



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	2
2. OBJETIVO.....	7
3. JUSTIFICATIVA.....	7
4. ESCOPO.....	7
5. PREMISSAS	9
6. RESTRIÇÕES	9
7. METODOLOGIA UTILIZADA	10
8. BACKLOG.....	10
9. DIAGRAMA DE VISÃO DE NEGÓCIO	11
10. DIAGRAMA DE SOLUÇÃO/TI.....	12
11. FERRAMENTAS DE GESTÃO.....	12
12. PLANILHA DE RISCOS.....	14

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 SO₂, 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 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 não incluem a pintura de para-choques e outras peças plásticas.

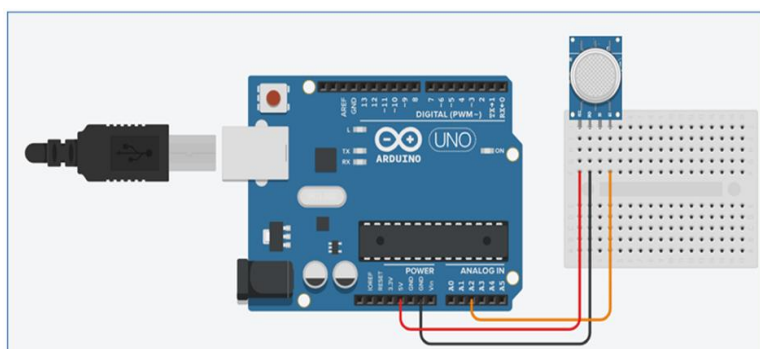
Tabela - Valores de Referência para processos de pinturas em indústrias automobilísticas

Atividade	Valor de Referência MTPD
Automóveis	45 a 15 g/m ²
Cabine de caminhões, carrocerias de veículos utilitários, pick-up e caminhonete	70 g/m ²
Ônibus, tratores e veículos agrícolas e/ou utilizados em construção civil	150 g/m ²

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/m² **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

Monitorar a emissão de gases COV (compostos orgânicos voláteis) para montadoras de veículos que realizam o processo de pintura automotiva com intuito de evitar altas liberações de gases poluentes na atmosfera, o que resultaria em altas multas e até a perda da licença segundo a lei LEI Nº 997, DE 31 DE MAIO DE 1976, fornecendo dados cruciais para a tomada de decisão.

3. JUSTIFICATIVA

Evitar uma alta liberação de COV na atmosfera por parte das empresas de pintura automotiva, evitando assim uma multa de até **R\$353.600,00 podendo ocasionar um grande prejuízo a empresa e até correr o risco de perda da licença e ocorrer o fechamento da fábrica como informa a LEI Nº 997, DE 31 DE MAIO DE 1976**, assim gerando um sistema mais sustentável para as empresas.

4. ESCOPO

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.

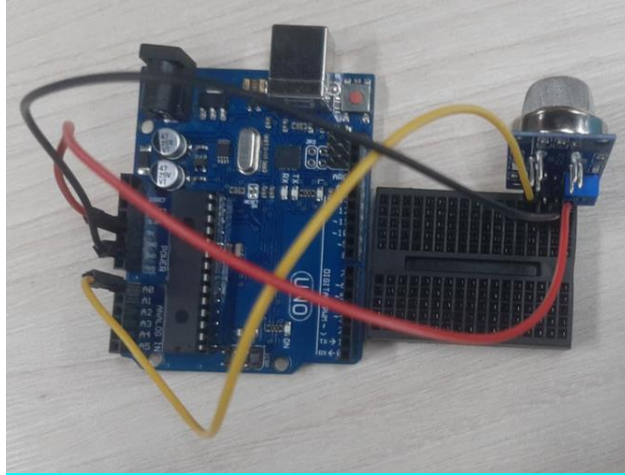


Figura 2 – Sensor de Gás MQ-2

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.

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.

O presente projeto ocorrerá com a instalação de 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.

5. 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 nº 8.468/76.

Infraestrutura de T.I- Será necessário a disponibilidade de rede Wi-Fi de 20M, computadores para captação dos dados na utilização do nosso sistema, também é necessário energia para eles.

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 aos nossos clientes.

