

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE FORONI COTA SOUZA

**POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM PARANAGUÁ, LITORAL DO PARANÁ:  
MONITORAMENTO DE AEROSSÓIS ATMOSFÉRICOS.**

MATINHOS

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE FORONI COTA SOUZA

**POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM PARANAGUÁ, LITORAL DO PARANÁ:  
MONITORAMENTO DE AEROSSÓIS ATMOSFÉRICOS.**

Trabalho de conclusão de curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, da Universidade Federal do Paraná Setor Litoral, sob orientação do professor Dr. Rodrigo Arantes Reis, e co-orientações dos professores Dr. Luiz Fernando de Carli Lautert e Dr. Emerson Joucoski.

MATINHOS

2016

“Aquilo que não existe, não deixa evidências”

Autor Desconhecido.

## **AGRADECIMENTOS**

Sou e serei eternamente grato.

Sou grato pela oportunidade e experiência de estar encarnado, por viver a vida de matéria, por estar evoluindo e de algum modo acrescentando para a humanidade. Agradeço primeiro então, ao Criador que permitiu e possibilitou esta minha vida.

E aos meus pais, que me aceitaram como seu filho, me orientaram, me amaram incondicionalmente ao decorrer de toda a minha vida e sempre me incentivaram a seguir meus sonhos. Sem o apoio desses, nunca haveria chegado onde hoje estou. Toda minha gratidão aos meus irmãos, Carlos Gabriel e Gabriela Carolina, por dividirem a vida e a jornada terrena comigo. Sem eles e a Zaya, aqui eu não estaria.

Minha gratidão também a todos os professores que participaram da minha formação acadêmica ao decorrer desses anos cursando Gestão Ambiental. Minha gratidão a UFPR Litoral, a casa da diversidade, que me recebeu, me acolheu, mudou minha cabeça, me fez amadurecer como ser e proporcionou este ciclo maravilhoso que encerro com este trabalho. Nesses agradecimentos, se inclui todos técnicos, agentes de manutenção e limpeza, motoristas, seguranças, funcionários e dirigentes do restaurante universitário, entre outros que agora me esqueci.

Agradeço a equipe estagiários, bolsistas e voluntários e também aos professores do Laboratório Móvel de Educação Científica Rodrigo Arantes Reis, Emerson Joucoski e Luiz de Carli Lautert, pelas oportunidades de aprendizado e crescimento intelectual proporcionados pelos trabalhos científicos e convivência. Aos amigos de pesquisa: Édipo Vinicius Tagliatela, Gustavo Santos Elste e Bruno Gurgatz, registro meu carinho e gratidão.

E por falar em amigos, agradeço do fundo da minha alma e do meu coração a cada um que fez parte desse ciclo, a vivência em companhia foi o diferencial. Aqui me refiro aos amigos do Grupo Verde, aos amigos musicais do Tributo ao Síndico, da Alquimia Experimental, do Groove do Ben e do Freela Groove. Agradeço aos amigos de surfe, aos amigos do Recanto da Alegria, aos amigos do Cafôfo.

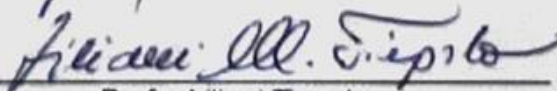
Agradeço finalmente à Matinhos e ao Litoral do Paraná, por me receber e proporcionar os melhores anos da minha vida, até então.

**ATA DE AVALIAÇÃO DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

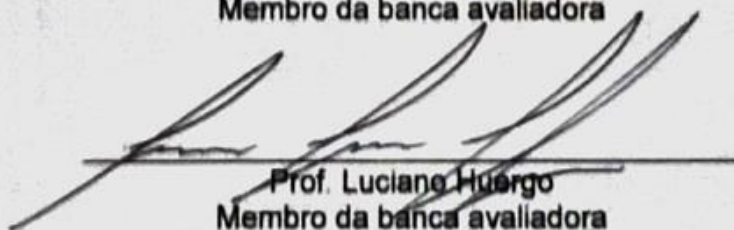
Aos oito dias do mês de dezembro de dois mil e dezesseis, às oito horas e trinta minutos, no Setor Litoral da Universidade Federal do Paraná, reuniu-se a banca avaliadora do trabalho de conclusão de curso, constituída pelos professores Liliani Tiepolo e Luciano Huergo sob a presidência do orientador, professor Rodrigo Reis, para a seção pública de defesa do Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, do aluno FELIPE FORONI COTA SOUZA, sob o título: "POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM PARANAGUÁ-PR: MONITORAMENTO DE AEROSSÓIS ATMOSFÉRICOS ATRAVÉS DE AMOSTRAGEM ATIVA EM UM PONTO DE COLETA". Findos os trabalhos o estudante obteve o conceito APL. O aluno deverá efetuar as correções solicitadas pela banca e entregar a versão final em formato digital via CD-ROOM, até o dia nove de janeiro de dois mil e dezessete, na Coordenação da Câmara do curso de Gestão Ambiental.



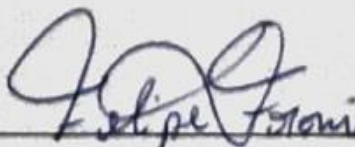
Prof. Rodrigo Reis  
Professor Orientador



Profa. Liliani Tiepolo  
Membro da banca avaliadora



Prof. Luciano Huergo  
Membro da banca avaliadora



Felipe Foroni Cota Souza  
Estudante

## RESUMO

A poluição atmosférica é um importante fator de risco ambiental e à saúde humana e é considerada um dos temas prioritários relacionado ao saneamento. Segundo a Organização Mundial da Saúde, atualmente 9 de 10 pessoas vivem em ambientes com níveis de poluição atmosférica acima dos padrões indicados pela organização, ou seja, respiram ar impróprio para a saúde humana. É considerada poluição química, física e biológica aquela que consiste na alteração do ar ambiente pela inserção de outras substâncias. Os aerossóis atmosféricos ou material particulado consistem numa complexa mistura física e química e suas características variam de acordo com a localização e o ambiente e são responsáveis por uma série de impactos em escala regional e global, alterando a composição da atmosfera e contribuindo para as mudanças climáticas, através do aquecimento regional e global. Não há nenhuma evidência de um nível seguro de exposição ou de um limiar abaixo do qual não ocorram efeitos adversos à saúde. A exposição é onipresente e involuntária, aumentando a importância deste fator determinante da saúde. O presente estudo teve como objetivo quantificar e caracterizar a presença de aerossóis atmosféricos (Partículas Totais em Suspensão - PTS) em uma escola do sistema público estadual no Bairro Emboguaçu, no município de Paranaguá, litoral do Paraná, Sul do Brasil, que abriga o Porto Dom Pedro II, o maior porto graneleiro do Brasil e um diversificado setor industrial. A avaliação da presença dos aerossóis foi realizada através de um amostrador ativo, instalado no ambiente externo da instituição. O local foi escolhido para a realização da pesquisa, devido à sua relativa proximidade a fontes de emissão de poluentes atmosféricos, tais como armazéns e indústrias de fertilizantes, linha ferroviária e via de tráfego rodoviário. A pesquisa teve a duração de 13 meses com início em junho de 2015 e término em julho de 2016, contemplando o total de 116 amostras. Foi realizada a análise estatística de correlação entre pluviosidade e concentração de PTS durante o período da pesquisa que indicou correlação negativa ( $r=-0,3$ ). Seis amostras passaram o padrão primário para 24 horas do CONAMA ao decorrer da pesquisa e foi registrado uma média geométrica de 73,91 ( $\pm 36,71$   $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), também acima do padrão secundário do CONAMA, o que indica que o ambiente também não está dentro dos padrões de segurança de qualidade do ar nacional, o que pode acarretar diversos efeitos para a população e o ecossistema.

PALAVRAS-CHAVE: POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA; AEROSSÓIS; PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO; PARANAGUÁ-PR; ABSTRACT

## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                               | <b>8</b>  |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....                    | <b>10</b> |
| 2.1      | FONTES DE AEROSSÓIS ATMOSFÉRICOS .....                | 11        |
| 2.2      | IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS .....                        | 13        |
| <b>3</b> | <b>METODOLOGIA:</b> .....                             | <b>17</b> |
| 3.1      | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA: .....               | 17        |
| 3.2      | MÉTODO DE COLETA: .....                               | 17        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS</b> .....                               | <b>20</b> |
| 4.1      | RESULTADOS TOTAIS: .....                              | 20        |
| 4.2      | RESULTADOS MENSAIS: .....                             | 22        |
| <b>5</b> | <b>DISCUSSÃO</b> .....                                | <b>33</b> |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO:</b> .....                               | <b>38</b> |
| <b>7</b> | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:</b> .....              | <b>40</b> |
|          | <b>ANEXO 1 – MEMORIAL DOS EIXOS PEDAGÓGICOS</b> ..... | <b>56</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A região de Paranaguá está localizada na área costeira/estuarina do estado do Paraná, sul do Brasil. O município de Paranaguá é o mais populoso da região, com um total estimado em 150.660 habitantes (IBGE, 2015), Índice de Desenvolvimento Humano Municipal em 0,750 (IBGE, 2010) e PIB per capita em R\$ 41.556,99 (IBGE, 2013). O município abriga o porto Dom Pedro II, o maior porto graneleiro da América Latina e um diversificado setor industrial, com destaque no armazenamento, produção e escoação de fertilizantes, além de diversos terminais portuários privados. O litoral paranaense abriga a maior área contínua de Floresta Pluvial Atlântica ainda preservada no país, bioma este que está na lista dos *hotspots* de conservação da biodiversidade, devido às suas altas taxas de endemismo e fragmentação de ecossistemas, onde restam somente 7% de sua cobertura original (MYERS et al., 2000; PIERRI et al., 2006; RYLANDS; BRANDON, 2005).

Regiões costeiras que concentram centros industriais e urbanos caracteristicamente possuem atividades com severos impactos ao ambiente. Dentre os impactos conhecidos, (CONTINI *et al.*, 2011; DONATEO *et al.*, 2014; VIANA *et al.*, 2014 e BOVE *et al.*, 2014). A poluição atmosférica é um importante de fator risco ambiental e à saúde humana, é considerada um dos temas prioritários relacionado ao saneamento. Segundo a Organização Mundial da Saúde, atualmente 9 entre 10 pessoas vivem em ambientes com níveis de poluição atmosférica acima dos padrões indicados pela organização, ou seja, respiram ar impróprio para a saúde humana. A Organização estimou que em 2016 aproximadamente três milhões de mortes no mundo foram influenciadas pela presença poluição atmosférica em ambientes internos e externos (OMS, 2016). Os aerossóis atmosféricos estão entre as dez substâncias (nona colocação) que apresentam maior risco de exposição à saúde humana (LIM *et al.*, 2012)

Paranaguá situa-se na região sul da baía de Paranaguá e é cercada por áreas de preservação ambiental. Estima-se que a poluição atmosférica analisada neste estudo seja proveniente estritamente das atividades antrópicas e reações físico-químicas desenvolvidas na atmosfera do município de Paranaguá, devido à sua posição geográfica, rodeada de áreas de proteção ambiental e com a ausência e

outras possíveis fontes de emissões antropogênicas, tal como outros centros industriais nas cidades vizinhas.

As pesquisas relacionadas com a problemática da poluição atmosférica no município de Paranaguá foram realizadas pelo grupo de pesquisa do Laboratório Móvel de Educação Científica da UFPR Litoral. Moreira (2011), utilizou líquens fruticosos como bioindicador da poluição atmosférica, identificando as vias de acesso utilizadas por caminhões e o porto como possíveis fontes de poluição atmosférica. Antoniaconi e Muniz (2013) encontraram prevalências de asma e rinite próximas às vias de acesso, resultado característico de grandes cidades brasileiras e municípios portuários. Tagliatella (2014) acompanhou a variação do material particulado total durante dois anos em um colégio próximo a zona portuária, identificando casos de altos níveis de poluição. Gurgatz *et. al*, (2016), encontrou uma situação de injustiça ambiental na região, onde os locais mais poluídos são habitados por populações de menor renda, utilizando indicadores biológicos.

O presente estudo teve como objetivo quantificar e caracterizar a presença de aerossóis atmosféricos (Partículas Totais em Suspensão) em uma escola do sistema público estadual no município de Paranaguá, no litoral do Paraná. A avaliação da presença dos aerossóis foi realizada através de um amostrador ativo (AGV PTS/CVV), instalado no ambiente externo da instituição. O local foi escolhido para a realização da pesquisa, devido à sua relativa proximidade a fontes de emissão de poluentes atmosféricos, tais como armazéns e indústrias de fertilizantes, linha ferroviária, via de tráfego rodoviário.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Poluição atmosférica é considerada a poluição química, física e biológica que consiste na alteração do ar ambiente pela inserção de outras substâncias, tais como partículas, aerossóis, gases, bactérias ou fungos, provenientes de fontes biogênicas e ou antropogênicas. (DESPRÉS *et al.* 2012; OMS, 2013 e MATOS *et al.* 2016). A presença dessas substâncias na atmosfera afeta adversamente a saúde dos seres humanos, das plantas e da vida microbiológica, com potencial de impacto negativo no ambiente e ecossistemas (HENRY e HEINKE, 1996)..

Os aerossóis atmosféricos ou material particulado, consiste numa complexa mistura física e química e suas características variam de acordo com a localização e o ambiente. Trata-se de um complexo substâncias sólidas, líquidas e gasosas de partículas orgânicas e inorgânicas suspensas na atmosfera. Os componentes químicos mais encontrados no material particulado são: sulfatos; nitratos; amônio; íons orgânicos como íons de sódio, potássio, cálcio, magnésio e cloreto; carbono orgânico e elementar (*Black Carbon*); poeira mineral; partículas de água; metais (cádmio, cobre, níquel, vanádio e zinco) e os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA). Referente a composição biológica são encontrados alérgenos e microbianas. (OMS, 2013; OMS, 2016; SHAFER *et al.* 2012; BLANCHARD *et al.* 2012; GONZALEZ *et al.* 2016; LI *et al.* 2013; KANAKIDOU *et al.* 2005; BARBARO *et al.* 2011 e PERRINO *et al.* 2012).

