

***Daucus carota* como bioindicador de dióxido de enxofre (SO₂) na região do Aeroporto de São Paulo – Congonhas/SP**

Daucus carota as a bioindicator of sulfur dioxide (SO₂) in the region of São Paulo Airport – Congonhas/SP

Valburg de Sousa Santos Junior, Sílvia Fazzolari Corrêa
Centro Universitário Senac
Meio Ambiente - Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária
junnioez@hotmail.com, silvia.fcorrea@sp.senac.br

Resumo. Atualmente, com o aumento da frota veicular, a poluição atmosférica vem agravando a qualidade do ar e acarretando diversos problemas de saúde para a população. Por se tratar de um poluente prejudicial para a saúde humana e para a vegetação, o monitoramento desse poluente se faz necessário. Por este motivo, foram utilizados exemplares de *Daucus carota* (cenoura) como bioindicadores desse poluente na região do Aeroporto de São Paulo - Congonhas, região que segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), é uma das mais poluídas por dióxido de enxofre no Município de São Paulo. Para a escolha dos pontos a serem monitorados, foi elaborada uma rosa dos ventos utilizando o *software WRPLOT View – Freeware* com dados registrados nos últimos 10 anos pela estação meteorológica do aeroporto, estabelecendo assim, uma relação entre a distribuição dos pontos escolhidos e a direção média dos ventos na região. Após 50 dias das espécies em campo, foram realizadas suas pesagens e foi possível observar que houve uma redução em bioindicadores localizados próximos à Avenida dos Bandeirantes.

Palavras-chave: biomonitoramento, dióxido de enxofre, *Daucus carota*.

Abstract. Nowadays, with the increase of the fleet of vehicles, the air pollution is aggravating the quality of the air and causing diverse health problems for the population. Because it is a pollutant that is harmful to human health and to vegetation, the monitoring of this pollutant is necessary. For this reason, *Daucus carota* (carrot) were used as bioindicators of this pollutant in the region of São Paulo Airport – Congonhas, region that according to the Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) is one of the most polluted by sulfur dioxide in the city of São Paulo. To select the points to be monitored, a rose of the winds was elaborated using the software *WRPLOT View – Freeware* with data recorded in the last 10 years by the airport meteorological station, thus establishing a relation between the distribution of the chosen points and the average direction of the winds in the region. After 50 days of the species in the field, were weighed and it was possible to observe that there was a reduction in bioindicators located near Avenida dos Bandeirantes.

Key words: biomonitoring, sulfur dioxide, *Daucus carota*

**Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística
Edição Temática em Sustentabilidade**

Vol. 7 nº 1 – Novembro de 2017, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>
E-mail: revistaic@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-SemDerivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

Os impactos da poluição ambiental não são recentes. De acordo com Braga *et al* (2010), Roma já apresentava problemas com a qualidade do ar por volta de 2 mil anos atrás devido a fundições de prata. Para Branco e Murgel (2010), a poluição atmosférica é resultado da emissão de poluentes, acarretando na alteração da composição química do ar e tornando-o impróprio à saúde humana, animal e vegetal.

Um dos principais poluentes atmosféricos responsáveis pelo agravamento de casos de doenças respiratórias é o dióxido de enxofre (SO₂). Monitorado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), esse poluente é solúvel nas mucosas do trato superior, com isso, pode provocar aumento da produção de muco, agravar casos de asma, além de contribuir para a formação de chuva ácida (FEPAM, 2015).

A partir do *software* Qualar, da CETESB, foi elaborado um gráfico das concentrações desse poluente no Município de São Paulo com os dados de estações de monitoramento. Ao analisar os resultados, foi constatado que a estação de Congonhas apresentava picos na concentração de SO₂ ao longo do ano.

Emitido principalmente por veículos semipesados e pesados, como ônibus e caminhões, o SO₂ é formado devido à presença de enxofre no combustível. Dessa forma, o motivo da região do aeroporto apresentar as maiores concentrações do município está possivelmente relacionado com a sua proximidade à Avenida dos Bandeirantes e à Avenida Washington Luís, rotas com intenso tráfego desse tipo de automóvel, além do enxofre presente no Querosene de Aviação (QAV), combustível utilizado pelos aviões comerciais do aeroporto.

Por se tratar de uma região que possui residências em seu entorno, o monitoramento ambiental da área é justificado devido aos danos que o mesmo pode causar tanto para a saúde humana, quanto para o meio ambiente. O biomonitoramento ambiental, também chamado de monitoramento biológico, é definido como a técnica que utiliza respostas de um determinado organismo para avaliação da qualidade ambiental (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003). Os organismos utilizados são chamados de bioindicadores e apresentam sensibilidade ou tolerância quando expostos a determinada substância (FIGUEIREDO *et al*, 2006).

As vantagens relacionadas ao uso do biomonitoramento são o baixo custo de implantação e acompanhamento, o que também favorece o monitoramento de grandes áreas por longos períodos; e em geral, o fato da técnica dispensar o uso de aparelhos sofisticados para medições. Segundo a Embrapa (2015), outra vantagem relacionada ao uso do biomonitoramento é devido ao fato das análises físico-químicas apresentarem em suas medições resultados de uma situação momentânea, o que significa que as concentrações poderão se alterar durante o tempo, enquanto o biomonitoramento consegue identificar os efeitos nos organismos por exposição prolongada.

Com relação às desvantagens, Queiroz (2004), destaca que após as respostas biológicas do organismo, são necessárias diversas análises químicas e toxicológicas no mesmo, além de levantamentos das características físicas, químicas e biológicas do ambiente em que foi realizado o biomonitoramento. Outra desvantagem é referente à dificuldade em identificar no organismo qual o poluente responsável por determinada alteração no bioindicador (LEMOS, 2012).

É importante ressaltar que apesar da importância do uso do biomonitoramento para a obtenção da resposta de organismos expostos a certos poluentes, a necessidade de realização de técnicas físico-químicas ainda é necessária, uma vez que o biomonitoramento não fornece dados quantitativos das concentrações de poluente, e sim, a presença ou ausência do mesmo.