6. RESTRIÇÕES

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

A solução proposta somente é aplicável as montadoras automotivas instaladas dentro do Estado de São Paulo, que possuem licença de operação nos padrões da CETESB adquiridos a partir do ano de 2007, uma vez que nossos parâmetros de medição irão seguir a Legislação Estadual vigente.

Deverão ser seguidas pelo contratante todas normativas contempladas pela Resolução CONAMA nº 282/2006, bem como pelo Decreto Estadual nº 8.468/76 e nº 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.

7. METODOLOGIA UTILIZADA

Para a realização desse projeto, foi adotada a metodologia **Scrum**, contendo todos os artefatos utilizados na metodologia (Daily diária com a equipe, Sprint Review com o cliente, Sprint Retrospective da equipe, Product Backlog e Sprint Backlog).

8. BACKLOG

Na construção desse projeto, segue abaixo a foto do Product Backlog, contendo o gráfico de Burndown para medir a produtividade/entrega da equipe e do Sprint Backlog.

Projeto EnviroSense - Backlog									
Requisitos	Descrição	Classificação	Responsável	Tamanho	Tam (#)	Prioridade	Status	Sprint	
Aplicação WEB	Tela Inicial, Tela de Login, Tela de Cadastro, Tela de Recuperação de Senha, S	Essencial	Leandro	GG	21	1	Em andamento	SP3	
Tela Inicial	Título do Projeto, Descrição Sobre o Projeto.	Essencial	Leandro	M	8	2	Ok	SP2	
Tela de Login	Campo de Usuário/E-mail, Campo de Senha, Botão de Visualizar Senha, Botã	Essencial	Leandro	G	13	1	Ok	SP2	
Tela de Cadastro	Campo de Usuário, Campo de E-mail, Campo de Senha, Campo de Confirmar	Essencial	Leandro	G	13	2	Ok	SP2	
Tela de Recuperação de Senha	Campo de E-mail, Botão de Recuperar Senha, Campo de Confirmação de Cód	Essencial	Leandro	GG	21	3	Não feita	SP3	
Simulador Financeiro	Aplicação para simular o risco de perdas e multas.	Importante	Bruno	M	8	2	Ok	SP1	
Site Institucional	Informações Sobre a Solução, Informações Sobre os Desenvolvedores, Inform	Essencial	Leandro	M	8	3	Ok	SP1	
Dashboard	Estatísticas, Gráficos, Projeções do dados captados.	Essencial	Victor	G	13	1	Em andamento	SP3	
Documentação	Contexto, Objetivo, Justificativa, Escopo, Premissas / Restrições, Requisitos, t	Essencial	Phelipe	GG	21	1	Ok	SP1	
Contexto	Explicação do Problema, Explicação do Mercado, Explicação da Solução.	Essencial	Phelipe	G	13	1	Ok	SP1	
Objetivo	Pontos a Serem Alcançados.	Essencial	Phelipe	P	5	1	Ok	SP1	
Justificativa	Dados de Lucratividade, Dados de Economia.	Essencial	Phelipe	P	5	1	Ok	SP1	
Escopo	Limites, Regras, Conteúdos do Projeto.	Essencial	Phelipe	M	8	1	Ok	SP1	
Premissas / Restrições	O que será necessário para executar o Projeto, O que será restrito no Projeto.	Essencial	Phelipe	G	13	1	Ok	SP1	
Requisitos	Todo o conteúdo a ser desenvolvido no Projeto.	Essencial	Phelipe	G	13	1	Ok	SP1	
Diagrama de Visão de Negócio	Diagrama para facilitar o entendimento da Solução.	Importante	Ian	M	8	2	Ok	SP1	
Banco de Dados	Tabela de Dados dos Sensores, Tabela de Dados dos Clientes, Modelagem Lo	Essencial	Eduardo	G	13	1	Ok	SP3	
Trello	Sistema para organizar o desenvolvimento de continuidade do Projeto.	Importante	Victor	PP	3	3	Ok	SP1	
VM Local	Máquina Virtual Local com Linux para testes, Banco de Dados na VM local.	Essencial	Leandro	G	13	1	Em andamento	SP2	
Planilha de Risco do Projeto	Visualização dos possíveis riscos que podem afetar o projeto e seus devidos r	Essencial	Victor	P	5	2	Ok	SP2	
Diagrama de Solução	Diagrama para facilitar o entendimento técnico da Solução.	Essencial	Ian	M	8	2	Em andamento	SP2	
Manual de Instalação		Desejável	Bruno	M	8	2	Não feita	SP3	

Figura 3 – Product Backlog.