Além da classificação química, física e biológica do material particulado, o poluente também é subdividido de acordo com seu tamanho e dimensões espaciais, entre partículas grossas, finas e ultrafinas, respectivamente classificados à seguir: PTS, correspondem às partículas totais em suspensão, a sua composição pode incluir substâncias grossas e finas variando de 100  $\mu\text{m}$  à 0,30  $\mu\text{m}$ ;  $\text{PM}_{10}$ , material particulado com menos de 10  $\mu\text{m}$ , pertence à classe das partículas finas, com até 2,5  $\mu\text{m}$ ;  $\text{PM}_{2.5}$ , material particulado com menos de 2,5  $\mu\text{m}$  à 1  $\mu\text{m}$  também fazem parte da classe de aerossóis finos; e  $\text{PM}_{>1}$ , que refere-se ao material particulado ultrafino, com menos de 1  $\mu\text{m}$  (WHITBY, 1973; McCALDIN *et al.* 1969; ALVES, 2005; EEFTENS *et al.*, 2012; KOPONEN *et al.*, 2015; OMS, 2013). A figura a seguir, ilustra as dimensões espaciais do poluente.

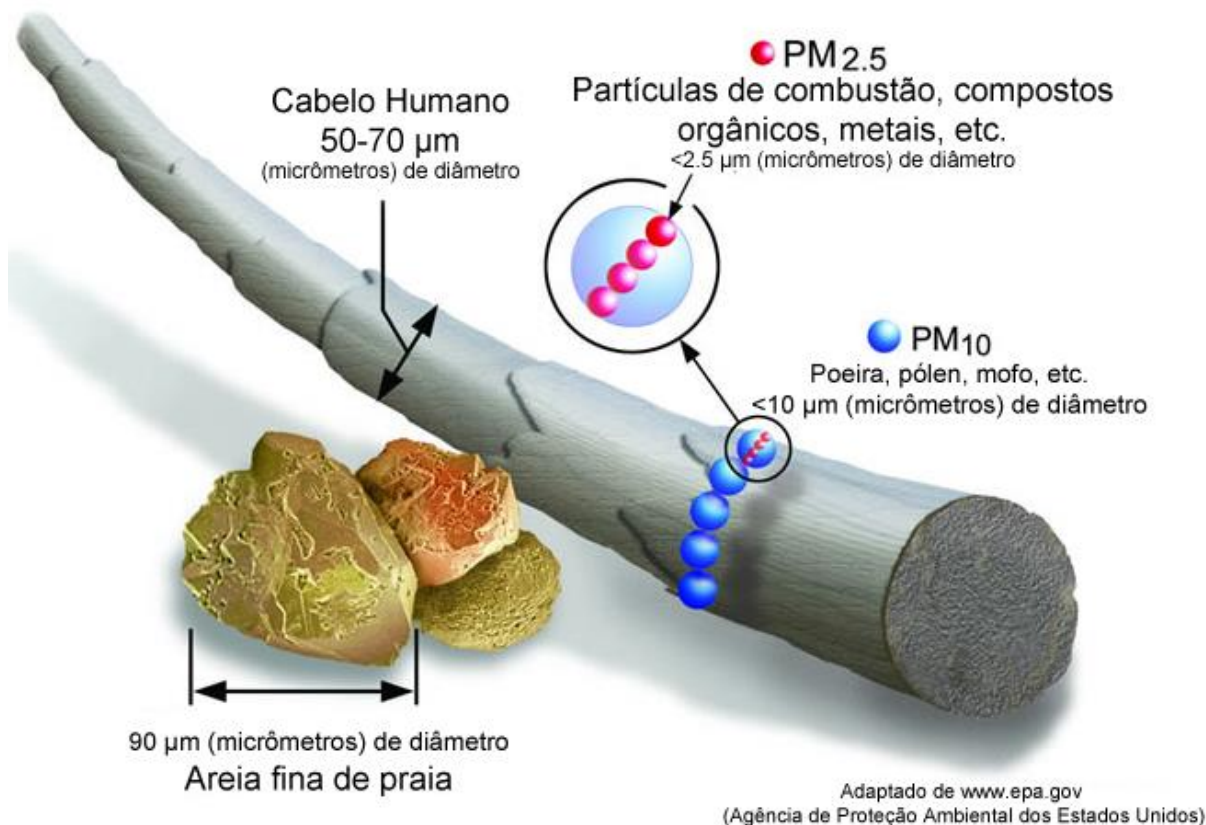


Figura 1: Imagem ilustrativa da classificação de dimensões dos aerossóis atmosféricos. Fonte: (EPA, 2012).

## 2.1 FONTES DE AEROSSÓIS ATMOSFÉRICOS

As partículas podem ser emitidas diretamente na atmosfera (poluente primário), ou serem transformadas em partículas através de reações físico-químicas entre gases atmosféricos (poluente secundário), os poluentes secundários representam a parte mais significativa do PM fino e ultrafino ( $PM_{<2.5}$ ). As fontes naturais de material particulado mais citadas são: emissões gasosas terrestres; raios, através das descargas elétricas; aerossóis do *spray* marinhos; poeira cósmica; erupções vulcânicas; poeiras transportadas pelo vento; queimadas naturais e material biológico. (PERRINO *et al.*, 2009; WHO, 2013; REID *et al.*, 2016; AVERETT, 2016; ALVES, 2005; KEMPF, 1870; VIANA *et al.*, 2014;). As fontes antropogênicas de emissão do poluente mais citadas incluem: motores de combustão; combustíveis fósseis para geração de energia em indústrias e residências; atividades industriais; agricultura; queimadas; tráfego e transporte rodoviário, ferroviário e marinho (BAGLEY

*et al.* 1998; MERICO *et al.*, 2016; GONZALEZ *et al.* 2016; ALLEN *et al.*, 2010; URBAN *et al.*, 2016; HOLMES, 2007;).

A atividade portuária e o transporte marinho representam uma importante fonte de poluentes atmosférico, especialmente pelo uso de combustíveis com altas concentrações de enxofre e metais pesados, tais como Ni, V, Pb, Zn, Cr, La e Ce (RECHE *et al.*, 2011; CORBETT, 2003; PANDOLFI *et al.* 2011 e MUELLER *et al.* 2011). O transporte marinho foi responsável pela emissão de 280 (Tg) milhões de toneladas métricas (280 bilhões de kg) de poluentes atmosféricos em 2001 (EYRING, 2005) e anualmente a atividade emite de 1,2 a 1,6 milhões de toneladas métricas (Tg) de aerossóis atmosféricos (CORBETT, 2003). Estudos recentes demonstram a relevância da atividade para a emissão de poluentes gasosos, indicam que 6,87 (Tg/ano) de NO<sub>x</sub>, 6,49 (Tg/ano) de SO<sub>x</sub> e 249 (Tg/ano) de CO<sub>2</sub> emitidos na atmosfera são provenientes da atividade portuária. Aproximadamente 70% das emissões dos poluentes atmosféricos dos navios são efetuadas em uma distância superior à 400 km das áreas costeiras (CORBETT *et al.*, 1999 e CORBETT, 2003; EYRING, 2005 e ENDRESEN, 2003).

Os caminhões, assim como navios e locomotivas, ainda dependem de combustíveis fósseis como matriz energética e assim como os outros modelos de transporte, impacta negativamente o ambiente. O modelo de transporte rodoviário apresenta a menor eficiência quando se compara o seu consumo de combustíveis fósseis (consumo energético) com a sua taxa de participação do modelo no transporte de cargas e mercadorias à níveis mundiais. O setor rodoviário é responsável por 12% do transporte de cargas mundial e consome 73% da energia fóssil utilizada, enquanto o setor ferroviário é responsável por 13% do transporte de cargas e consome 3%, já os navios são responsáveis por 75% do transporte de cargas e consome 10% da energia disponível entre os setores e os aviões representam 0,8% do transporte e consomem 10% da energia. (RODRIGUE, 2013; ATAG, 2012; WEF, 2011; IEA, 2012).

O transporte ferroviário é considerado o modelo de transporte intercontinental mais eficiente em termos de combustível (DAVIS *et al.*, 2009). Entretanto, a atividade representa uma fonte significativa de emissão de óxidos nitrosos e aerossóis atmosféricos (SAWANT *et al.*, 2007). As plumas de poluentes emitidos na atmosfera pela atividade possuem a presença de poluentes característicos do uso de combustíveis fósseis, como: NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, COV e MP. Na Austrália ferrovias contribuem

com 3,1% de NO<sub>x</sub>, 1,8% de PM<sub>2.5</sub> e 2,5% de SO<sub>x</sub> entre as fontes móveis de poluentes atmosféricos (NPI, 2012). Na União Europeia locomotivas movidas ao uso de diesel foram responsáveis pela emissão de 2% de NO<sub>x</sub> e 2,8% de PM<sub>2.5</sub>, respectivamente (BORKEN-KLEEFELD e NYZIACHRISTOS, 2012). Ainda assim, as locomotivas e transporte ferroviário intensificam as reações dos poluentes atmosféricos provocadas à saúde humana e ao ambiente próximos às áreas portuárias e linhas férreas. Entretanto seus impactos são pouco estudados e reduzir a incerteza nas estimativas atuais de emissões de locomotivas é necessária para melhorar a precisão dos inventários de emissões (KRASOWSKY *et al.*, 2015). A dependência de combustíveis fósseis como matriz energética para sistemas de transporte de cargas, mercadorias e pessoas é um dos principais fatores que contribuem para a degradação da qualidade do ar mundial.

As atividades industriais são consideradas outra importante fonte de aerossóis atmosféricos, tais como as outras atividades antropogênicas citadas à cima. As indústrias de diversos setores, são responsáveis pela emissão de diferentes tipos de gases e aerossóis, dentre eles: NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, COV, HPA, íons orgânicos e metais pesados. (YOO *et al.*, 2011; LI *et al.*, 2015 e FRANCOVÁ *et al.* 2016.). Em comparação à outros tipos de poluentes ambientais os metais se destacam por sua ubiquidade e persistência no ambiente (DMUCHOWSKI *et al.*, 2011 e LUO *et al.*, 2015). A emissão e deposição de metais e metais pesados representam uns dos maiores fatores de risco ambiental e à saúde humana (BARGAGLI *et al.*, 2002; NEWMAN e CLEMENTS, 2007; PACYNA *et al.*, 2009 e AGNAN *et al.*, 2013) e são componentes dos aerossóis finos e ultrafinos.

## 2.2 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

A partir dos impactos gerados pela emissão de poluentes atmosféricos, a OMS (2015) calcula que a poluição é responsável pelo custo econômico global de aproximadamente US\$ 1.575 trilhões, que inclui impactos no ambiente e na saúde humana, entre morbidade e mortalidade. A organização afirma a qualidade do ar é indispensável para uma boa saúde e qualidade de vida e que os custos econômicos relacionados à poluição atmosférica são altamente expressivos.

Nos ambientes urbanos e principalmente em áreas costeiras e cidades portuárias, diversas fontes de poluição podem atuar em conjunto (KIM *et al.* 2002 e WESTERDAHL *et al.* 2005.). Tráfego de navios, indústrias, tráfego de rodoviário, tráfego ferroviário e emissões residências são fontes habituais nesses ambientes (KLEEMAN *et al.* 1999 e SCHAUER *et al.* 2001). Os aerossóis atmosféricos são responsáveis por uma série de impactos no ambiente em escala regional e global, alterando a composição da atmosfera e contribuindo para as mudanças climáticas, através do aquecimento regional e global. (MARICQ, 2007 e ROBERT *et al.*, 2007).

Os aerossóis podem afetar a composição microfísica das nuvens, considerado efeito indireto e alterar a dinâmica e estrutura de temperatura das nuvens, efeito semi direto do poluente (LOHMANN e FEICHTER, 2005; KOCH e DEL GENIO, 2010) e possuem a propriedade física de absorver e refletir ondas curtas e longas de radiação, característica conhecida como efeito direto do poluente (HAYWOOD; BOUCHER, 2000). Aerossóis de sulfato possuem a característica de refletir radiação, enquanto o *Black Carbon* (BC) possui a característica de absorver radiação, atuando de formas distintas para as mudanças climáticas (PENNER *et al.*, 1998 e JACOBSON, 2001). A deposição de metais e metais pesados são considerados impactos de alto risco para o ecossistema, sua incorporação através das cadeias tróficas representam um risco toxicológico de alto potencial e sua deposição na biosfera pode alterar os ciclos biogeoquímicos causando alterações adicionais para o clima e ecossistemas (MAHOWALD, 2011; ULRICH e PANKRATH, 1983; RAUCH e PACYNA, 2009). Entre os generalizados efeitos ecológicos, destacam-se a eutrofização dos rios, acidificação do solo e perda de biodiversidade por deposição de aerossóis regionais e transfronteiriços (BOBBINK *et al.*, 2010).

Como apresentado anteriormente, a poluição atmosférica com foco nos aerossóis atmosféricos, implicam em diversos impactos negativos na biosfera e por consequência na saúde humana. Esses impactos não são isolados, os poluentes são instáveis e mutáveis, à partir do momento da emissão os gases participam de reações físicas e químicas dando origem à outros poluentes gasosos e aerossóis, potencializando efeitos e complexidade das substâncias. Os efeitos da poluição atmosférica na saúde humana têm sido a área com maior foco de estudo, são divididos em dois modos de exposição: exposição à curto prazo (horas e dias) e exposição à longo prazo (meses e anos). As partículas inaláveis ( $PM < 10 \mu m$ ) representam um alto

fator de risco à saúde e quanto menor as dimensões do aerossol, ele consegue penetrar mais afundo no sistema respiratório e cardiovascular, sendo assim, os aerossóis finos e ultrafinos representam um alto risco à saúde. Os grupos vulneráveis a este são mais impactados pela presença do mesmo. Alguns grupos, por exemplo: idosos, crianças, mulheres grávidas e pessoas com uma doença subjacente, como a asma e rinite, podem ser mais sensíveis à exposição e podem desenvolver efeitos de saúde mais graves. Além disso, certos grupos podem ser expostos a níveis mais elevados de poluição do ar exterior, por exemplo pessoas que vivem perto rotas de tráfego ocupados ou aqueles em grupos ocupacionais ou grupos socioeconômicos específicos (OMS, 2005).