Dessa forma, foi utilizada a espécie *Daucus carota* (cenoura), como bioindicador sensível a esse poluente na atmosfera, de acordo com a *US Environmental Protection Agency - EPA* (EPA, 1978). A resposta fornecida pelo bioindicador é a redução do seu peso seco e fresco, apresentando maiores reduções quanto mais próximas da fonte emissora (MENDONÇA; SILVA, 1991, p. 37-40) e (RODRIGUES et al, 2014).

O presente trabalho teve como objetivo biomonitorar a presença de SO₂ no ar da região de Congonhas com exemplares de *Daucus carota* e gerar um produto cartográfico para relacionar a topografia da região com a dispersão ou concentração do poluente em uma determinada condição meteorológica.

2. Objetivos

Objetivo geral

Biomonitorar a presença de dióxido de enxofre no ar da região do Aeroporto de Congonhas.

Objetivos específicos

- Elaborar a partir de um Sistema de Informação Geográfico (SIG) um mapa hipsométrico da região para relacionar os ventos da região e a topografia do local com a dispersão ou concentração do poluente em determinada condição meteorológica;
- Utilizar a espécie *Daucus carota* (cenoura) como bioindicador;
- Relacionar os resultados obtidos com os dados disponibilizados pela rede automática de monitoramento da qualidade do ar da CETESB

3. Materiais e método

Para a realização do projeto, foram utilizados os seguintes *softwares* e materiais:

- *Software WRPLOT View – Freeware;*
- *Software Google Earth;*
- Sementes de cenoura Brasília da marca *Topseed Garden;*
- 10 galões de água com capacidade de 20 litros;
- Argilas expandidas;
- Manta geotêxtil;
- Furadeira com uma broca de 15 mm;
- Adubo da compostagem do Centro Universitário Senac gerado com a poda do campus;
- Faca de cozinha;
- 16 *beckers* plásticos de 1 litro;
- 18 *beckers* de vidro com capacidade de 600ml;
- Estufa da marca Fanem modelo 515;
- Balança eletrônica Toledo modelo 3400 com capacidade máxima de 5kg;
- Balança eletrônica Marte modelo AL 500C com capacidade máxima de 500g.

Durante o projeto, foram realizados levantamentos secundários e primários de informações para nortear tanto na etapa de biomonitoramento em campo, quanto para a obtenção de informações relacionadas com a qualidade do ar na região do Aeroporto de Congonhas. A seguir, serão apresentadas as metodologias adotadas para atender a cada objetivo específico do trabalho.

Obtenção dos dados climáticos da região do Aeroporto de Congonhas e elaboração da rosa dos ventos

Para a obtenção dos dados meteorológicos a respeito do comportamento dos ventos da região, foi necessário o contato com o Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), pertencente ao Ministério da Defesa, para o qual foram solicitados os dados correspondentes aos ventos de janeiro de 2005 até dezembro de 2015, para obter uma média do comportamento dos ventos na região nos últimos 10 anos. Os dados solicitados correspondem às velocidades mínimas, médias e máximas diárias, e a predominância da direção dos ventos. O pedido foi encaminhado ao Cel. Av. Manoel Araújo da Costa Júnior, diretor do ICEA, especificamente para a Subdivisão de Climatologia e Arquivo Meteorológico (PBCA), localizado em São José dos Campos. No dia 07 de junho, o Setor de Estudos Climáticos disponibilizou um arquivo em *Excel* com 4017 linhas contendo os dados solicitados, juntamente com a metodologia adotada por eles para a obtenção dessas informações.

Durante os meses de junho e julho, os dados foram tratados para que fosse possível elaborar a rosa dos ventos utilizando o *software WRPLOT View - Freeware*. Entre os dados solicitados, foram utilizados os dados dos dias 06 de outubro até o dia 24 de novembro dos últimos 10 anos, período correspondente ao tempo em que as espécies ficaram nos pontos de amostragem durante 2016. Com os dados salvos em uma planilha do *Excel*, foi gerado com o *WRPLOT View*, a rosa dos ventos da região com 6 classes de velocidades dos ventos medidas em nós (1 nó = 0,51444 m/s).

A partir da geração da rosa dos ventos, foi possível escolher os pontos de biomonitoramento do projeto na região do Aeroporto de Congonhas.

Foram levantados também os dados de pluviosidade disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e os dados do ICEA referentes às temperaturas médias de outubro e novembro desde o ano 2005 para, assim como os dados de direção dos ventos, obter a média nos últimos dez anos.

Informações da topografia local

Para a obtenção da hipsometria da região do Aeroporto de Congonhas, foi utilizado o *topographic-map*. Esta plataforma possui o levantamento das cotas altimétricas de regiões do mundo a partir do *Google Maps*.

Em seguida, foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) *Google Earth* para obter o perfil de elevação do terreno no entorno do aeroporto. Para isso, foi utilizada a ferramenta do *Google Earth* "Adicionar Caminho" e delimitada a área de todos os pontos utilizados para o biomonitoramento.

Plantio e distribuição de indivíduos de *Daucus carota*

No dia 26 de julho foram plantadas na estufa do Centro Universitário Senac, diversas sementes de cenoura Brasília da marca *Topseed Garden* em 10 galões de 20 litros que foram adaptados para o plantio. O gargalo das garrafas foi cortado e, em seguida, foram feitos furos de 15 mm em seu fundo para, juntamente com as argilas expandidas, auxiliarem na drenagem. Foi adicionada também uma manta geotêxtil para reter o solo. Utilizou-se como solo para o cultivo das espécies o adubo gerado da compostagem de poda do Centro Universitário Senac, procurando dessa forma, cultivar as espécies no meio mais natural possível. A rega das espécies foi efetuada

pelos funcionários da estufa diariamente de acordo com a necessidade do solo. A figura 1 apresenta as etapas realizadas para o plantio das espécies.



Figura 1. Etapas realizadas durante o plantio. 1 – Corte no galão. 2 – Argila expandida para drenagem. 3 – Manta geotêxtil. 4- Galões com o adubo e as sementes de cenoura.