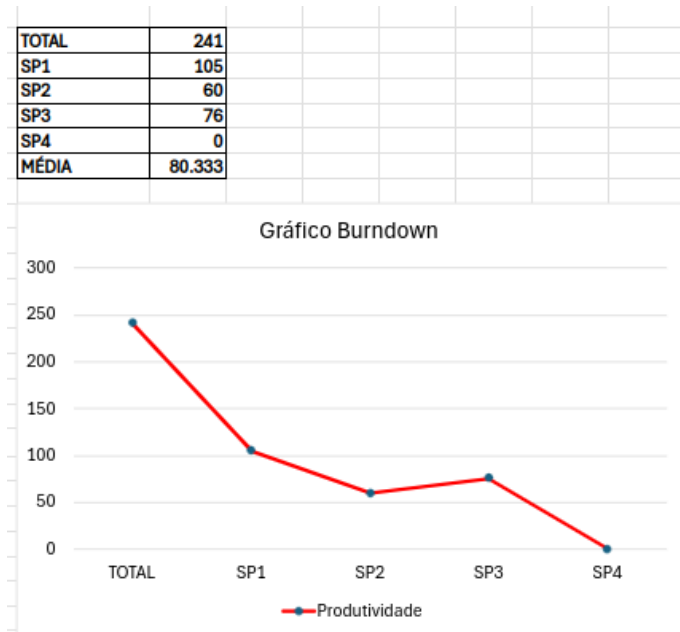


Figura 4 – Gráfico Burndown.

Projeto EnviroSense - Sprint2 Backlog			
Requisitos	Descrição	Classificação	Status
Projetos atualizado no GitHub / Documentação do Projeto Atualizada	Atualização constantes dos projetos (Documentação e GitHub)	Essencial.	Em andamento
Planilha de Riscos do Projeto	Avalia e mapeia os riscos que o seu projeto pode ter	Essencial.	Ok
Especificação da Dashboard	Quais Dashboards serão escolhidas para o projeto	Essencial.	Em andamento
Site Estático Institucional – Local em HTML/CSS/JavaScript	Criação do site estático institucional da empresa	Essencial.	Ok
Site Estático Dashboard (Gráfico com ChartJS) - Local	Criação do site com as dashboards contendo dados do sensor	Essencial.	Em andamento
Site Estático Cadastro e Login – Local (com conceito de repetições)	Criação do site com tela de cadastro e login para o cliente	Essencial.	Em andamento
Diagrama de Solução (Arquitetura Técnica do Projeto)	Diagrama mostrando a solução técnica do seu projeto	Essencial.	Ok
Atividades organizadas na ferramenta de Gestão (Sprints / Atividades)	Organização das tarefas do time de acordo com a sprint	Essencial.	Ok
BackLog da Sprint (Demanda, Pontuação, Prioridade)	Levantamento de requisitos do backlog	Essencial.	Ok
Modelagem Lógica do Projeto v1	Modelagem de relacionamento entre as tabelas do BD	Essencial.	Ok
Script de criação do Banco / Tabelas criadas em BD local	Criação das tabelas e scripts	Essencial.	Ok
Simular a integração do Sistema (utilização do Sensor + Gráfico)	Integração do sistema ao sensor de gás	Essencial.	Ok
Usar API Local / Sensor	Utilização da API para captação de dados	Essencial.	Ok
Instalar MYSQL na VMLinux e inserção de dados do Arduino no MySQL na mesma máquina	Conexão com o MYSQL na VM para inserção de dados	Essencial.	Ok
Validar a solução técnica	Validação do diagrama de solução	Essencial.	Em andamento

Figura 5 – Sprint Backlog.