Não há nenhuma evidência de um nível seguro de exposição ou de um limiar abaixo do qual não ocorram efeitos adversos à saúde. A exposição é onipresente e involuntária, aumentando a importância deste fator determinante da saúde (OMS, 2013). A nível populacional, não há evidências suficientes para identificar diferenças nos efeitos de aerossóis com diferentes composições químicas ou provenientes de várias fontes (STANEK *et al.* 2011). Entretanto há evidências que comprovam que a periculosidade de aerossóis relacionadas à combustão de combustíveis fósseis (fontes móveis e estacionárias) é mais consistente do que para aerossóis de outras fontes (OMS, 2007 e PUN *et al.*, 2014). Os componentes de aerossóis são comumente associados como responsáveis por efeitos para a saúde, os HPA e *Black Carbon* são conhecidos como cancerígenos e diretamente tóxicos para as células, bem como metais e sais inorgânicos (OMS, 2013).

A exposição a aerossóis afeta o desenvolvimento do pulmão em crianças, assim como o aumento de ataques de asma e rinite, incluindo impactos irreversíveis na função pulmonar. A exposição crônica reduz taxa de crescimento do pulmão e pode causar déficit na função pulmonar a longo prazo. A exposição a curto e longo prazo também impactam a saúde de adultos, os aerossóis ultrafinos também são responsáveis pela redução da expectativa de vida, podendo levar ao óbito em certos contextos (OMS, 2011).

Diversos estudos epidemiológicos correlatam a exposição ao material particulado com aumento de hospitalização por problemas cardíacos tais como infarto do miocárdio, sendo os aerossóis finos e ultrafinos os maiores responsáveis pelos efeitos adversos à saúde, esses efeitos foram identificados em situações de exposição

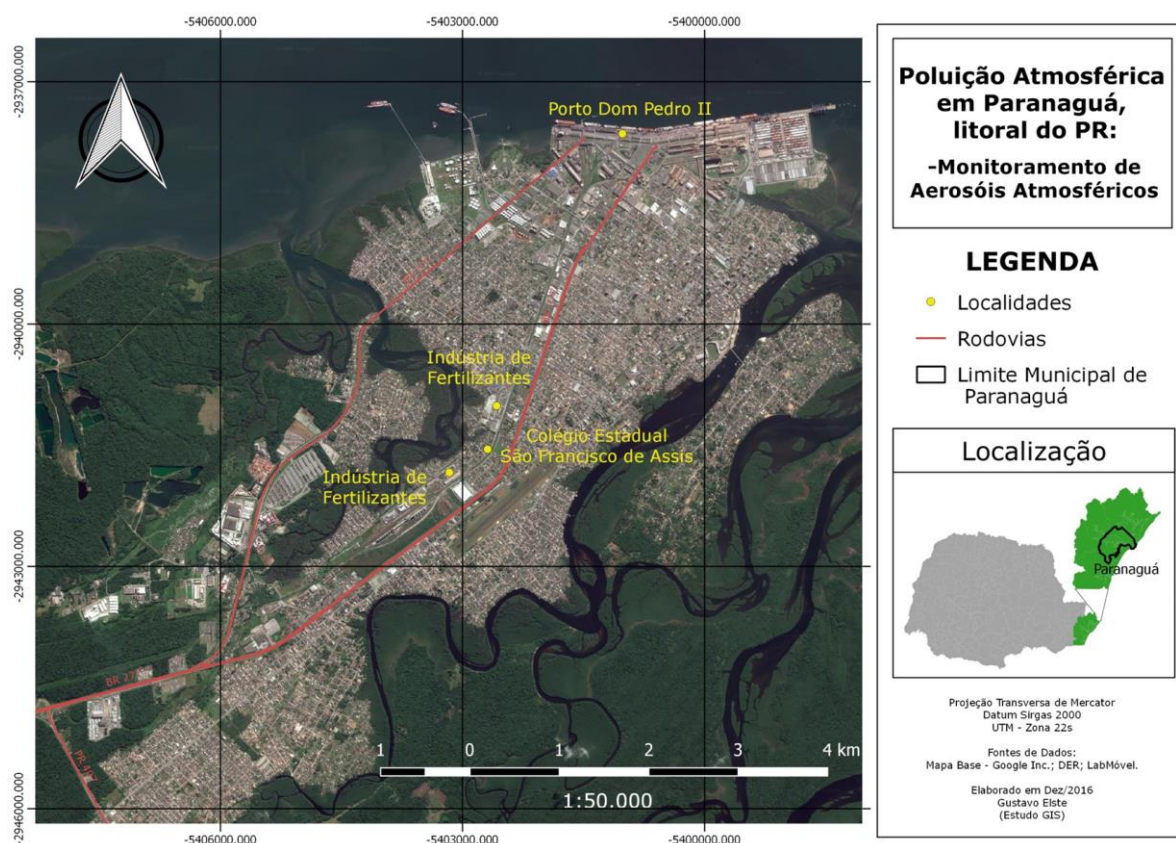
à curto e longo prazo. (KOTON *et al.*, 2013; MILOJEVIC *et al.*, 2014; DAI *et al.*, 2014;; LIN *et al.*, 2016 e CAI *et al.*, 2016). A poluição do ar também tem sido consistentemente e amplamente associado com riscos elevados adversos à gravidez, tais como baixo peso ao nascer (XU *et al.*, 2011 e WANG *et al.*, 1997), parto prematuro (DARROW *et al.*, 2009 e PARKER *et al.*, 2008), retardo do crescimento intrauterino e defeitos de nascimento (HANSEN *et al.*, 2009; RICH *et al.*, 2009 e CHOI *et al.*, 2008; PADULA *et al.*, 2013; GIRGUIS *et al.*, 2016). Além disso, há outros efeitos importantes causados pela poluição do ar em seres humanos e inclusive em outros animais são o estresse oxidativo e neuroinflamação (COSTA *et al.*, 2015). Em humanos inclui a diminuição das habilidades cognitivas, tais como respostas motora e de memória, sequelas do sistema nervoso, como fadigas, dor de cabeça e dificuldade de concentração, desordens neurológicas, tais como a doença de Alzheimer, de Parkinson, déficit de atenção, hiperatividade e autismo. Ademais os aerossóis atmosféricos são associados a outras morbidades como diabetes e câncer. (XU *et al.*, 2016; RAZ *et al.*, 2015; FLORES-PAJOT *et al.*, 2016; WEISSKOPF *et al.*, 2015; SUADES-GONZALEZ *et al.*, 2015; LAM *et al.*, 2016; SIDDIQUE *et al.*, 2011; RITZ *et al.*, 2016; LEE *et al.*, 2016 e CALDERÓN-GARCIDUEÑAS *et al.*, 2016; EZE *et al.*, 2014; HU *et al.*, 2015; THIERING e HEINRICH, 2015; RAJAGOPALAN e BROOK, 2012; NICOLE, 2015; GUO *et al.*, 2016; GUO *et al.*, 2015; RAASCHOU-NIELSEN *et al.*, 2016.).

Além dos grupos vulneráveis citados, a OMS (2004) classifica também como vulneráveis aos poluentes atmosféricos a população com baixo índice socioeconômico e aquelas que vivem e trabalham próximo às fontes de emissão. Há locais em que os níveis de poluição do ar são mais elevados devido à maior proximidade às fontes emissões ou devido a limitações nos mecanismos naturais de dispersão da poluição do ar (OMS, 2006). Ademais, pessoas em posição socioeconômica vulnerável têm maior probabilidade de acumular exposição à fatores de risco ambiental, tal como a exposição aos poluentes atmosféricos. (GÉNÉREUX *et al.*, 2008; HABERMANN e GOUVEIA 2014; MAKRI E STILIANAKIS, 2008; GURGATZ *et al.*, 2016).

### 3 METODOLOGIA:

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA:

O Colégio Estadual São Francisco de Assis, localiza-se na área central do município no Bairro Emboguaço, na rua Tuffi Maron, no município de Paranaguá. A instituição atende à crianças, adultos e adolescentes, entre o ensino primário e secundário, além da presença dos educadores e funcionários da instituição, que podem estar expostos aos efeitos dos aerossóis atmosféricos. Próximo à instituição de ensino, são encontrados focos de fonte de emissão de poluição atmosférica, tais como ferrovia, rodovia, armazém e indústrias de fertilizantes, como é possível observar nas figuras II e III a seguir.



(Mapa do município de Paranaguá, com as principais vias de acesso, local de coleta e principais fontes de poluição. Autor: Gustavo dos Santos Elste.)

#### 3.2 MÉTODO DE COLETA:

Para a coleta das amostras das partículas totais em suspensão, foi utilizado o Amostrador de Grande Volume para Partículas Totais em Suspensão com Vazão

Controlada (AGV PTS/CVV), aparelho produzido pela Energética S/A que respeita as normas de Setembro de 1997 do método da ABNT, NBR 9547, “Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente – Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume”. Esta versão de Setembro de 1997 foi montada à luz da versão de 01/07/88 do método Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA).

O AGV PTS/CVV, devidamente instalado num local de medição, puxa uma certa quantidade de ar ambiente através de um filtro, instalado dentro de uma casinhola de abrigo, durante um período de amostragem de 24 horas. A vazão imprimida pelo aparelho, em torno de 1,22 m<sup>3</sup>/min, e a geometria da entrada da casinhola, dependendo da velocidade e da direção do vento, favorecem a coleta de partículas de até 30 µm de diâmetro (aerodinâmico). Os filtros empregados são específicos para uma eficiência mínima de 99% para a coleta de partículas acima de 0,30 µm. A duração da amostragem é controlada por um programador de tempo de 24 horas e medida com um horâmetro. O filtro é aferido (após equilíbrio de umidade) antes e após a coleta para se determinar o ganho líquido em massa. O volume de ar amostrado, corrigido para condições padrão (25°C, 760 mmHg), é determinado a partir da vazão medida e do tempo de amostragem. A concentração de partículas totais em suspensão no ar ambiente, PTS, é calculada dividindo-se a massa de partículas coletada pelo volume de ar amostrado (µg/m<sup>3</sup>). A análise estatística dos

resultados da pesquisa e os índices de pluviosidade de cada dia amostrado utilizando o software livre JASP Team (2016).

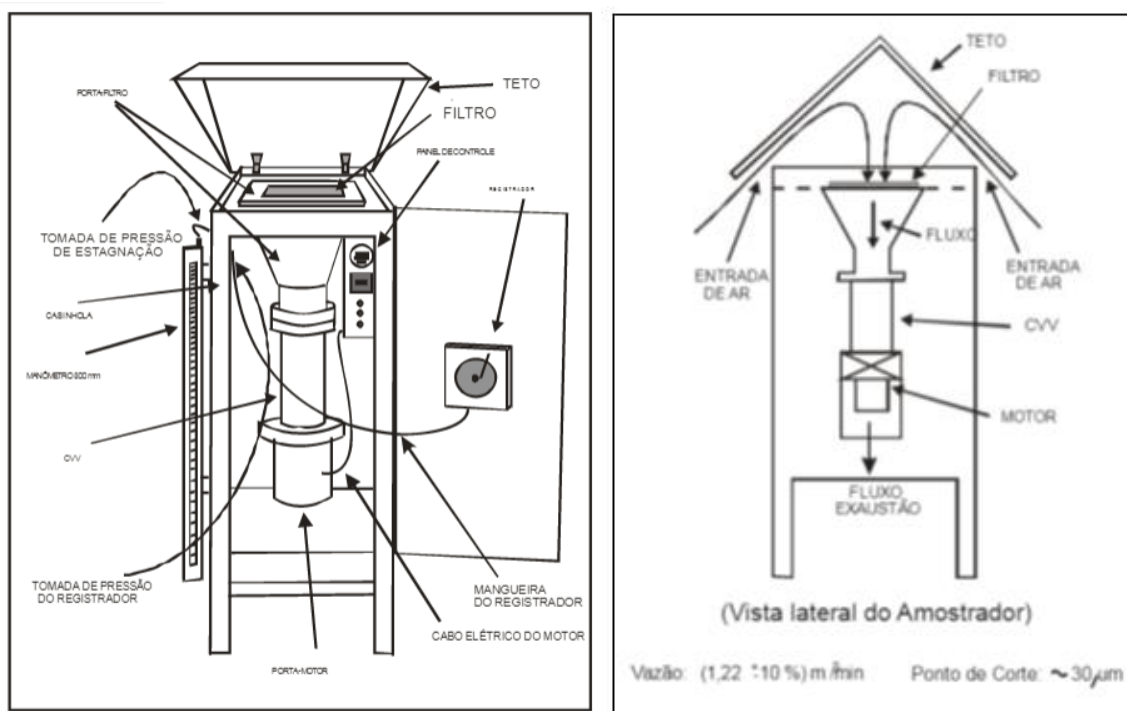


Imagem ilustrativa do AGV PTS/CVV. (Fonte: Manual de operação Energética S.A).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 RESULTADOS TOTAIS:

A pesquisa teve a duração de 13 meses, com início em 04/06/2015 e término em 28/06/2016. Foram efetuadas 116 amostras durante o período da pesquisa com variação de seis a 10 amostras por mês. A média geométrica da concentração de partículas totais em suspensão no período amostrado foi de  $\pm 73,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e desvio padrão de  $36,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor considerado acima do padrão secundário anual ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) estabelecido pela Norma 03 de 1990 do CONAMA e abaixo do padrão secundário ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Seis amostras passaram o padrão secundário de concentração de partículas totais em suspensão  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , de acordo com a legislação vigente para amostras de 24 horas e nenhuma amostra passou o padrão primário para partículas totais em suspensão de  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , conforme é possível observar no gráfico 1. A amostra que apresentou maior concentração de aerossóis foi no dia 08/10/2015 contendo  $235,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , nesse dia as principais variáveis atmosféricas foram: pluviosidade de 0 mm e temperatura média  $\pm 22,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . A amostra que apresentou menor concentração foi no dia 27/01/2016 contendo  $16,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , nesse dia as variáveis atmosféricas foram: pluviosidade 20,02 mm e temperatura média de  $\pm 23,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