No dia 11 de agosto, 13 dias após o plantio, foi observado o brotamento das sementes. No momento do plantio, foram colocadas diversas sementes em cada galão para garantir que houvesse o brotamento de cenouras em uma quantidade suficiente para obter uma média de crescimento de 5 cenouras por galão.

No dia 23 de setembro, já com a rosa dos ventos elaborada, foi possível escolher os pontos de biomonitoramento. Foi realizada uma visita na região em volta do aeroporto em busca de permissões de estabelecimentos para deixar os galões durante o tempo do projeto. Após a confirmação dos 7 estabelecimentos, os galões foram levados para os pontos no dia 06 de outubro.

Para obter um resultado de crescimento com o mínimo de influência do SO₂, foi cultivado um galão com indivíduos de cenoura na estufa do Centro Universitário Senac durante o mesmo período de 50 dias.

No dia 24 de novembro, as espécies foram retiradas dos seus respectivos pontos de biomonitoramento e levadas ao Laboratório de Química Ambiental do Centro Universitário Senac, onde juntamente com o galão utilizado na estufa como controle, foram pesados seus pesos frescos e secos.

Para o peso fresco, as cenouras foram retiradas do galão e lavadas com água para retirar o excesso de solo preso a elas. Em seguida, foram colocadas em um becker plástico de 1 litro que teve seu peso tarado na balança eletrônica Toledo modelo 3400 com capacidade máxima de 5kg. Em seguida, foi realizada a pesagem das cenouras por cada ponto e anotado os valores.

Para a obtenção do peso seco, as cenouras foram cortadas de suas folhas para que coubessem nos beckers dentro da estufa. Em seguida, tanto as folhas quanto as cenouras foram colocadas em 18 beckers de vidro, pesadas e levadas à estufa com temperatura entre 105° e 110° durante 48 horas para obter seu peso seco. Buscando acelerar a retirada de umidade e proporcionar um processo de secagem mais homogêneo, as cenouras foram cortadas em fatias antes de serem levadas a estufa.

Monitoramento do SO₂ na região do Aeroporto de Congonhas

Para o monitoramento das concentrações do SO₂, além dos bioindicadores, foram utilizados os dados da estação de monitoramento da CETESB localizada na Escola Municipal de Ensino Fundamental Professor João Carlos da Silva Borges.

4. Resultados e discussões

As coordenadas geográficas 23°37'23.00"S e 46°39'27.00"O, correspondentes ao anemômetro localizado na pista de decolagem do aeroporto, permitiram juntamente com os dados meteorológicos em Excel, a geração da rosa dos ventos do local com o *WRPLOT View - Freeware* (Figura 2).

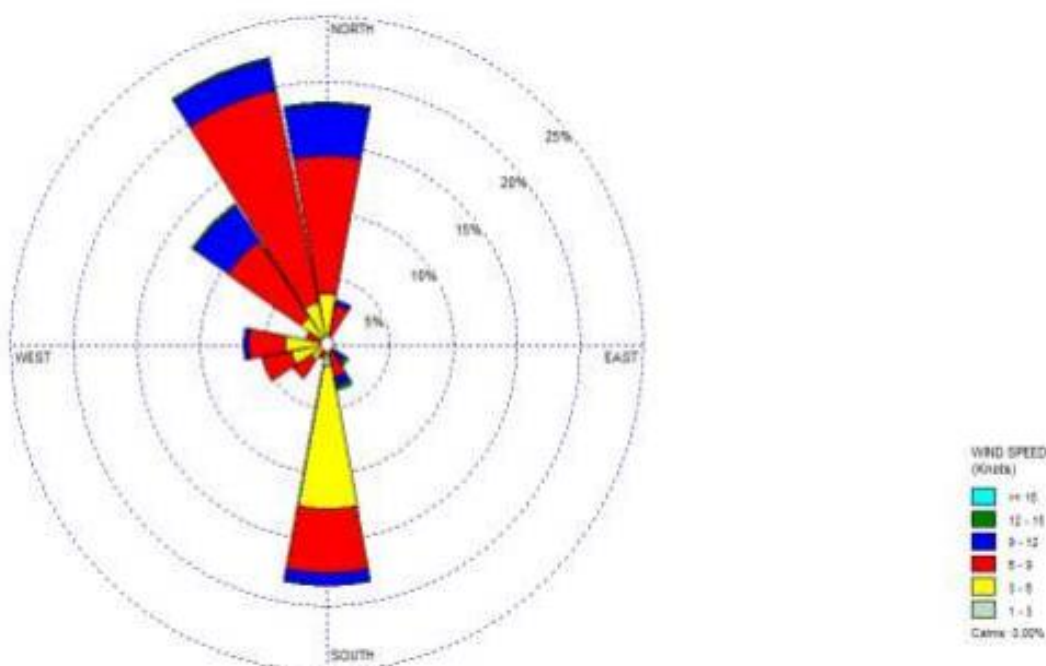


Figura 2. Rosa dos ventos da região do Aeroporto de Congonhas com a média dos ventos nos últimos 10 anos no período de 06 de outubro até 24 de novembro.

Como apresentado pela figura 2, é possível observar que a predominância dos ventos na região do aeroporto nos últimos 10 anos foi de norte-sul para os pontos cardeais; noroeste para os pontos colaterais; e norte-noroeste para os pontos intermediários. Entre os pontos apresentados, a velocidade média predominante entre os ventos foi de 6 a 9 nós, o que corresponde a velocidades na faixa de 3,08664 e 4,6299 m/s (classe vermelha na rosa dos ventos). Com esse dado, foram escolhidos os 7 pontos de biomonitoramento. A tabela 1 apresenta os locais escolhidos e suas respectivas numerações para identificação. A estufa do Centro Universitário foi considerada o ponto 0 (zero), localizada nas coordenadas 23°40'8.00"S e 46°41'50.80"O.

Tabela 1 – Locais utilizados para o biomonitoramento do SO₂.