9. DIAGRAMA DE VISÃO DE NEGÓCIO

Segue abaixo uma imagem contendo o nosso diagrama de visão de negócio, mostrando de forma clara para o cliente como funcionará o nosso negócio

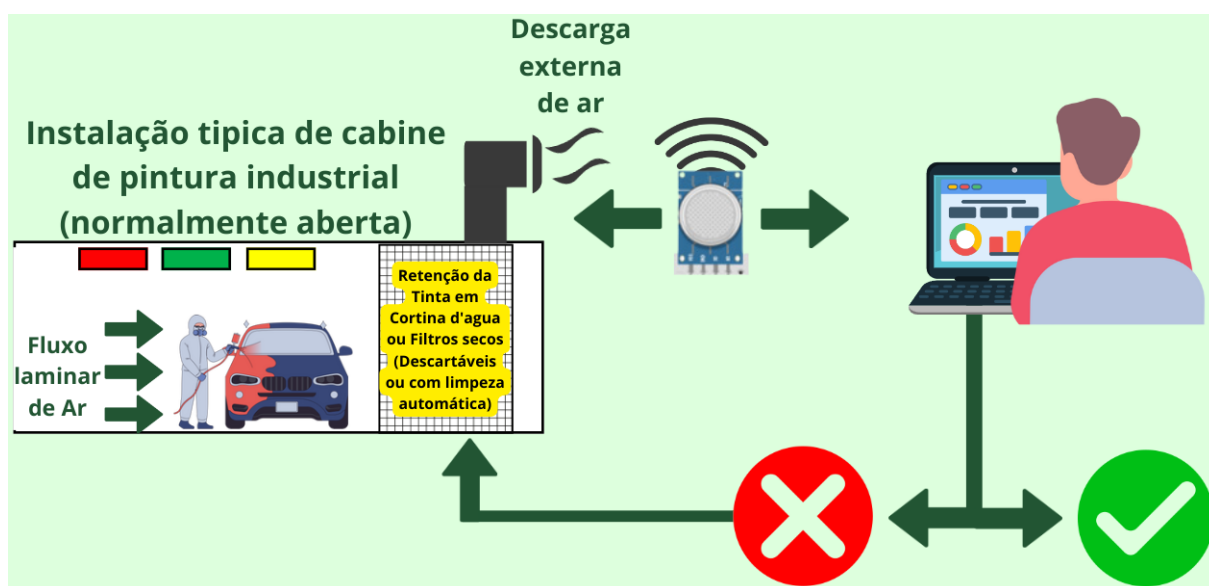


Figura 6 – Diagrama de Visão de Negócio.

10. DIAGRAMA DE SOLUÇÃO/TI

Segue abaixo uma imagem contendo o nosso diagrama de solução, mostrando de forma técnica como ocorrerá o desenvolvimento do projeto.