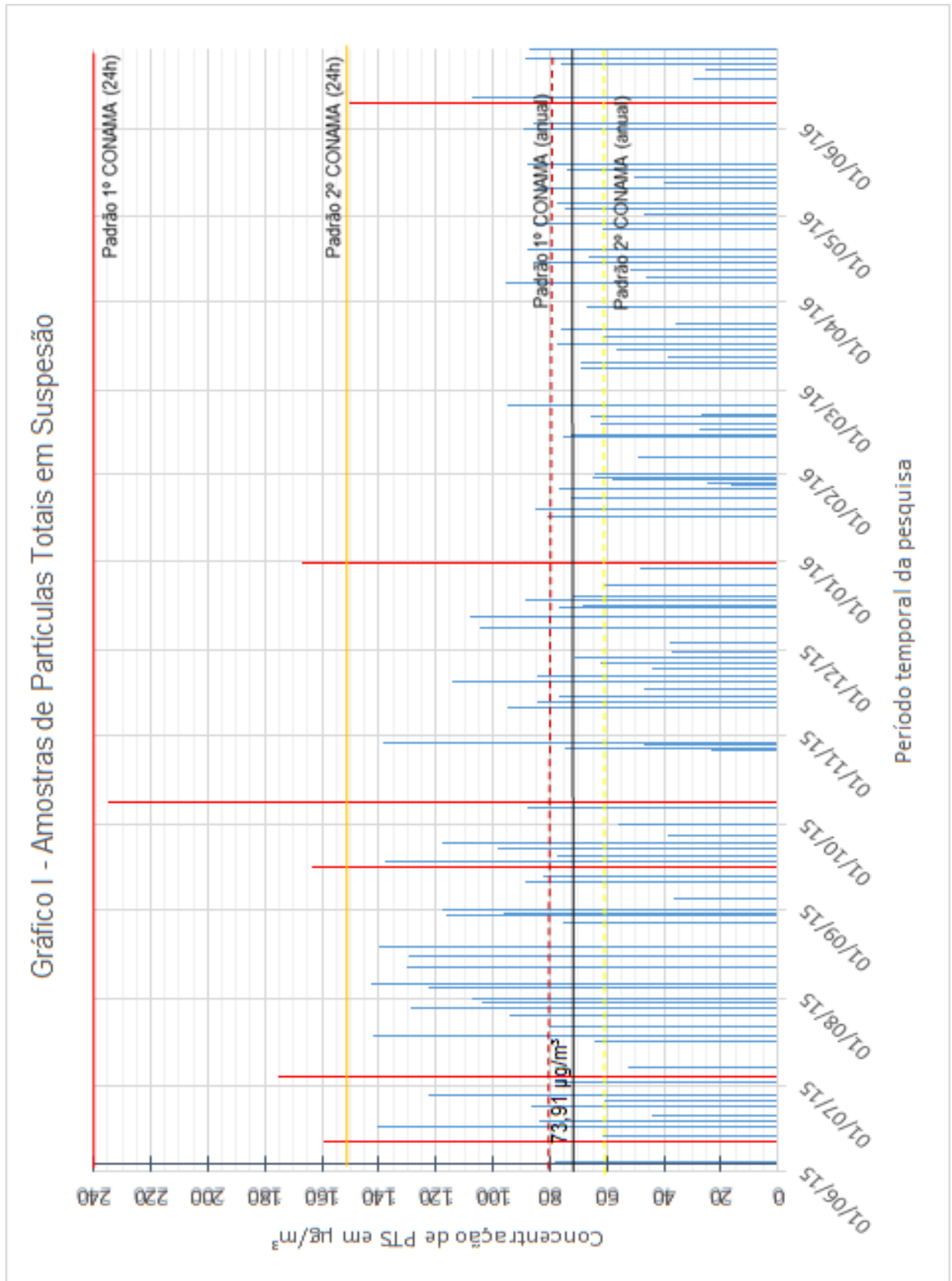


Gráfico 1: Amostras de Partículas Totais em Suspensão - Concentração das amostras coletadas em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em comparação com os padrões primários e secundários, diários (Linhas preenchidas do eixo X) e anuais (Linhas pontilhadas do eixo X) estabelecidos pelo CONAMA.

## 4.2 RESULTADOS MENSAIS:

O mês de junho foi o primeiro mês da pesquisa de qualidade do ar no Colégio São Francisco em Paranaguá. Nesse mês foram realizadas nove coletas de partículas totais em suspensão. Apenas uma amostra apresentou concentração acima do padrão secundário para 24 horas, no dia 11/06/2015. Nesse dia foi registrado precipitação de 0 mm e temperatura média de  $\pm 24^{\circ}\text{C}$ . A média geométrica das amostras do mês de junho de 2015 foi de  $\pm 86,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , índice acima do padrão primário anual ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) determinado pelo CONAMA.

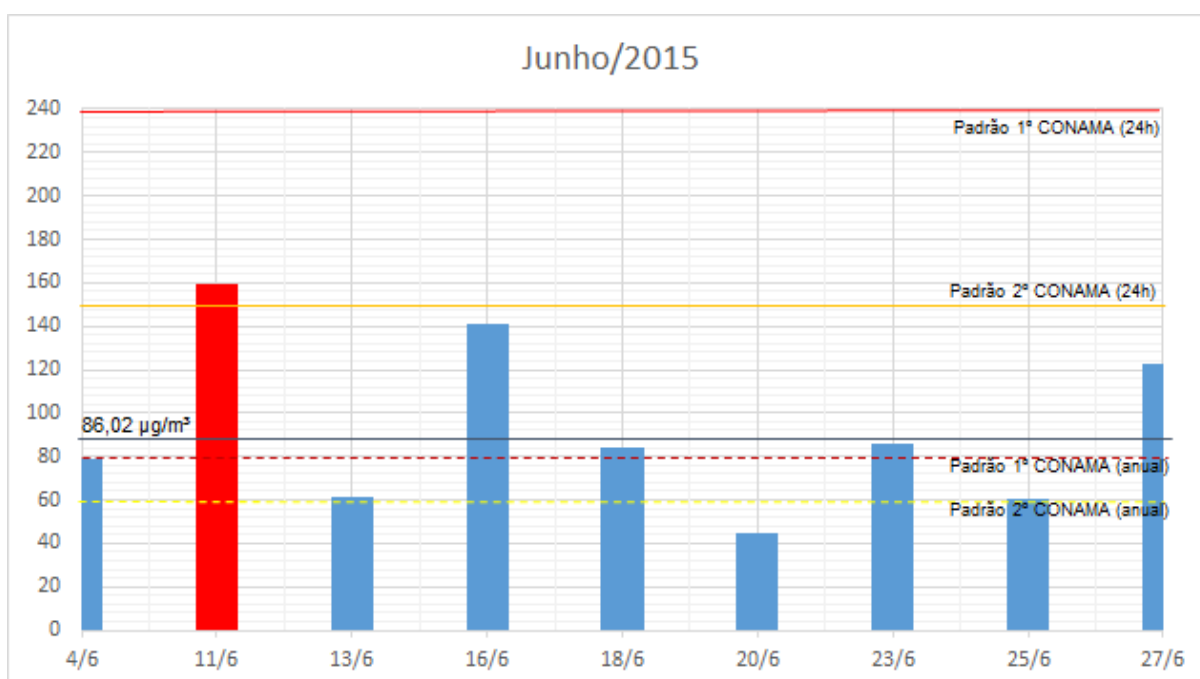


Gráfico 2: Amostras de Partículas Totais em Suspensão - Concentração das amostras coletadas em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em comparação com os padrões primários e secundários, diários (Linhas preenchidas do eixo X) e anuais (Linhas pontilhadas do eixo X) estabelecidos pelo CONAMA

Durante o mês de julho de 2015 (Gráfico 3) foram realizadas 10 coletas de partículas totais em suspensão. Apenas uma amostra apresentou concentração acima do padrão secundário para 24 horas, no dia 04/07/2015. Nesse dia foi registrado precipitação de 0 mm e temperatura média de  $\pm 18^{\circ}\text{C}$ . A média geométrica das amostras do mês de julho de 2015 foi de  $\pm 96,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , índice acima do padrão primário anual ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) determinado pelo CONAMA.

Ao decorrer do mês de agosto de 2015 (Gráfico 4), foram realizadas nove coletas de partículas totais em suspensão. Nenhuma amostra apresentou concentração acima dos padrões para 24 horas. Entretanto a média geométrica das amostras do mês de agosto de 2015 foi de  $\pm 116,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , índice muito acima do padrão primário anual ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) determinado pelo CONAMA.

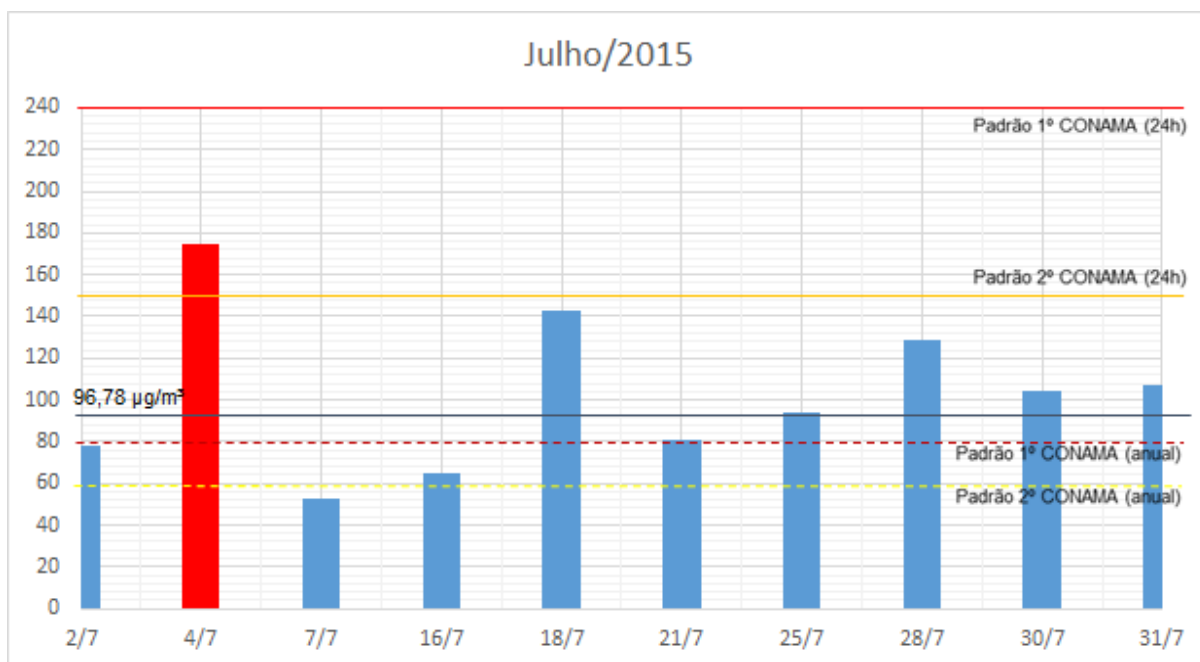


Gráfico 3: Amostras de Partículas Totais em Suspensão - Concentração das amostras coletadas em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  em comparação com os padrões primários e secundários, diários (Linhas preenchidas do eixo X) e anuais (Linhas pontilhadas do eixo X) estabelecidos pelo CONAMA.

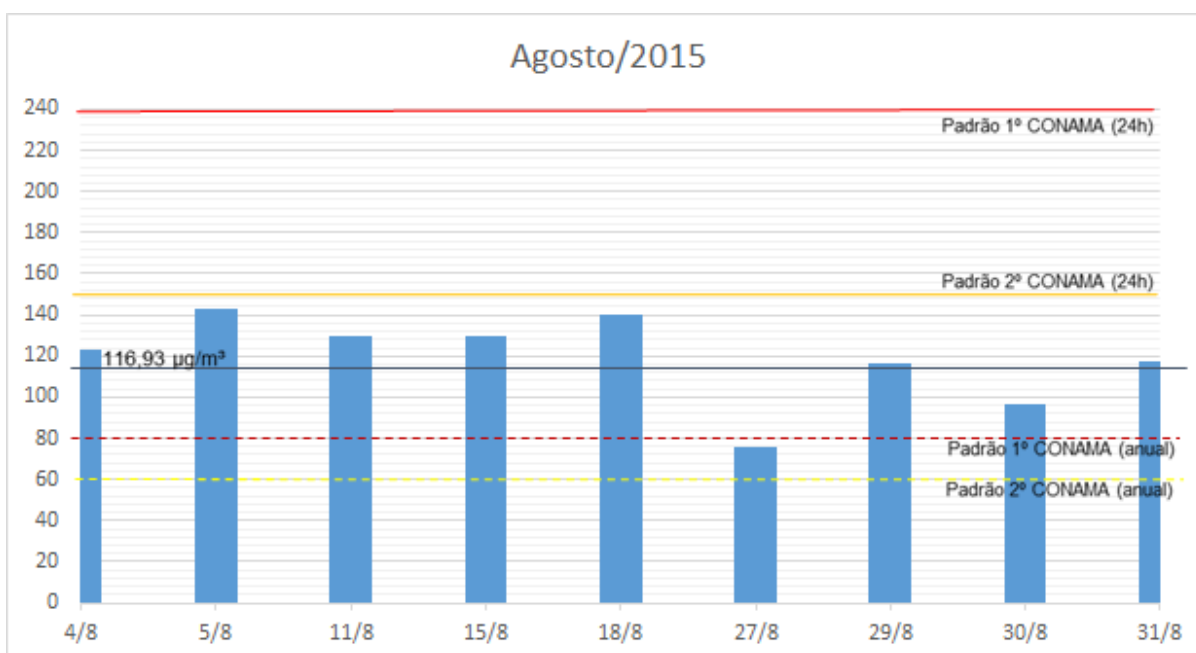


Gráfico 4: Amostras de Partículas Totais em Suspensão referente ao mês de agosto de 2015.

Durante o mês de setembro de 2015 foram realizadas 10 coletas de partículas totais em suspensão. Uma amostra apresentou concentração acima do padrão secundário para 24 horas, no dia 15/09/2015. Nesse dia foi registrado precipitação de 0 mm e temperatura média de  $\pm 15^{\circ}\text{C}$ . A para média geométrica das amostras do mês de setembro de 2015 foi de  $\pm 80,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , índice acima do padrão primário anual ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) determinado pelo CONAMA.