LOCAL	PONTO
Frota de táxi	1
Prédio da brigada de Incêndio do Aeroporto de São Paulo - Congonhas	2
Estacionamento do Banco Itaú	3
Loja de móveis de jardim Davilari	4
Escola Municipal de Ensino Fundamental Professor João Carlos da Silva Borges	5
Oficina de funilaria e mecânica Ipanema	6
Hospital Cruz Vermelha Brasileira	7

O software *WRPLOT View* também possui a função de plotar a rosa dos ventos no *Google Earth* a partir das coordenadas geográficas do local, proporcionando assim, um resultado mais visual para a interpretação dos dados. A figura 3 apresenta a rosa dos ventos gerada na região do aeroporto e os pontos utilizados durante o biomonitoramento.



Figura 3. Rosa dos ventos da região do Aeroporto de Congonhas plotada no *Google Earth* e os pontos utilizados durante o biomonitoramento.

Informações da topografia local

Segundo Ab'Saber (2007, *apud* VPC/BRASIL 2008), o Aeroporto de Congonhas está localizado sobre o Espigão Central, também chamado de Espigão Paulista. Essa forma de relevo é a mais elevada do Centro Expandido de São Paulo, apresentando-se como:

[...] um alongado e estreito espigão de orientação SE - NW, desde a região do Jabaquara e Vila Mariana, ao sul da cidade, até a região do Sumaré onde se desfaz em altas colinas de topo ondulado. Serve de divisor d'águas entre os rios Pinheiros e Tietê. As altitudes são relativamente homogêneas em toda a sua extensão, possuindo na porção sul 790 e 805 metros de altitude até um máximo de 835 metros na região de Sumaré (VPC/BRASIL, 2008. p. 170).

Dessa forma, a figura 4 apresenta o mapa hipsométrico da região, onde é possível perceber que o Aeroporto de Congonhas está localizado em uma região mais elevada topograficamente.



Figura 4. Mapa hipsométrico da região do Aeroporto de Congonhas.

Com o *Google Earth*, foi possível criar o perfil de elevação do terreno a partir da vista em corte (Figura 5).

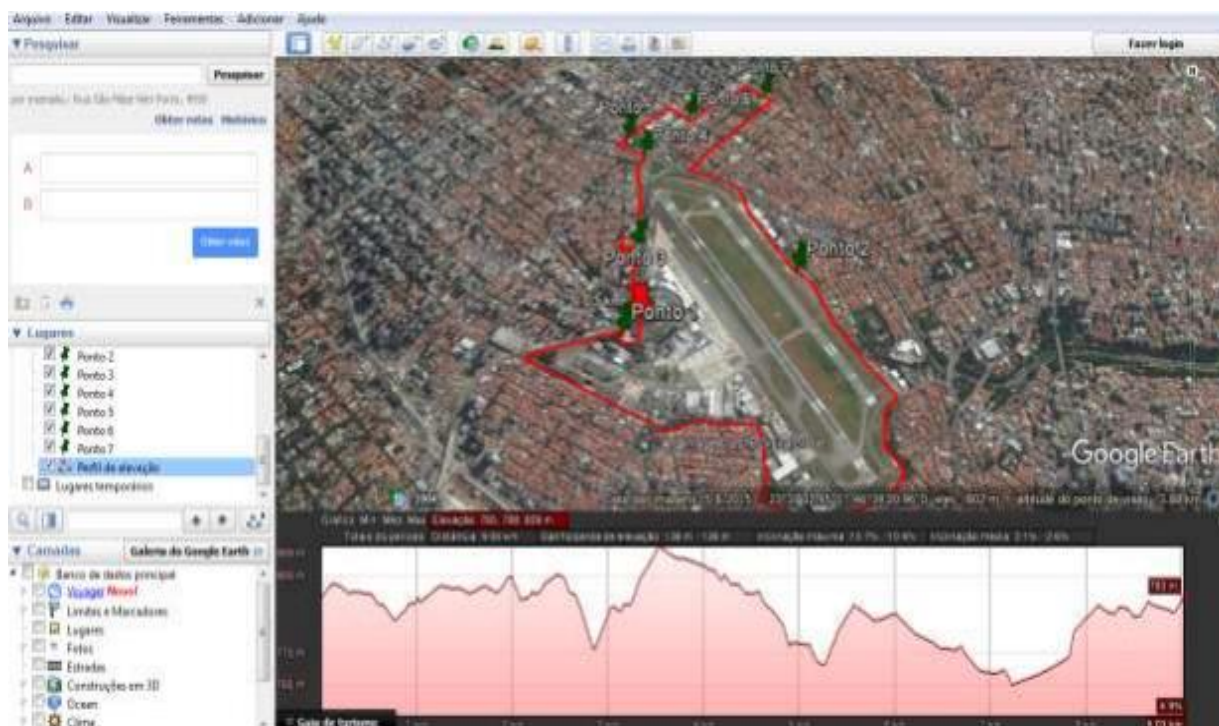


Figura 5. Perfil de elevação do terreno.

Como não é possível sinalizar os pontos de monitoramento no perfil de elevação, os valores das cotas de altitude de cada ponto do biomonitoramento são representados na tabela 2.

Tabela 2. Altitudes dos pontos de biomonitoramento.

Ponto	Altitude (em metros)
P1	796 m
P2	800 m
P3	792 m
P4	768 m
P5	764 m
P6	776 m
P7	787 m

Com relação à pluviosidade no período de biomonitoramento, os dados disponibilizados pelo INMET na estação Mirante de Santana, apresentam que o acumulado de chuva nesse período foi de 230,2 mm, valor correspondente a aproximadamente 84,3% do valor médio para esse período do ano (Figura 6).