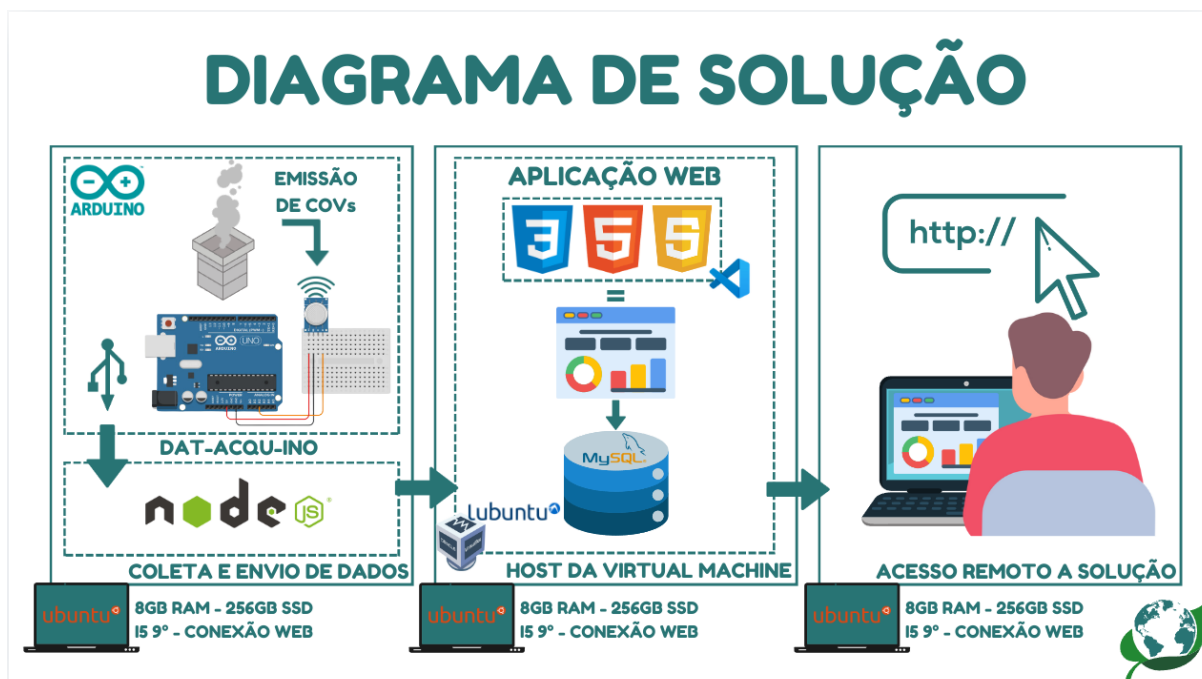


Figura 7 – Diagrama de Solução.

11. FERRAMENTAS DE GESTÃO

Como ferramentas de gestão, utilizamos o Trello para fazer o acompanhamento e a divisão das nossas tarefas e o GitHub como plataforma de versionamento do nosso projeto. Segue abaixo a foto das duas plataformas.

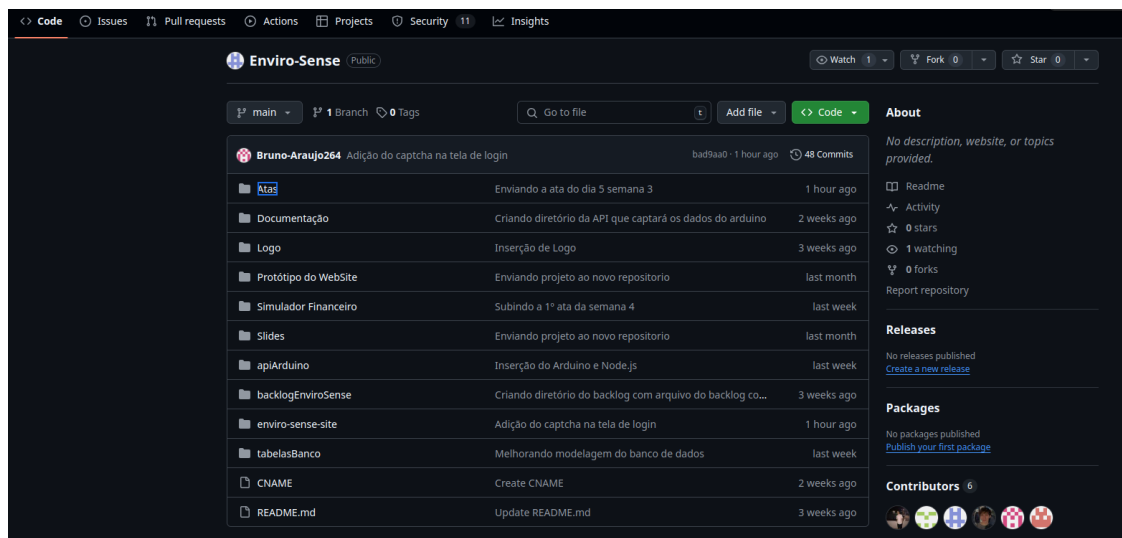


Figura 8 – Github Enviro Sense.