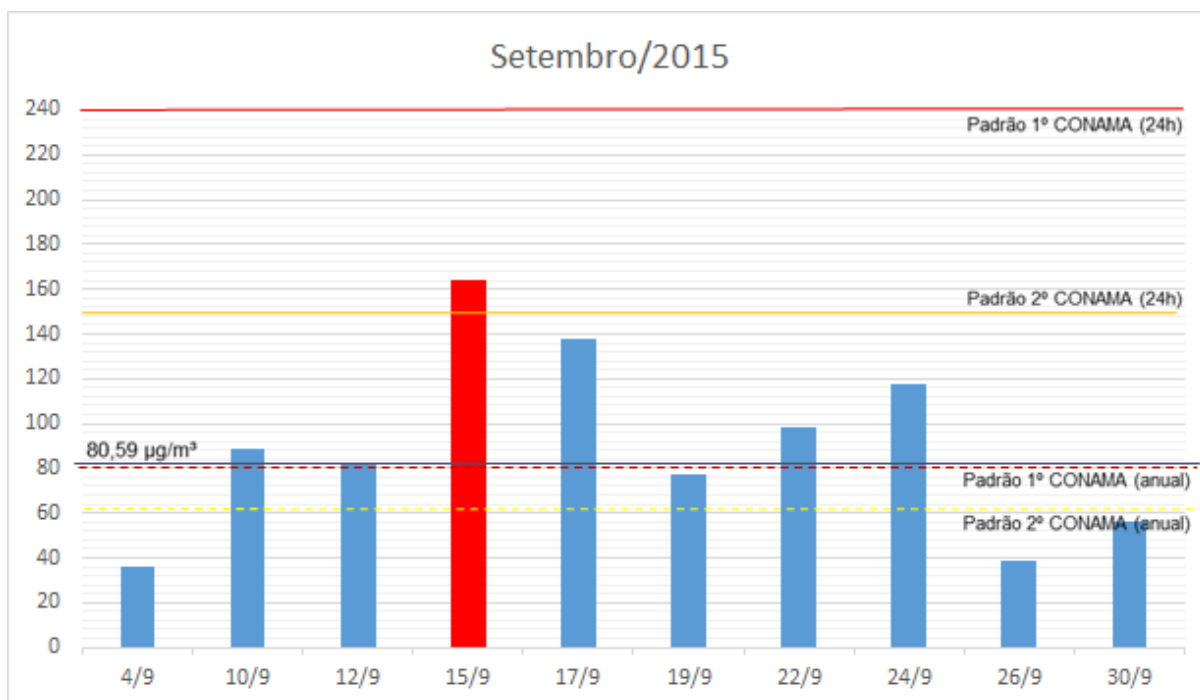


Gráfico 5: Amostras de Partículas Totais em Suspensão referente ao mês de setembro de 2015.

No mês de outubro de 2015 (Gráfico 6) foram realizadas seis coletas de partículas totais em suspensão, neste mês o número de amostras foi reduzido devido à problemas técnicos com a máquina de amostragem, AGV PTS/CVV. Apenas uma das amostras apresentou concentração acima do padrão secundário para 24 horas, no dia 08/10/2015, apresentou a concentração de  $235,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , índice muito acima do padrão secundário e próximo ao padrão primário. Nesse dia foi registrado precipitação de 0 mm e temperatura média de  $\pm 23^{\circ}\text{C}$ . A média geométrica das amostras do mês de outubro de 2015 foi de  $\pm 82,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , índice acima do padrão primário anual ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) determinado pelo CONAMA.

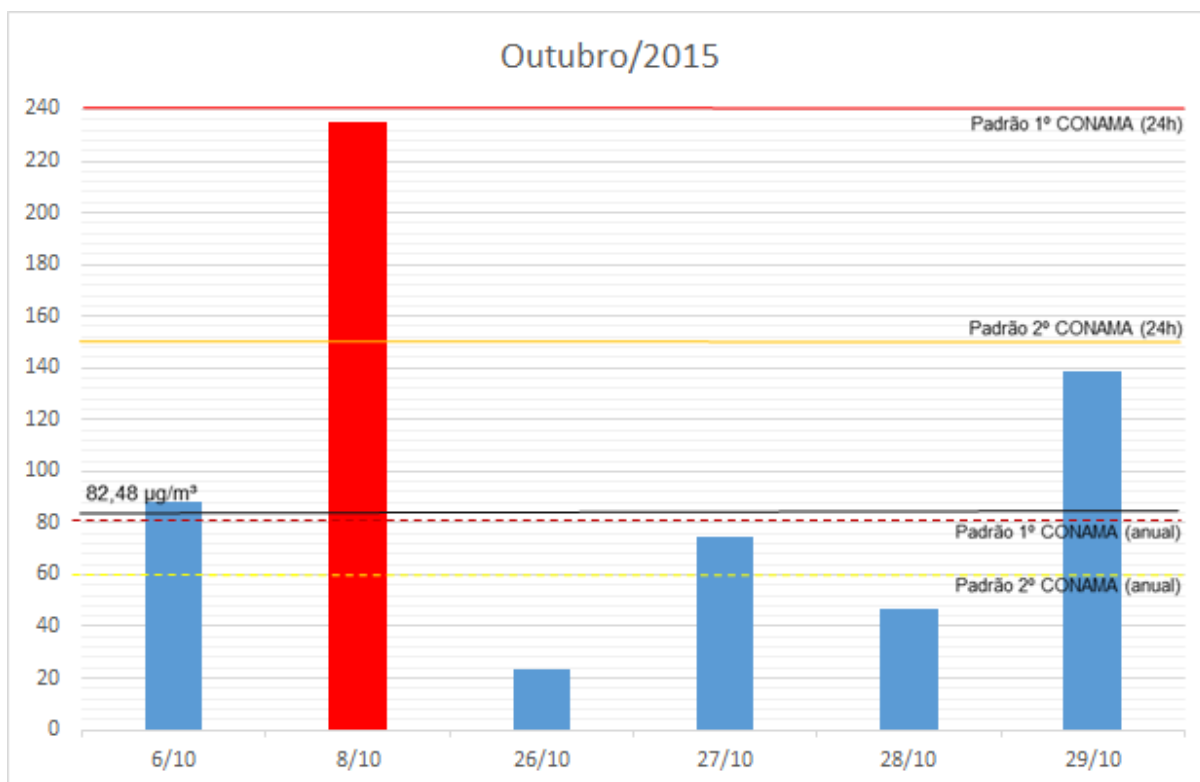


Gráfico 6: Amostras de Partículas Totais em Suspensão referente ao mês de outubro de 2015.

Durante o mês de novembro (Gráfico 7), foram realizadas 10 coletas de partículas totais em suspensão. Nenhuma amostra apresentou concentração acima do padrão secundário para 24 horas. A para média geométrica das amostras do mês de setembro de 2015 foi de  $\pm 67,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , índice acima do padrão secundário anual ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) determinado pelo CONAMA.

Ao decorrer do mês de dezembro de 2015 (Gráfico 8) foram realizadas 10 coletas de partículas totais em suspensão. Uma amostra apresentou concentração acima do padrão secundário para 24 horas, no dia 31/12/2015. Nesse dia foi registrado precipitação de 0 mm e temperatura média de  $\pm 28^\circ\text{C}$ . A para média geométrica das amostras do mês de setembro de 2015 foi de  $\pm 70,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , índice acima do padrão secundário anual ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) determinado pelo CONAMA.

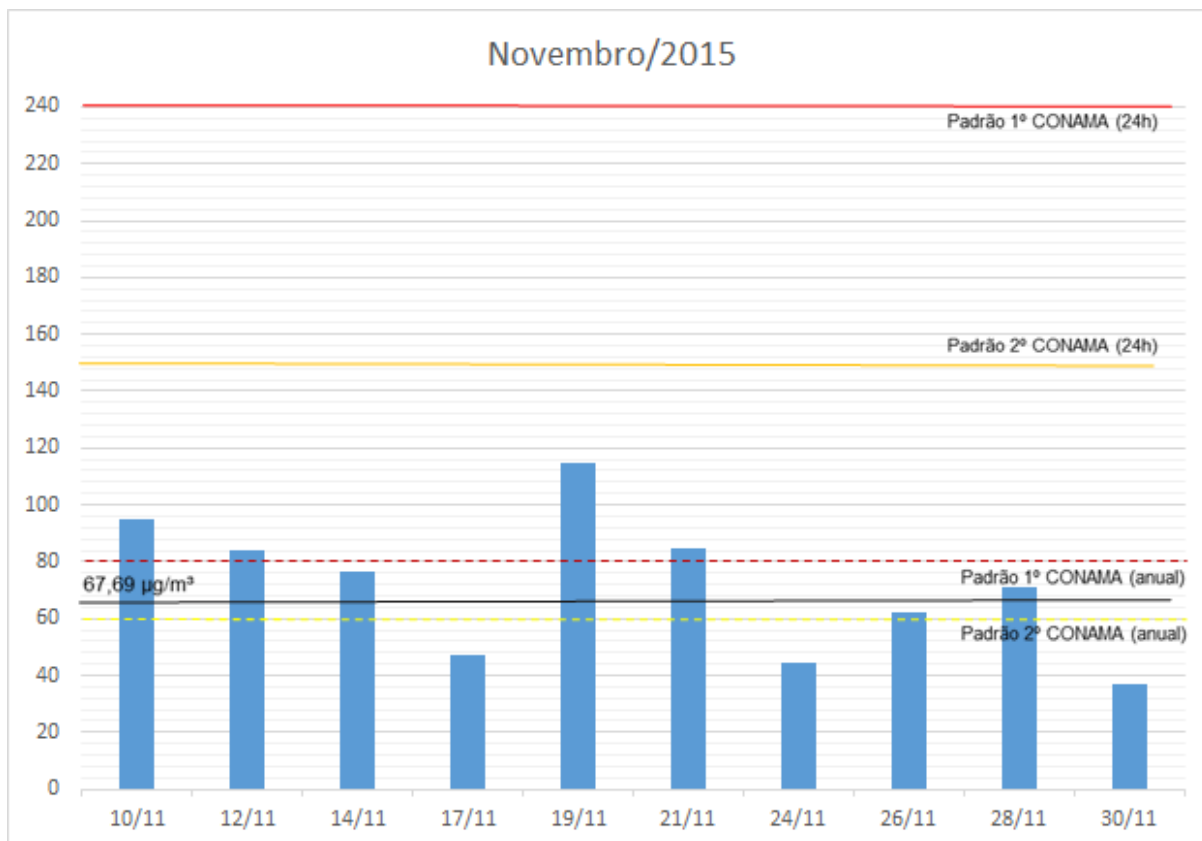


Gráfico 7: Amostras de Partículas Totais em Suspensão referente ao mês de novembro de 2015.

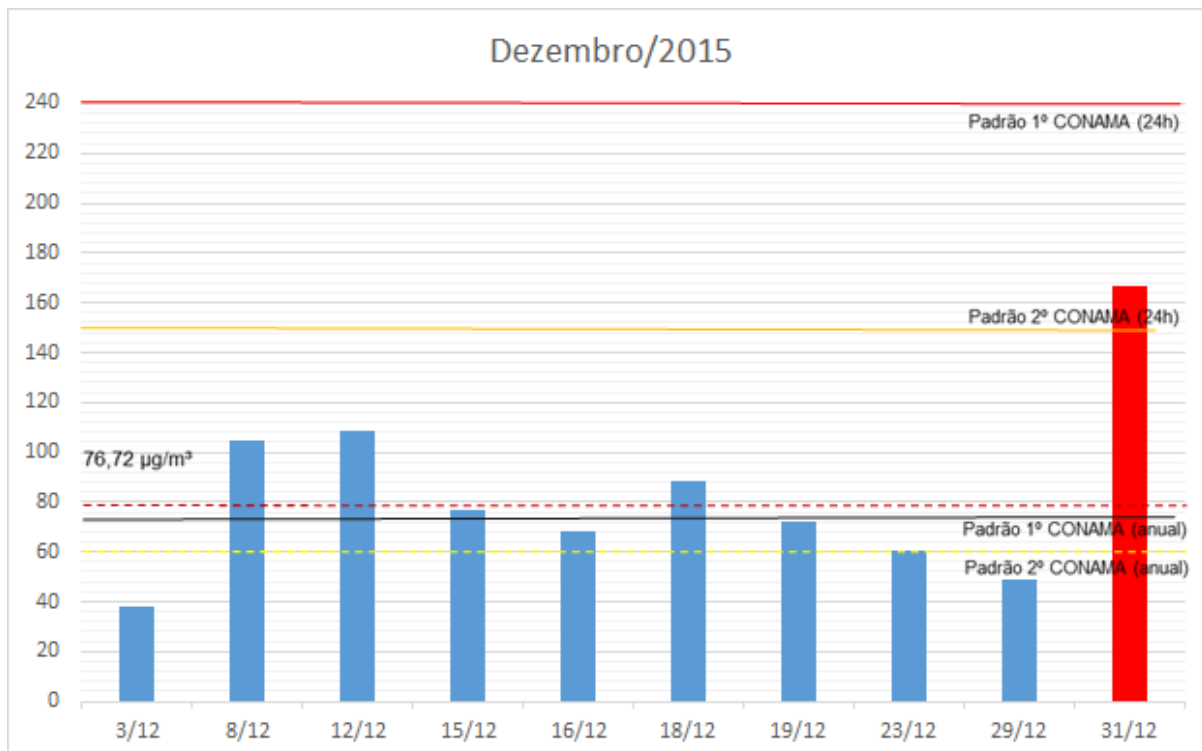


Gráfico 8: Amostras de Partículas Totais em Suspensão referente ao mês de dezembro de 2015.