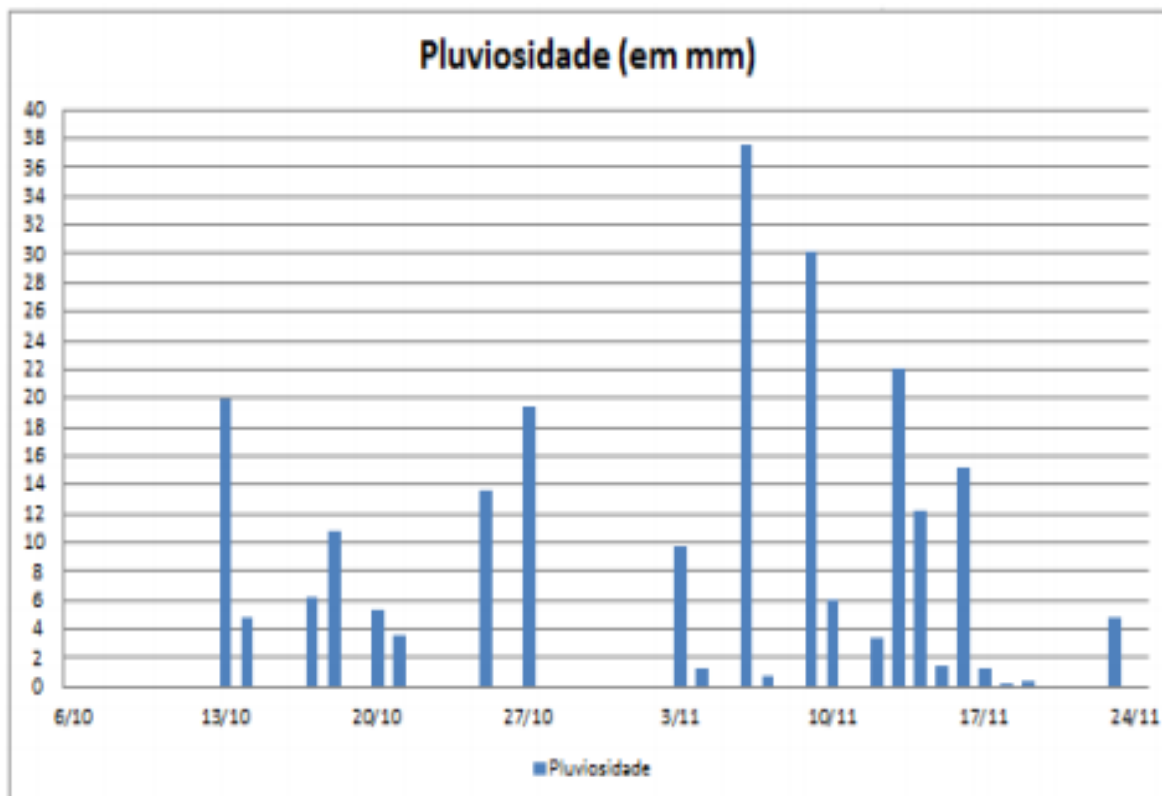


Figura 6. Pluviosidade registrada pelo Mirante de Santana, no município de São Paulo, durante os 50 dias de biomonitoramento.

Já para temperatura do ar, analisando os dados históricos desde 2005 disponibilizados pelo ICEA, foi possível determinar uma temperatura média de 19,93°C para o mês de outubro e 20,91°C para novembro (Figura 7).

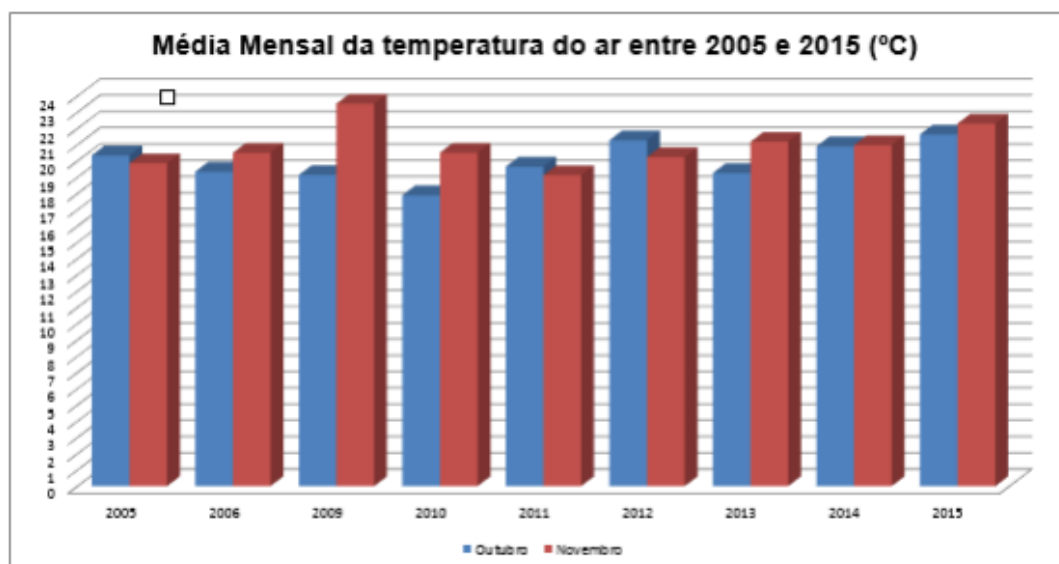


Figura 7. Temperaturas médias de outubro e novembro na estação de Congonhas desde 2005.

Desenvolvimento dos indivíduos de *Daucus carota*

A tabela 3 e a figura 8 apresentam o peso fresco médio das cinco cenouras em cada ponto após o período de 50 dias na região do aeroporto e na estufa do Senac.

Tabela 3 – Peso fresco após o biomonitoramento.

PESO FRESCO	
Ponto	Peso das espécies (em gramas)
P0	270
P1	563
P2	162
P3	348
P4	222
P5	267
P6	281
P7	260



Figura 8. Peso fresco das espécies após o período de biomonitoramento.

O ponto 1 foi o que apresentou maior crescimento, sendo o ponto mais distante da Avenida dos Bandeirantes (aproximadamente 1,10 quilômetros) e também fora da direção predominante dos ventos. Os pontos mais próximos do fluxo de caminhões e, conseqüentemente, das emissões de dióxido de enxofre (pontos 4 e 5) apresentaram redução significativa de crescimento quando comparadas com o ponto 1. Os pontos 4 e 5 estavam na linha geral de dispersão dos ventos e eram os pontos de menor altitude, em uma região cercada por áreas mais altas, caracterizando uma espécie de "vale", o que pode ter contribuído para o acúmulo de SO₂, que é um gás mais pesado do que o ar. A dispersão dos ventos para essa região, juntamente com essa característica do relevo, podem ter favorecido uma concentração dos poluentes, acarretando assim, na redução do peso fresco para esses pontos.