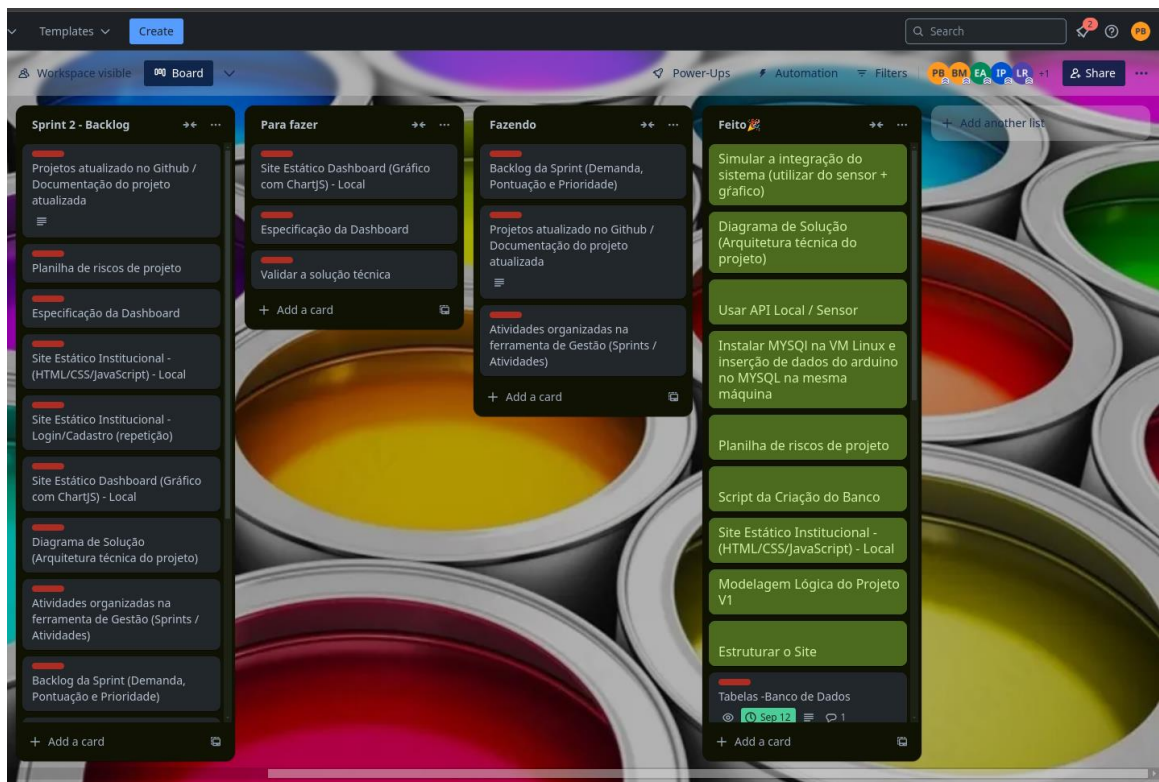


Figura 9 – Trello

12. PLANILHA DE RISCOS

Descrição do Risco	Probabilidade (P)	Impacto (I)	Fator de risco (P x I)	Ação	Como?
Um dos integrantes da equipe se ausentar	1	3	3	Mitigar	Comunicar aos membros da equipe sobre a ausência antecipadamente
Perder o integrante da equipe	1	3	3	Mitigar	Integrantes se interarem no projeto em todas as áreas
Falta de comprometimento das entregas	1	2	2	Mitigar	Reunião diária com a equipe para saber como está o andamento das tarefas (daily)
Dificuldade de comunicação entre a equipe	2	2	4	Mitigar	Daily e chat online (grupo da equipe - WhatsApp/Discord)
Legislação sobre o projeto mudar	1	3	3	Mitigar	Estar ciente das atualizações jurídicas pertinentes ao projeto
Ferramentas de trabalho ficarem inoperantes	2	3	6	Mitigar	Ter ferramentas de trabalho reservas
Não concluir alguma tarefa planejada	1	1	1	Mitigar	Fazer o replanejamento das tarefas (dividir as tarefas de forma consciente)
Erro na apresentação do projeto para o cliente	2	3	6	Mitigar	Treinar a apresentação e ter ferramentas e métodos de backup
Risco de perder arquivos importantes (corromper)	1	3	3	Eliminar	Ter diferentes formas de armazenamento (github)
Mudança de membros da equipe	1	3	3	Mitigar	Documentação atualizada e adaptar de forma rápida ao projeto
Alteração de requisitos pelo cliente	2	2	4	Mitigar	Sprint Review com o cliente toda a semana

Impacto			
Alto (3)	3	6	9
Médio (2)	2	4	6
Baixo (1)	1	2	3
	Pouco Provável	Provável	Muito Provável
Probabilidade			

13. BIBLIOGRAFIA

Lei dos Crimes Ambientais - 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

Resolução CONAMA 382/06 - 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>