No mês de janeiro de 2016 (Gráfico 9) foram realizadas nove coletas de partículas totais em suspensão. Nenhuma amostra incluindo a média geométrica mensal, não excederam os padrões da legislação vigente. A média geométrica das amostras foi de  $\pm 53,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

6

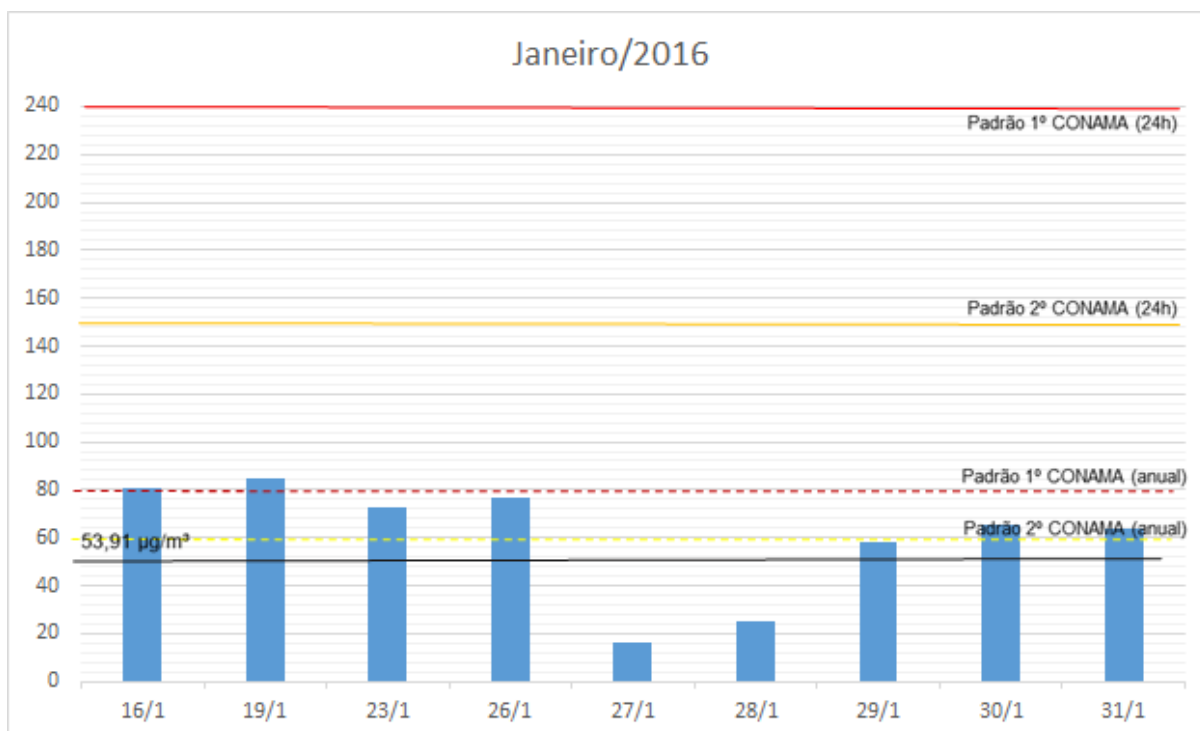


Gráfico 9: Amostras de Partículas Totais em Suspensão referente ao mês de janeiro de 2016.

No mês de fevereiro de 2016 (Gráfico 10) foram realizadas oito coletas de partículas totais em suspensão. Nenhuma amostra incluindo a média geométrica mensal, não excederam os padrões da legislação vigente. A média geométrica das amostras foi de  $\pm 54,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

No mês de março de 2016 (Gráfico 11) foram realizadas oito coletas de partículas totais em suspensão. Nenhuma amostra incluindo a média geométrica mensal, não excederam os padrões da legislação vigente. A média geométrica das amostras foi de  $\pm 59,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , próximo ao padrão secundário anual do CONAMA.

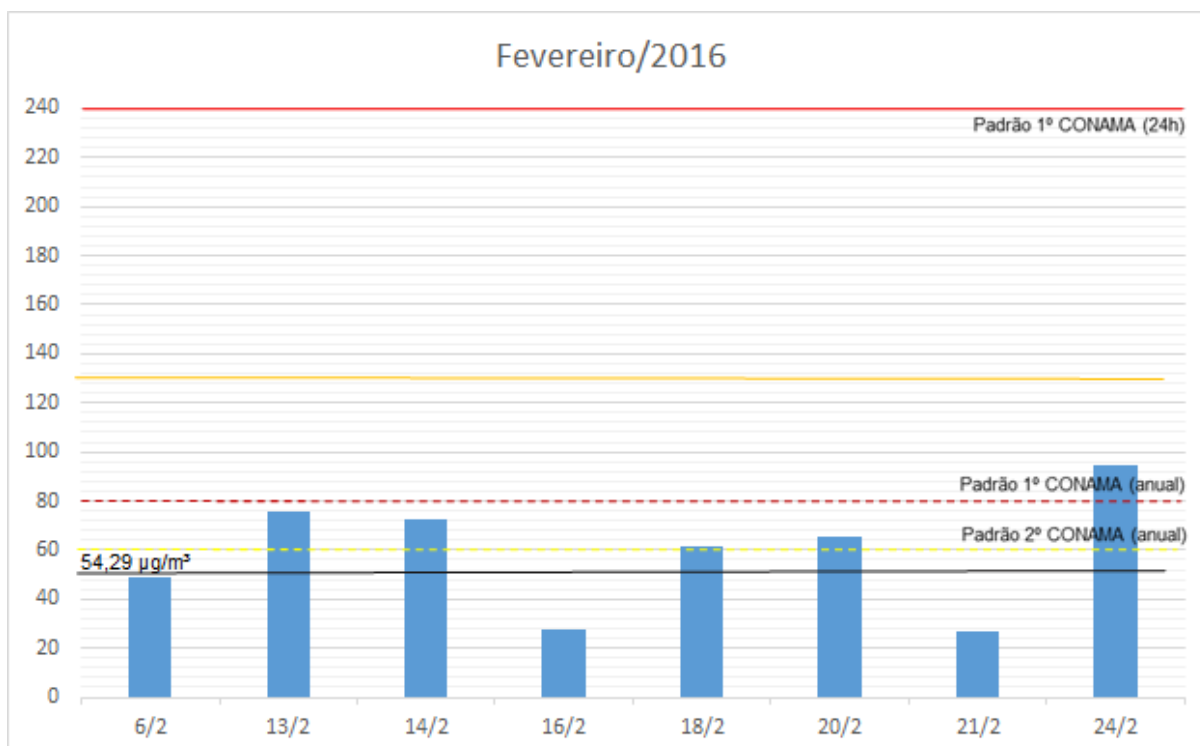


Gráfico 10: Amostras de Partículas Totais em Suspensão referente ao mês de fevereiro de 2016.

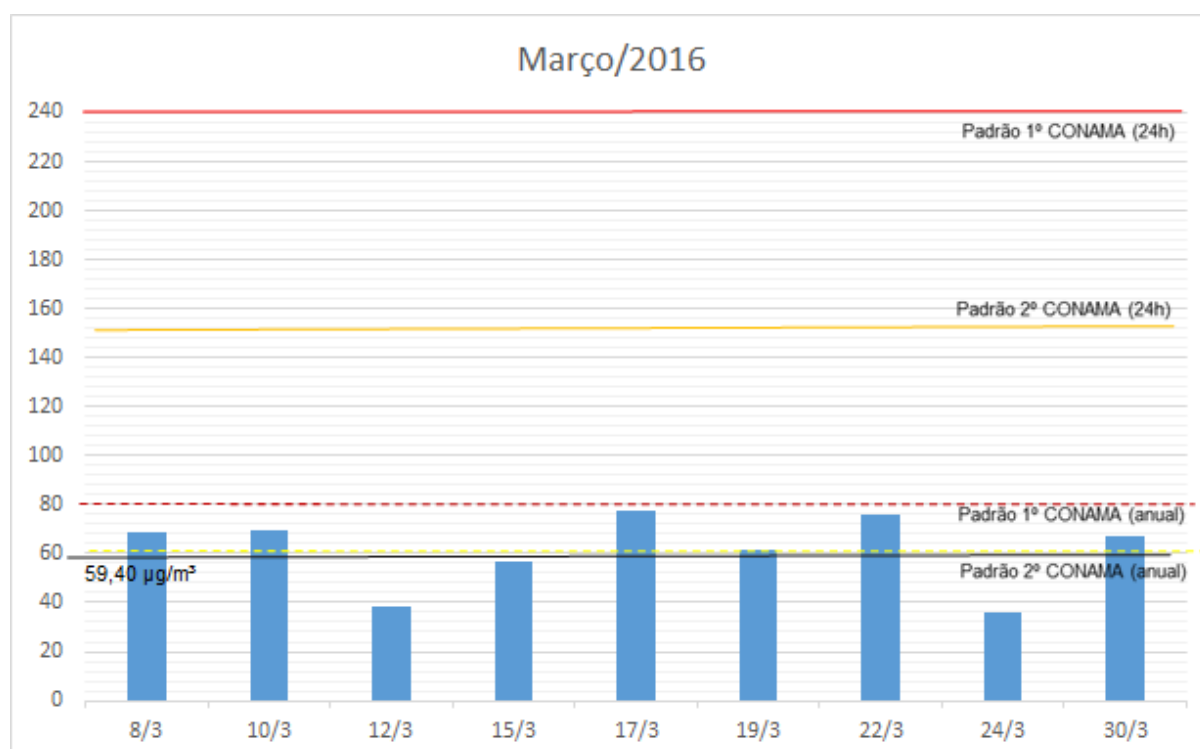


Gráfico 11: Amostras de Partículas Totais em Suspensão referente ao mês de março de 2016.

Durante o mês de abril de 2016 (Gráfico 12) foram realizadas oito coletas de partículas totais em suspensão. Nenhuma amostra excedeu os padrões da legislação vigente para 24 horas. A média geométrica das amostras foi de  $\pm 70,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , acima do padrão secundário anual do CONAMA.

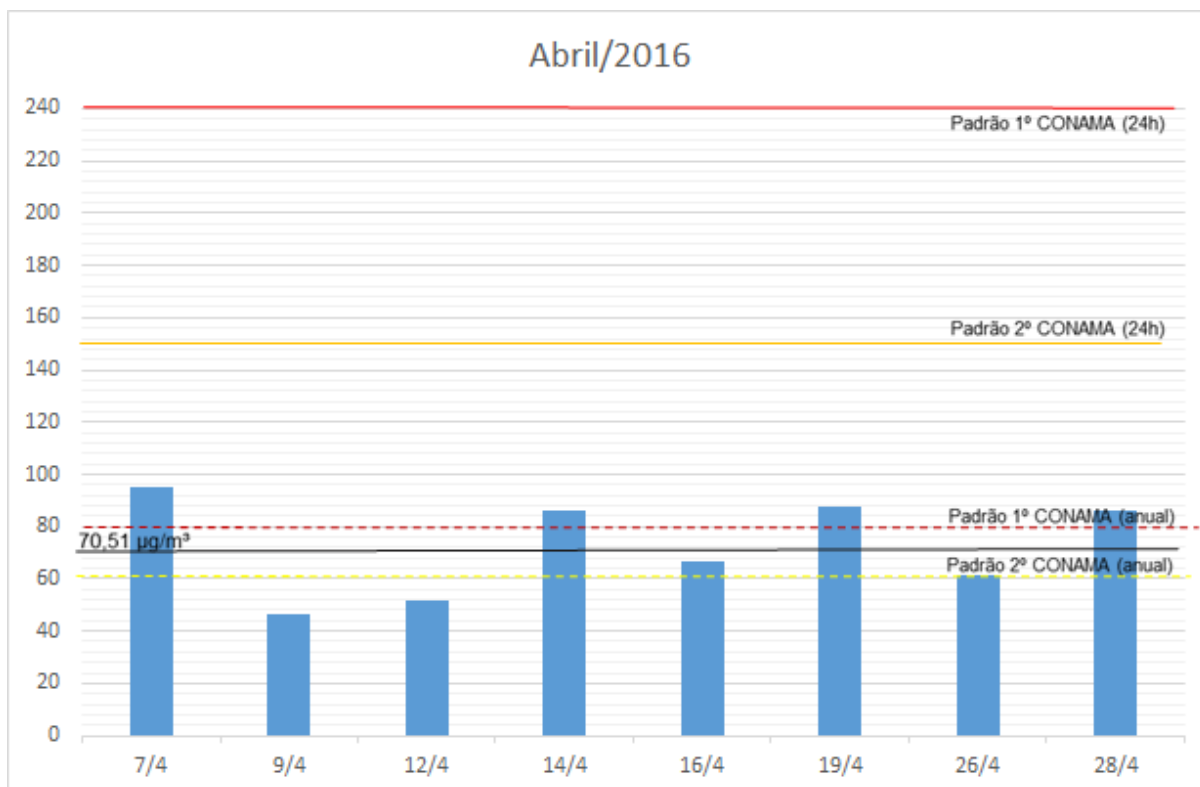


Gráfico 12: Amostras de Partículas Totais em Suspensão referente ao mês de abril de 2016.

Ao decorrer do mês de maio de 2016 (Gráfico 13) foram realizadas nove coletas de partículas totais em suspensão. Nenhuma amostra excedeu os padrões da legislação vigente para 24 horas. A média geométrica das amostras foi de  $\pm 66,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , acima do padrão secundário anual do CONAMA.

O mês de junho de 2016 (Gráfico 14) foi o mês final da pesquisa em campo, foram realizadas nove amostras de partículas totais em suspensão. Uma amostra apresentou concentração de aerossóis acima do padrão secundário do CONAMA para 24 horas, com  $120,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , no dia 09/06/2016. Nesse dia foi registrado pluviosidade acumulada em 24 horas de 0 mm e temperatura média de  $\pm 8,0^\circ\text{C}$ . A média geométrica do mês foi de  $\pm 70,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , acima do padrão secundário anual do CONAMA.