Apesar de não estar na área de dispersão dos ventos e ter sido colocada em uma altitude mais elevada, o ponto 2 estava localizado dentro da área do aeroporto, muito próximo às pistas de pouso e decolagens e ainda a uma distância de aproximadamente 270 metros da Avenida dos Bandeirantes; esses fatores podem ter contribuído para seu baixo crescimento, uma vez que o enxofre também está presente no combustível utilizado pelos aviões. No ponto 3, o crescimento das cenouras com seu peso fresco só não foi maior que o do ponto 1. Sua localização era em um ponto elevado com relação aos pontos 4 e 5 e estava na rota de dispersão para ventos de 9 a 12 nós, o que pode ter favorecido a não concentração dos poluentes de uma forma tão nociva aos bioindicadores.

No ponto 6 já foi possível observar um aumento no peso fresco. Para esse local, a topografia era mais elevada em relação à Avenida dos Bandeirantes e estava localizado em uma região de ventos rápidos (9 a 12 nós). No ponto 7, monitorado no Hospital da Cruz Vermelha Brasileira, as cenouras tiveram o peso fresco um pouco menor que as cenouras cultivadas nos pontos 5 e 6.

Para o ponto 0, o baixo crescimento das cenouras no galão cultivado na estufa do Centro Universitário Senac pode estar relacionado ao crescimento de uma espécie de

fungo em suas folhas, deixando uma camada de "poeira branca" (Figura 9), porém, não é possível alegar que uma redução de peso fresco seja causada por esse fator.



Figura 9. Injúria foliar desenvolvida nos indivíduos do galão cultivado na estufa do Centro Universitário Senac causada por fungo.

Para o peso seco, foi observada a correspondência com o peso fresco e também que a relação entre peso e a proximidade do aeroporto e da Avenida dos Bandeirantes foi mantida. O ponto 1, mais distante da avenida, teve maior peso seco, enquanto os pontos 2, 4 e 5, uma redução do seu peso quando comparados ao ponto 1. A tabela 4 e a figura 10 apresentam o peso seco médio das cinco cenouras presentes em cada ponto.

Tabela 4. Peso seco médio após o biomonitoramento.

PESO SECO	
Ponto	Peso das espécies (em gramas)
P0	38,56
P1	55,528
P2	26,062
P3	42,679
P4	17,342
P5	34,547
P6	41,236
P7	34,218

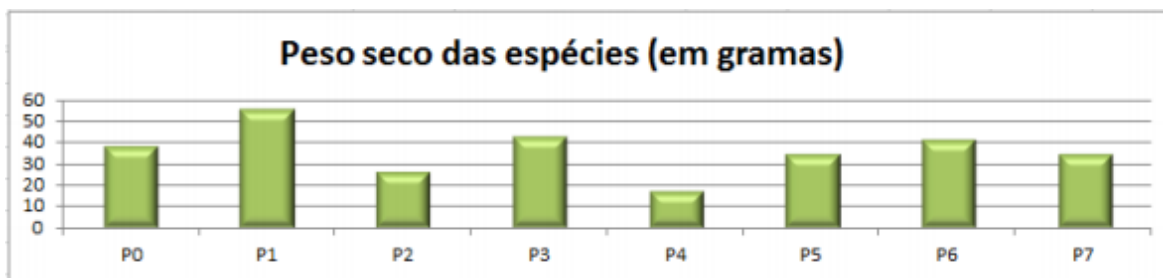


Figura 10. Peso seco médio das espécies após o período de biomonitoramento

Não foi possível realizar o monitoramento da concentração de SO₂ com a estação automática da CETESB durante o biomonitoramento porque, 4 dias após o início do projeto, a estação que estava em operação foi trocada (Figura 11) e não foram publicados mais registros da concentração de dióxido de enxofre. Porém, como as concentrações de SO₂ tem apresentado uma tendência de queda desde 2003, acredita-se que as concentrações durante os 50 dias do projeto não tenham sido muito diferentes dos últimos anos.



Figura 11. Troca realizada pela CETESB das estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar. 1 – Estação antiga no dia 06/10/2016. 2 – Nova estação no dia 10/10/2016.

A redução nas concentrações de dióxido de enxofre é resultado da Resolução nº 18 de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que versa sobre o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE (CETESB, 2016). Este programa, coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), foi o que veio estabelecer os primeiros limites de emissão de poluentes atmosféricos para veículos leves, criando assim, a necessidade de desenvolvimento tecnológico por parte dos desenvolvedores de motores e combustíveis.

O PROCONVE estabelece fases sucessivas para veículos leves e pesados cada vez mais restritivas para determinar a quantidade de certos compostos químicos que serão emitidos para a atmosfera. Atualmente, as fases vigentes pelo PROCONVE são as fases P7 e L6 e, para o atendimento limite dessas fases, “foi necessária à redução do teor de enxofre do diesel e da gasolina, viabilizando a aplicação, a eficiência e a durabilidade de tecnologias de pós-tratamento dos gases de exaustão” (CETESB, 2014, p.75).

A importância da redução do teor de enxofre nos combustíveis é devido à ação corrosiva de seus compostos, caracterizando dessa forma, o enxofre como um elemento indesejável em qualquer combustível (SILVA *et al*, 2013).

A figura 12 retrata um gráfico gerado no *software* Qualar que apresenta uma queda nas concentrações de SO₂ na estação de monitoramento da CETESB, localizada próxima ao aeroporto de Congonhas, desde o ano de 2003.

