de Negócio, Protótipo da Aplicação WEB, Projeto Configurado no GitHub.	Essencial.
Contexto	Explicação do Problema, Explicação do Mercado, Explicação da Solução.	Essencial.
Objetivo	Pontos a Serem Alcançados.	Essencial.
Justificativa	Dados de Lucratividade, Dados de Economia.	Essencial.
Escopo	Limites, Regras, Conteúdos do Projeto.	Essencial.
Premissas / Restrições	O que será necessário para executar o Projeto, O que será restrito no Projeto.	Essencial.
Requisitos	Todo o conteúdo a ser desenvolvido no Projeto.	Essencial.
Diagrama de Visão de Negócio	Diagrama para facilitar o entendimento da Solução.	Importante.
Banco de Dados	Tabela de Dados dos Sensores, Tabela de Dados dos Clientes, Modelagem Lógica do Projeto.	Essencial.
Trello	Sistema para organizar o desenvolvimento de continuidade do Projeto.	Importante.
VM Local	Máquina Virtual Local com Linux para testes, Banco de Dados na VM local.	Essencial.
Planilha de Risco do Projeto		Importante.
Diagrama de Solução	Diagrama para facilitar o entendimento técnico da Solução.	Importante.

### 4.5 Restrições

O projeto deverá ser entregue, impreterivelmente, até dia 02 de dezembro de 2024.

A solução proposta somente é aplicável as montadoras automotivas instaladas dentro do Estado de São Paulo, uma vez que nossos parâmetros de medição irão seguir a Legislação Estadual vigente.

Deverão ser seguidas pelo contratante todas normativas contempladas pela Resolução CONAMA n° 282/2006, bem como pelo Decreto Estadual n° 8.468/76 e n° 59.113/13, além do regulamento específico de emissão de COV estabelecido perante o Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias – PREFE – elaborado pela CETESB.

Imperioso salientar outrossim, que as medições dos nossos sensores não substituem as medições realizadas dentro dos padrões estabelecidos pelo PMEA – Plano de Monitoramento de Emissões Atmosféricas. Portanto, não podem ser usadas para fins de fiscalização da CETESB. Assim, as medições realizadas pelos Métodos da USEPA 18 ou 25A, ainda se mostram indispensáveis para fins de fiscalização ambiental.

#### **4.6 PREMISSAS**

**Sistema de Exaustão** - Para realização das medições dentro de área fabril, é necessário que nosso cliente disponha de um sistema de exaustão para captura dos gases COV, de acordo com Art. 35 do Decreto Estadual n° 8.468/76.

**Infraestrutura de T.I-** Será necessário a disponibilidade de rede Wi-Fi e acesso a computadores para captação dos dados na utilização do nosso sistema.

**Equipamentos:** A empresa é responsável na compra dos sensores de gás pertinentes ao projeto (Modelo do sensor: MQ-2) e do Arduino (Modelo: Arduino Uno R3).

**Manutenção do sistema:** Nossa empresa será responsável por fazer a manutenção do sistema oferecido ao nossos clientes.

## **5. BIBLIOGRAFIA**

**Lei dos Crimes Ambientais - [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9605.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm)**

**Infrações Administrativas - [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm)**

**Resolução CONAMA 382/06 - [https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=510](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=510)**

**Decreto Estadual n. 8.468/76 - <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>**

**Monografia referente a emissão de poluentes durante processo de pintura automotiva. - <https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2020/11/Sarah-Sasaki-Jurkevicz-TCC-T2-versao-final.pdf>**

**Estudo CETESB - <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2021/04/Estudo-dos-compostos-organicos-volateis-COVs-na-atmosfera-do-municipio-de-Paulinia-SP.pdf>**

**Emissão de VOC no processo de fabricação de tintas - <https://tintasepintura.pt/cov/>**

**Diretiva da União Europeia sobre emissão de VOC - <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A31999L0013>**

**Instrução Técnica n. 30 CETESB - <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/wp-content/uploads/sites/32/2020/01/Instrucao-Tecnica-no-30-Criterios-para-Valoracao-de-Multa.pdf>**

**Decreto Estadual 59.113/13 -**

**<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59113-23.04.2013.html>**

**Guia PREFE – CETESB - <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2015/09/GUIA-PREFE-020517.pdf>**

**Metodologia de aferição de chaminé industrial - <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2017/05/Aprovado-primeiro-produto-da-Camara-Ambiental-da-Industria-Citrica.pdf>**