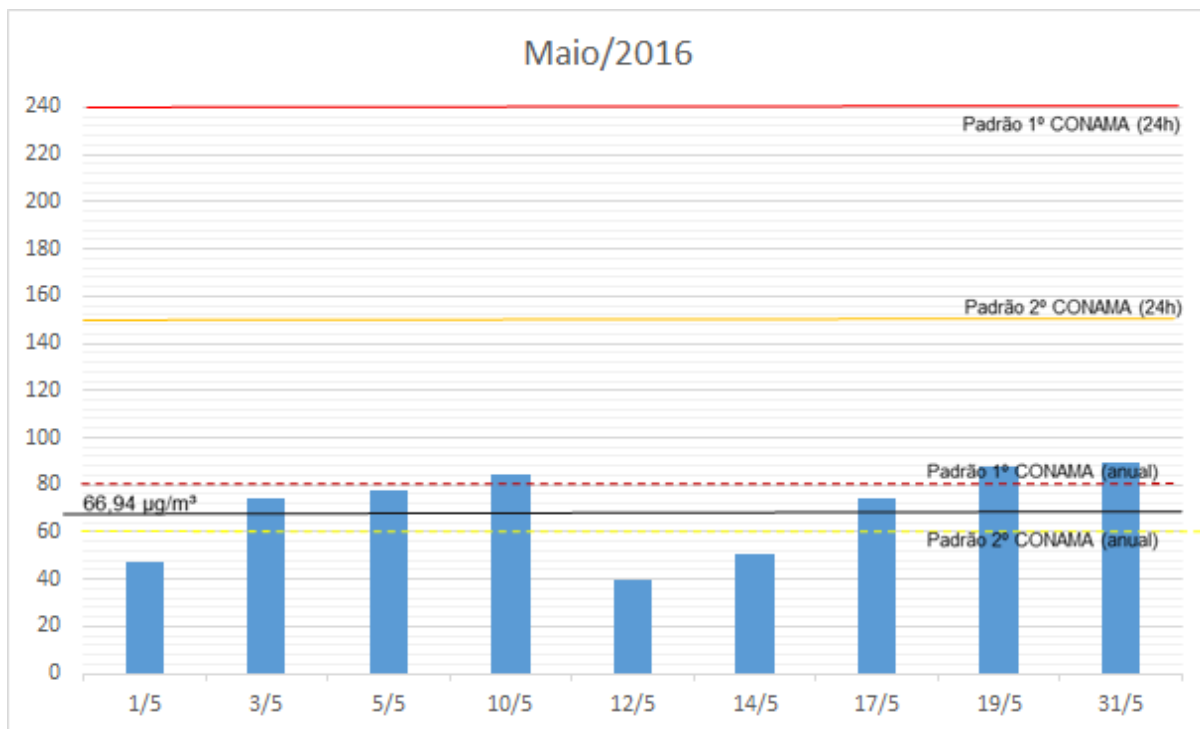


Gráfico 13: Amostras de Partículas Totais em Suspensão referente ao mês de maio de 2016.

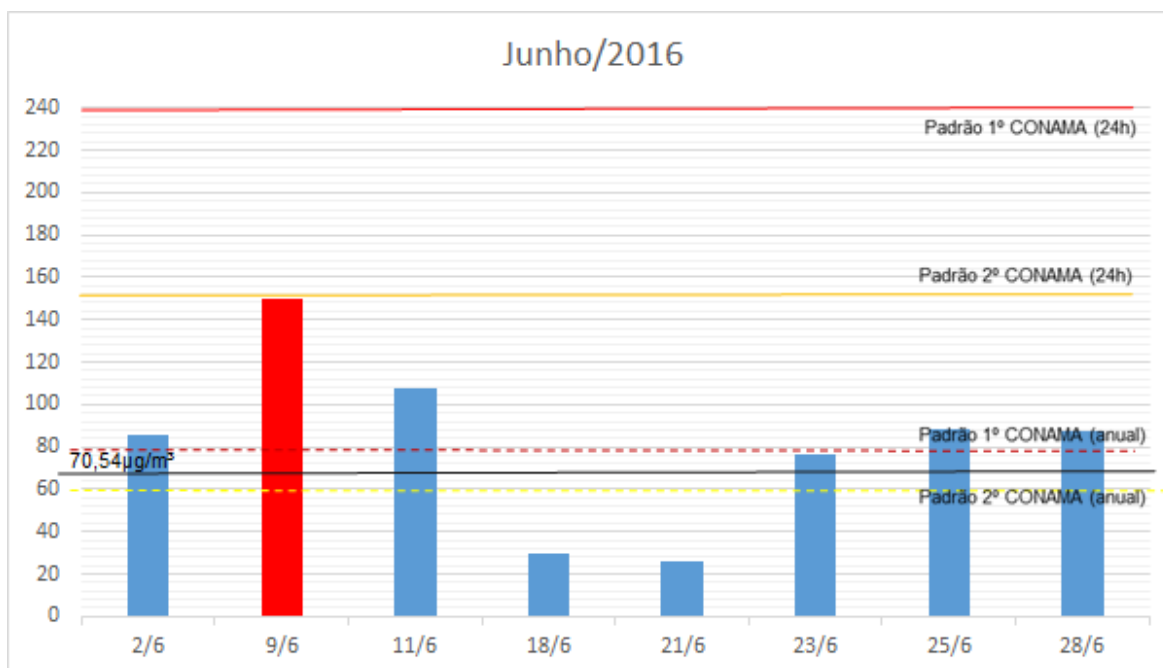


Gráfico 14: Amostras de Partículas Totais em Suspensão referente ao mês de junho de 2016.

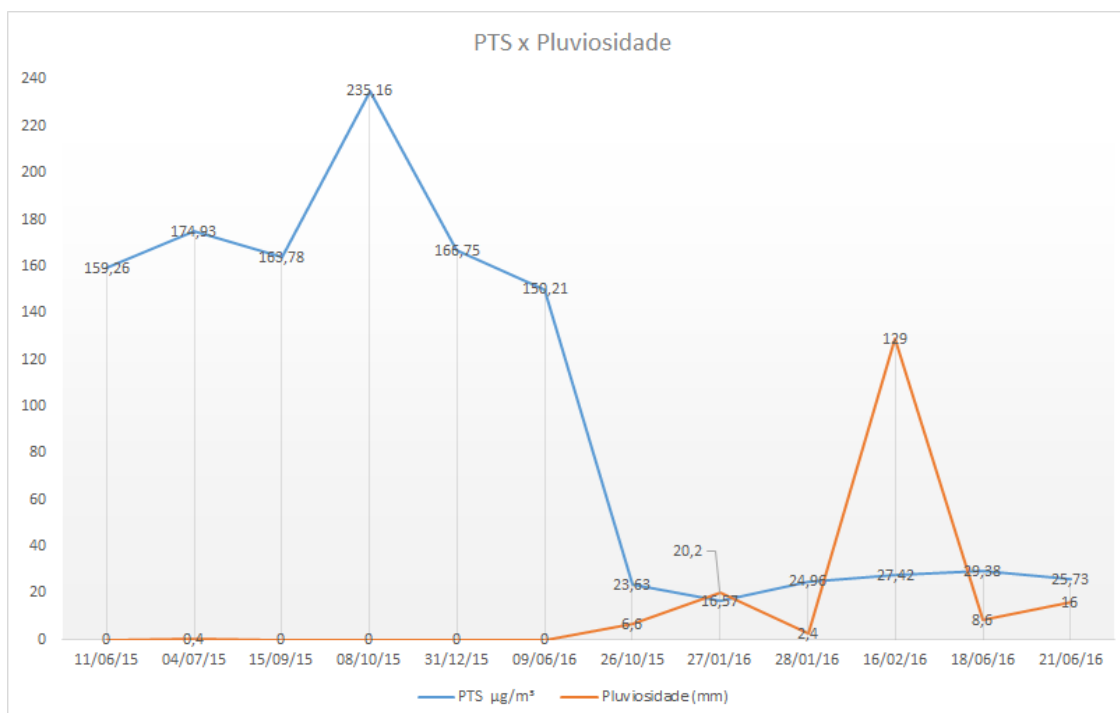


Gráfico 15: Relação entre concentração de PTS e pluviosidade, comparando os dias com alta e baixa concentração de aerossóis e a pluviosidade desses dias.

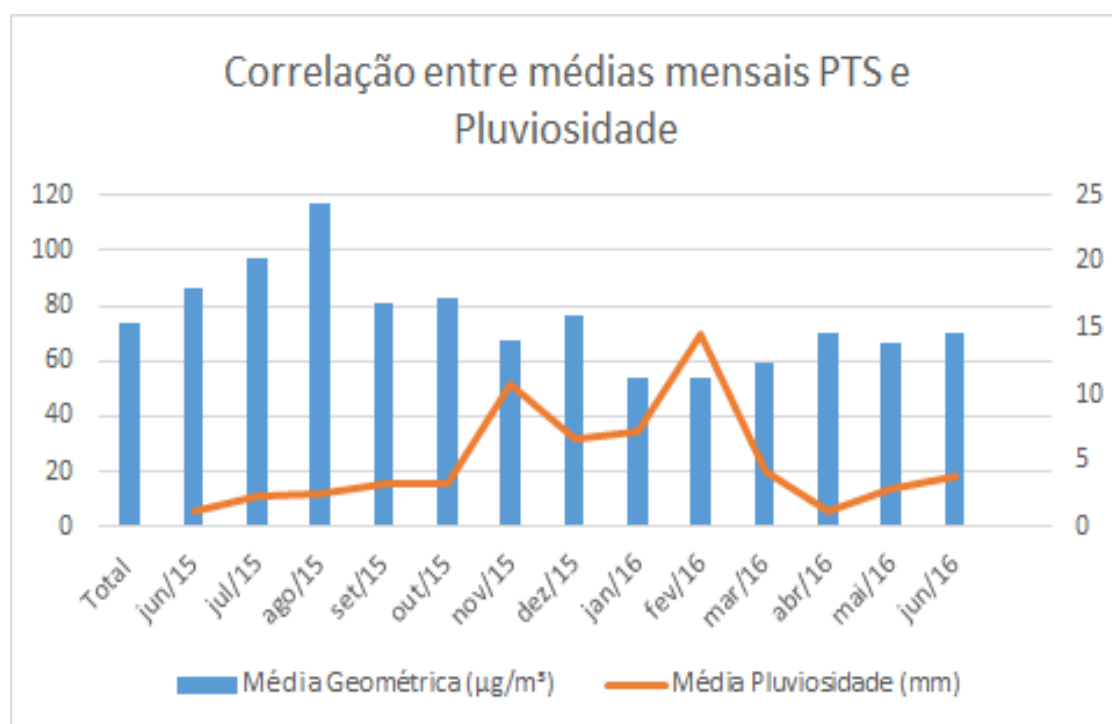


Gráfico 16: Correlação entre média geométrica de PTS e média aritmética por mês.

Foi realizada também a análise estatística da correlação entre os resultados da pesquisa e os índices de pluviosidade de cada dia amostrado utilizando o software

livre JASP Team (2016). JASP (Version 0.8.0.0), foi observado correlação inversa ( $r = -0,329$ ), o que estabelece uma correlação negativa entre os dois fatores, conforme é possível observar na tabela 1 e no gráfico 17, a seguir:

## Correlation Matrix

### Pearson Correlations

|                              |             | Pluviosidade (mm) | PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|------------------------------|-------------|-------------------|------------------------------|
| Pluviosidade (mm)            | Pearson's r | —                 | -0.329***                    |
|                              | p-value     | —                 | < .001                       |
| PTS $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Pearson's r | —                 | —                            |
|                              | p-value     | —                 | —                            |

Note . all tests one-tailed, for negative correlation

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$ , one-tailed

Tabela 1: Matriz de correlação entre pluviosidade e concentração de PTS. (Fonte: Software Livre JASP Team, 2016).

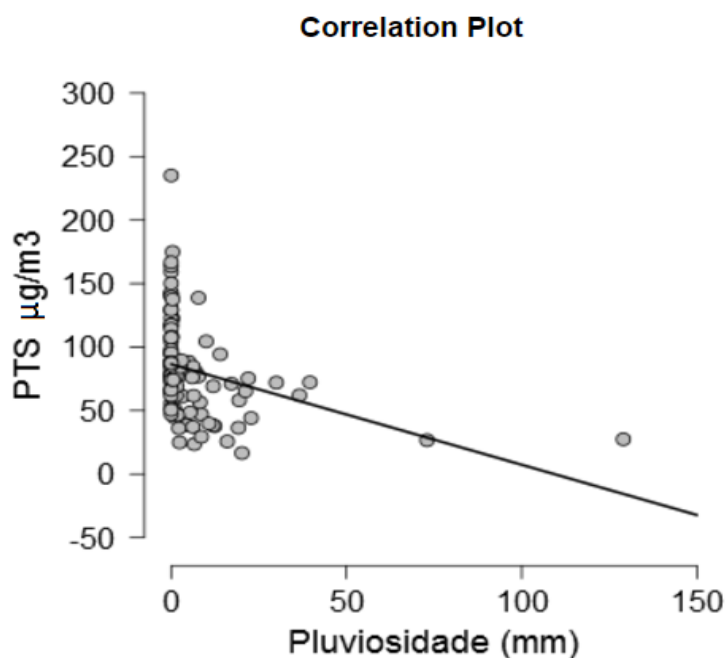


Gráfico 17: Correlação entre pluviosidade e PTS. (Fonte: Software Livre JASP Team, 2016).

É possível observar correlação entre a concentração de aerossóis e pluviosidade. As amostras que apresentaram maior concentração do poluente e as

que excederam o padrão secundário do CONAMA, foram registrados em dias que não houve precipitação de chuva no município como é possível observar no gráfico 15, que compara a relação de pluviosidade das seis amostras que as concentrações de aerossóis passaram os padrões secundários e das seis amostras que apresentaram a menor concentração do poluente ( $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

A comparação dos resultados obtidos com o regime de chuvas no período da pesquisa possibilita observar a presença de sazonalidade no índice de concentração dos aerossóis, influenciados pela dinâmica nas médias mensais de concentração de aerossóis ao decorrer da pesquisa, conforme mostram as linhas de tendências de concentração de aerossóis e pluviosidade do gráfico 15. Os meses iniciais apresentaram uma alta média geométrica de concentração de PTS, em alguns meses passando de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (08/2015 com  $116,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) como média geométrica e baixo índice de pluviosidade, referente aos meses de inverno e primavera (Jun/Nov). Enquanto as estações seguintes, verão e outono (Dez/Mai) apresentaram baixa média geométrica de concentração de PTS e um aumento relativo nos índices de precipitação de chuva.