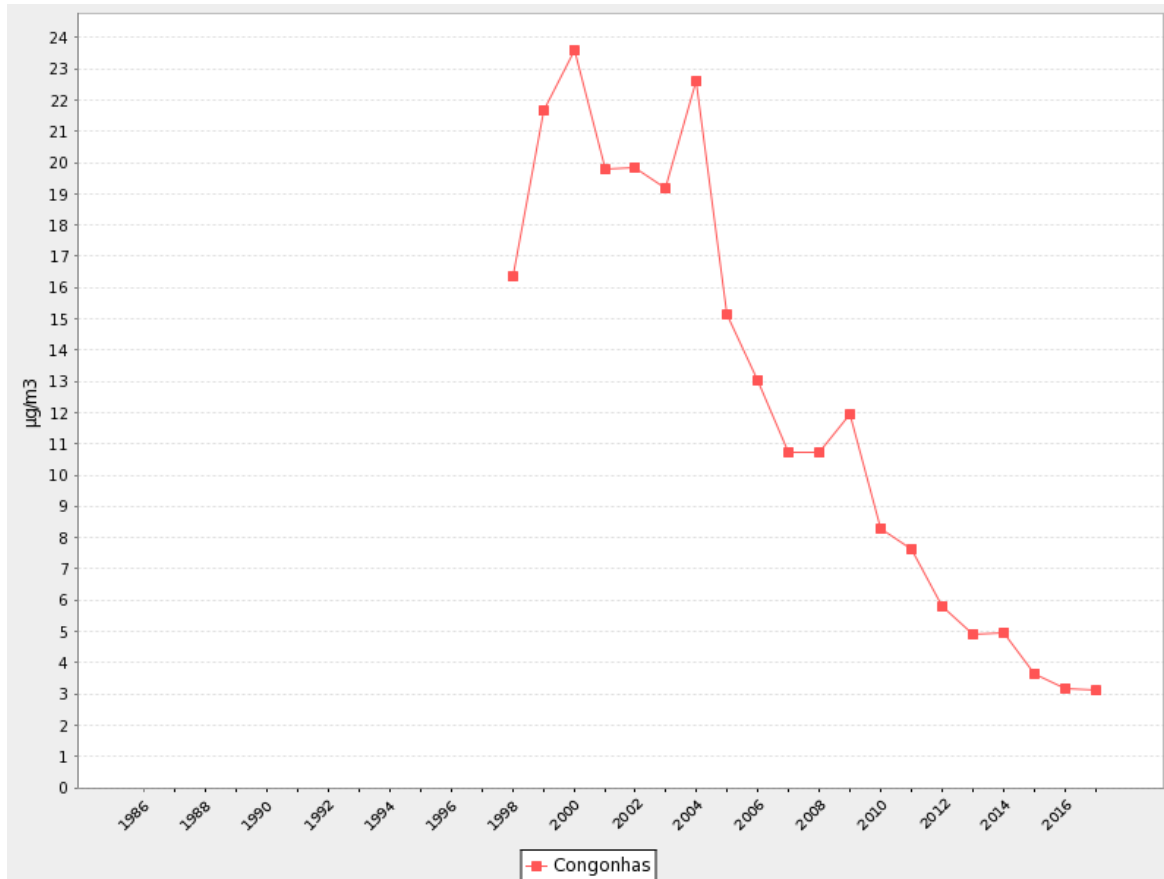


Figura 12. Concentrações máximas anuais de SO₂ na atmosfera em Congonhas.

Os últimos registros referentes às concentrações de dióxido de enxofre durante o projeto são do dia 06 de outubro de 2016. A princípio cogitou-se que as concentrações não estavam sendo registradas porque a estação ainda não estava em operação, porém, durante o mês de dezembro foi verificado que a nova estação estava monitorando novamente o poluente (Figura 13). Durante a realização do projeto foi enviado um *e-mail* para a CETESB em busca de informações, mas não houve retorno.

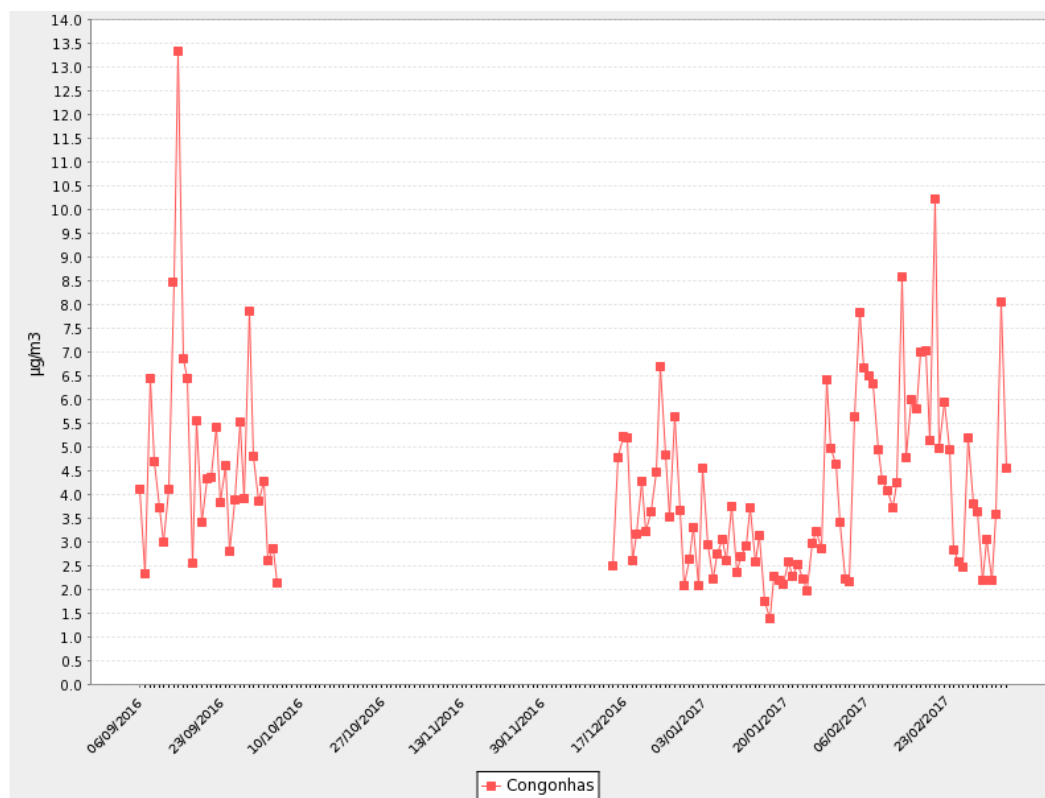


Figura 13. Funcionamento da estação da CETESB após o término do projeto.

5. Conclusão

Devido ao decréscimo dos pesos das cenouras quanto mais próximas a Avenida dos Bandeirantes, é possível alegar que existe uma correlação entre a presença de SO₂ e seu crescimento, comprovando assim, sua sensibilidade ao poluente. Além disso, fatores como a topografia e direção dos ventos apresentaram influência no crescimento destes vegetais, podendo ter proporcionado uma maior concentração ou dispersão de poluentes.

Aconselha-se a realização deste estudo em outras estações do ano para fins comparativos. No inverno, por exemplo, a influência do efeito de inversão térmica pode contribuir com o aumento das concentrações de SO₂ na atmosfera.

A redução de enxofre nos combustíveis representou uma melhoria na qualidade do ar. Dessa forma, ficou evidente a importância da continuação das fases do PROCONVE tanto para os veículos leves, quanto para os veículos pesados. Um dos resultados da redução de enxofre na composição dos combustíveis é a tendência de queda que o gráfico de concentração de SO₂ apresenta para a região do aeroporto.

É necessária a realização de estudos em ambientes controlados para obter qual a concentração de SO₂ nociva ao crescimento das cenouras, uma vez que para a realização deste projeto, uma das dificuldades foi a obtenção de fontes referentes à sensibilidade das cenouras a presença desse poluente.

Apesar de não ter atingido níveis elevados de concentração na região do aeroporto, o monitoramento do SO₂ se faz necessário devido à sua toxicidade. Aconselha-se a realização de um estudo para obter quais os impactos causados à saúde da população do entorno exposta a baixas concentrações em longo prazo.

Referências

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N. EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2^o edição. São Paulo: Pearson, 2010. 318 p.

BRANCO, S. M.; MURGEL, E. **Poluição do ar**. 2^o edição. São Paulo: Moderna, 2010. 112 p

BUSS, Daniel Forsin; BAPTISTA, Darcíolo Fernandes; NESSIMIAN; Jorge Luiz. **Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(2):465-473, mar-abr, 2003. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/csp/v19n2/15412.pdf>. Acesso em: 10 de nov. 2015

CETESB. **Plano de Controle de Poluição Veicular 2014-2016**. São Paulo, 2014. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2014/12/pcpv-2014.pdf>. Acesso em: 15 de nov. 2015

CETESB. **Proconve**. Disponível em: <veicular.cetesb.sp.gov.br/proconve/>. Acesso em 09 de jun. 2016

EMBRAPA. **A diversidade da fauna macrobentônica e seu papel como bioindicadora de qualidade de água**. Disponível em: <www.cnpma.embrapa.br/unidade/index.php3?id=236&func=pesq>. Acesso em: 14 de nov. 2015

EPA. **Diagnosing vegetation injury caused by air pollution**. Washington, 1978. Acesso em: 14 de nov. 2015

FEPAM. **Qualidade Ambiental**. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <www.fepam.rs.gov.br/qualidade/poluentes.asp>. Acesso em: 12 de nov. 2015

FIGUEIREDO, A.M.G; NOGUIERA, C.A; SAIKI, M.; MILIAN, F.M.; DOMINGOS, M. **Assessment of atmospheric metallic pollution in the metropolitan region of São Paulo, Brazil, employing Tillandsia usneoides L. as biomonitor**. São Paulo, 2006. Disponível em: <www.ipen.br/biblioteca/2007/11544.pdf>. Acesso em: 12 de nov. 2015

ICEA. **Banco de Dados Climatológicos do Comando da Aeronáutica**. Disponível em: <clima.icea.gov.br/clima/index.php>. Acesso em: 28 de nov. 2016

LEMOS, Siomara. **O monitoramento ambiental utilizando plantas**. Rio de Janeiro, 2012. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <www.eng.uerj.br/~fariasol/disciplinas/Monitoramento%20Ambiental.old/trabalhos-alunos-2012-01/Siomara/Monitoramento%20Ambiental%20utilizando%20plantas.pdf>. Acesso em: 16 de dez. 20

MENDONÇA.B.R.; SILVA, E.A.; SILVA, E.A.M. **Efeito da poluição sobre bioindicadores vegetais**. Ambiente; Revista CETESB de Tecnologia. v.5, n.1, 1991, p. 37-40

QUEIROZ, Ednilson Paulino. **Proposta de uso de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento da qualidade de água de ambientes lóticos no estado de mato grosso do sul**. 2004. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2004. Disponível em:

<<https://sistemas.ufms.br/sigpos/portal/trabalhos/download/35/cursoId:33>>. Acesso em: 05 de dez. 2015

RODRIGUES, Manoel Gonçalves; CUNHA, Roberto Ricardo Rachid Saab Barbosa; MARTINS, Tainá Pellegrino; ALMEIDA, Josimar Ribeiro. **Efeito da poluição por dióxido de enxofre (SO₂) sobre bioindicadores hortícolas.** Disponível em: <www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/13834/10591>. Acesso em: 22 de out. 2017

SILVA; Thiago Emanuel Pereira da Silva; CARVALHO, David Oliveira de; SILVA, Michello Juliana Pereira da; SANTOS, Nathalie Elizabeth Silva dos; COSTA, Pedro Paulo dos Reis. **Enxofre: Um poluente em potencial na composição do óleo diesel brasileiro.** Disponível em: <www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/XI-081.pdf>. Acesso em: 01 de jun. 2016

TOPOGRAPHIC-MAP. **Aeroporto de São Paulo/Congonhas.** Disponível em: <pt-br.topographicmap.com/places/Aeroporto-de-São-Paulo-Congonhas-7060414/>. Acesso em: 28 de nov. 2016

VPC/BRASIL. **EIA-RIMA do Aeroporto de São Paulo - Congonhas.** Disponível em: <ww2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/meio_ambiente/cades/audiencias/0001/eia_rima_congonhas_rima_vol_1.pdf>. Acesso em: 28 de nov. 2016