## 5 DISCUSSÃO

Conforme apresentado, seis amostras excederam os padrões secundários do CONAMA, de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante os 13 meses amostrados, todas essas em meses distintos. A mesma norma do CONAMA, define que esse padrão não pode ser ultrapassado mais que duas vezes ao ano, caso contrário o ambiente não se encontra dentro dos padrões seguros para a saúde humana e para o ecossistema. Ademais, a média geométrica das amostras de aerossóis foi de  $73,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , concentração acima do padrão secundário anual ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), esse resultado indica um alto risco para a população e o ecossistema regional, por conta da exposição crônica aos aerossóis atmosféricos. A exposição crônica é prejudicial à saúde ecossistêmica, Braga *et. al* (2001) afirmam que não há níveis seguros de exposição à poluentes atmosféricos e que mesmo a exposição à índices de poluição abaixo dos padrões nacionais apresentam riscos, ainda, criticam os padrões de qualidade do ar nacionais, apontando a necessidade de revisão dos mesmos e produção de maiores conhecimentos sobre os poluentes atmosféricos em países tropicais como o Brasil.

A concentração e os tipos de poluentes variam de acordo com cada bioma e região, a presença dos aerossóis atmosféricos é influenciada por múltiplas variáveis, como: umidade do ar, pluviosidade, incidência solar, atividades antropogênicas e fontes naturais. A presença de atividades antrópicas, como atividades industriais e tráfego rodoviário, ferroviário e marítimo agravam a presença e concentração dos poluentes atmosféricos. Ambientes com pouca ou nenhuma presença dessas fontes de emissão antrópica e natural, tendem a ter menor concentração de aerossóis atmosféricos, como é o caso da Antártica, Ali *et al.* (2015) realizaram um estudo em duas estações de monitoramento no continente e durante os anos de 2008 e 2009, suas amostras apresentaram concentrações variantes entre 2,8 e 12,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor considerado baixo que é relacionado às características do ambiente, sendo frio e com alto índice de umidade e pluviosidade, além da pouca antropização. Não há registro da composição e concentração de aerossóis atmosféricos em ambientes naturais da Mata Atlântica, na planície litorânea paranaense, para que se possa saber a composição natural da atmosfera local sem a influência antrópica, como foi realizado por Ali *et al.* (2015) na Antártica, trata-se uma lacuna do conhecimento atual a ser preenchida, para que se possa dar continuidade no processo de compreensão da composição e dinâmica da atmosfera da região e averiguar quais são os impactos reais da antropização sobre a Mata Atlântica e a própria população.

A tabela a seguir reúne resultados de estudos de monitoramento de aerossóis atmosféricos em diferentes pontos do globo, locais com características e grau de ocupação humana distintas.

| Local                                  | Autor                           | Concentração Mínima e Máxima ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )    | Média Geométrica ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )                                | População Estimada (Hab.) |
|--|---------------------------------|--|--|---------------------------|
| Antártica                              | Ali <i>et al.</i> , (2015)      | 2,8 e 12,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                          |  | Inabitado                 |
| Alenquer - PA - Amazônia Brasileira    | Gonçalves <i>et al.</i> (2016)  | 13 e 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                             |  | 30.000                    |
| Venezuela                              | Rosa <i>et al.</i> (2013)       | 22,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |  | 350.000                   |
| São José do Rio Turvo - Interior de SP | Ribeiro e Pesquero (2010)       | 20 e 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                             |  | 5.000                     |
| Paranaguá - PR                         | Tagliatela (2014)               | 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 435 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . | Ano 1) 148 $\mu\text{g}/\text{m}^3$<br>Ano 2) 137 $\mu\text{g}/\text{m}^3$   | 250.000                   |
| Curitiba - PR                          | Esquivel <i>et al.</i> (2011)   |  | Ponto a) 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$<br>Ponto b) 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 1.800.000                 |
| Divinópolis - MG                       | Daumas <i>et al.</i> (2004)     | 73,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                                |  | 230.000                   |
| Buenos Aires - Argentina               | Murruni <i>et al.</i> (2009)    | 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 137 $\mu\text{g}/\text{m}^3$   |  | 3.000.000                 |
| Beijing - China                        | Schleicher <i>et al.</i> (2010) | 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 1028 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  |  | 20.000.000                |

(Tabela 2: Estudos recentes de concentração de aerossóis atmosféricos)

Gonçalves *et al.* (2016), monitoraram uma cidade de Alenquer no estado do Pará, na região amazônica com a presença de atividades antrópicas e população estimada em 54.000 habitantes (IBGE, 2016), suas amostras foram realizadas durante o ano de 2014 e apresentaram concentrações que variaram entre 13 e 31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  entre as estações seca e chuvosa. Rosa *et al.* (2013), pesquisaram os aerossóis atmosféricos no município de Mérida, na Venezuela, com aproximadamente 350.000 habitantes no ano de 2004, onde as concentrações do poluente variaram de 22,86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ribeiro e Pesquero (2010), executaram entre os anos de 1999 e 2000 um estudo no interior do estado de São Paulo, no município de Espírito Santo do Turvo com população estimada em aproximadamente 5.000 habitantes onde predomina a atividade agroindustrial sucroalcooleira, seus resultados não ultrapassaram os padrões do CONAMA e as concentrações variaram entre 20 e 75

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ , com os resultados mais altos referentes à dias de queimadas de canaviais na região.

Esquivel *et al.* (2011), realizaram um estudo epidemiológico para investigar a relação entre poluentes atmosféricos e morbidade de idosos em Curitiba, capital do Estado do Paraná. Para a realização do estudo utilizaram os dados de duas estações de monitoramento do Instituto Ambiental do Paraná, na região central do município. As médias geométricas anuais para o período estudado foi de  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na estação localizada próximo à uma via de tráfego intenso e de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na outra estação mais afastada do centro e constataram correlação positiva entre a concentração de aerossóis atmosféricos e óbitos em idosos.

Em Divinópolis-MG, município com aproximadamente 250.000 habitantes na época, foi realizado outro estudo epidemiológico investigando a concentração de aerossóis atmosféricos e a prevalência de doenças respiratórias em crianças na região, entre os anos 2000 e 2006. Neste estudo, Daumas *et al.* (2004) indicam que a média geométrica de aerossóis atmosférico para o período amostrado foi de  $73,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e observaram uma relação direta entre as concentrações de material particulado no município e a predominância de doenças respiratórias em crianças de zero a 14 anos de idade. Levando em consideração os efeitos dos aerossóis atmosféricos no ambiente e na saúde humana e os resultados dos estudos citados anteriormente, com os resultados do presente estudo, pode-se fortalecer a hipótese de que a exposição aos índices de aerossóis atmosférico identificados neste estudo expõe os habitantes da região, os grupos de risco e o ecossistema local à diversos impactos diretos.

Outros estudos em cidades portuárias encontram concentrações de aerossóis atmosférica diferentes, o que confirma a afirmação de que a concentração do poluente varia de acordo com as características naturais do ambiente e às atividades antropogênicas. Buenos Aires, capital da Argentina e uma das maiores cidades do País, abriga o principal porto do país, Murrini *et al.* (2009) estudaram a composição elementar e a diferença de concentração de aerossóis atmosféricos entre os diversos pontos da cidade entre os anos de 2005 e 2006, através de dados produzidos pelos órgãos ambientais argentinos. Constataram uma variação de concentração de  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $137 \mu\text{g}/\text{m}^3$  em ambientes externos. Embora haja uma significativa diferença entre às dimensões territoriais e de uso e ocupação do solo entre Paranaguá e Buenos

Aires, considerando o segundo com dimensões e taxa de antropização muito superior ao primeiro, os índices de concentração de aerossóis entre os dois estudos estão relativamente próximos, com valores de amostras diárias ainda maiores no presente estudo.

Um estudo realizado por Tagliatela (2014) no município de Paranaguá, entre os anos de 2012 e 2014, em um ponto de coleta próximo ao complexo portuário e industrial, foram registradas médias geométricas de  $148 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $137 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no primeiro e no segundo ano de pesquisa respectivamente. As amostras apresentaram concentrações de aerossóis que variaram entre  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $435 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A comparação entre os resultados do presente estudo e o outro estudo realizado no município de Paranaguá por Tagliatela (2014), à primeira vista nos mostra uma diferença relativamente alta de concentração de aerossóis atmosféricos tanto em concentração por amostras e quantidades de amostras que passaram os padrões de segurança do CONAMA, quanto nas médias geométricas mensais e anuais. Tal fato pode ser relacionado à localização do ponto de coleta onde foi realizado tal estudo, situado próximo ao complexo portuário Dom Pedro II e em frente à uma indústria de mistura e transporte de fertilizantes. O presente estudo foi realizado em uma local mais afastado da área portuária, mas com distância relativa de outras fontes de poluentes, tal como vias de acesso, armazém e indústrias de fertilizantes, como é possível observar na Imagem 2 e 3. A comparação entre os resultados, incita à reflexão de que a presença de aerossóis atmosféricos em Paranaguá varia de acordo com a localização e proximidade das fontes de emissão, assim como afirma a literatura. O local de coleta do presente estudo possui uma distância relativamente maior dos pontos de emissão locais, se comparados à proximidade das fontes de emissão do estudo realizado por Tagliatela (2014) e um bairro do município de Paranaguá.

Beijing, na China, país mais populoso do mundo, também abriga um dos principais portos do globo, entretanto em um outro nível de industrialização e urbanização. Schleicher *et al.* (2010) pesquisaram entre 2005 e 2007 a composição e concentração de partículas totais em suspensão e suas amostras constataram concentrações variantes entre  $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $1028 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , com a expressiva média geométrica no outono de 2005 de  $525 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a menor média geométrica por estação do ano apresentada neste estudo foi de  $236 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no verão de 2006. Índices esses

muito alto e superior aos índices encontrados no presente estudo e apontam uma situação de calamidade pública proporcionado pela emissão dos poluentes.

## **6 CONCLUSÃO:**

É evidente que as atividades antrópicas, com foco nas quais utilizam fontes energéticas não renováveis como combustíveis fósseis, como industriais e transporte (rodoviário, ferroviário e marítimo), alteram consideravelmente as características e composição da atmosfera a níveis: regional e global. Assim como é sabido, que a poluição atmosférica é diretamente relacionada com as fontes de emissão locais e que em uma mesma região ou ambiente, as concentrações variam de acordo com fatores como: presença e proximidade de fontes de emissão; temperatura; umidade do ar; pluviosidade; direção do vento; entre outros fatores. E como reação direta desta ação, os aerossóis atmosféricos, representam alto fator de risco à saúde humana e ao ecossistema, em diferentes escalas de acordo com as características de cada local. E é considerado atualmente um dos principais problemas de saneamento à nível mundial, devido aos últimos estudos e estimativas realizados pela OMS e apresentados na introdução deste trabalho.

Como apresentado, não há níveis seguros de exposição à poluentes atmosféricos. Há um denominado grupo de risco aos poluentes que incluem: crianças, idosos, gestantes e pessoas com morbidades cardiovascular ou respiratória, que são mais sensíveis aos poluentes atmosféricos. O presente estudo, registrou seis dias no período amostrado onde os níveis de partículas totais em suspensão estavam acima do padrão secundário (24h) do CONAMA de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , o que significa que do período estudados seis dias a composição do ar ambiente não estavam em níveis seguros para a saúde humana e para o ecossistema. Além do mais, foi registrado média geométrica de  $73,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , média essa também acima do padrão secundário (anual)  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , o que indica uma exposição crônica da população.

Este estudo foi realizado em uma escola do ensino público, onde estudam crianças e adolescentes, considerados população de risco aos poluentes atmosféricos. Ademais, a escola localiza-se em um bairro residencial, o que pode indicar que os moradores próximos ao ponto de coleta estão também vulneráveis à concentrações próximas ao que foi registrado nesta pesquisa. A partir dos dados

obtidos pode-se considerar emergenciais providências do Município e Estado para alteração do local da escola e atividades de prevenção e mitigação dos efeitos da poluição atmosférica na saúde da população local. Os estudos epidemiológicos apresentados na discussão registraram concentração por amostra e médias geométricas abaixo do que foi registrado neste estudo, o que indica uma possível vulnerabilidade da população local, que pode ser confirmada por um outro estudo epidemiológico futuro, a partir dos resultados obtidos com esta pesquisa.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALI, K.; TRIVEDI, D. K.; SAHU, S. Physico-chemical characterization of total suspended particulate matter over two coastal stations of Antarctica and adjoining ocean. **Atmospheric Environment**, v. 122, p. 531–540, 2015.

ALLEN, A. G.; CARDOSO, A. A.; WIATR, A. G.; et al. Influence of intensive agriculture on dry deposition of aerosol nutrients. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 21, n. 1, p. 87–97, 2010.

ALVES, C. Atmospheric aerosols: historical perspective, sources, chemical formation processes and organic composition. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 859–870, 2005.

AGNAN, Y.; SÉJALON-DELMAS, N.; PROBST, A. Comparing early twentieth century and present-day atmospheric pollution in SW France: A story of lichens. **Environmental Pollution**, v. 172, p. 139–148, 2013.

ANTONIACONI, G.; MUNIZ, K. A. Prevalência de Asma e Rinite em Estudantes de 13 e 14 anos no município de Paranaguá-PR. Matinhos -PR: TCC(Bacharelado em Saúde Coletiva) -Universidade Federal do Paraná Setor Litoral, 2013.

AVERETT, N. Smoke Signals: Teasing Out Adverse Health Effects of Wildfire Emissions. **Environmental Health Perspectives**, v. 124, n. 9, p. A166, 2016.

ATAG (Air Transport Action Group). Aviation benefits beyond borders. Oxford Economics, Geneva, Switzerland; 2012.

BARGAGLI, R.; MONACI, F.; BORGHINI, F.; BRAVI, F.; AGNORELLI, C. Mosses and lichens as biomonitors of trace metals. A comparison study on *Hypnum cupressiforme* and *Parmelia caperata* in a former mining district in Italy. **Environmental Pollution**, v. 116, n. 2, p. 279–287, 2002.

BOBBINK, R.; HICKS, K.; GALLOWAY, J.; et al. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: A synthesis. **Ecological Applications**, v. 20, n. 1, p. 30–59, 2010.

BORKEN-KLEEFELD, J.; NTZIACHRISTOS, L. The potential for further controls of emissions from mobile sources in Europe. Disponível em: <<http://gains.iiasa.ac.at/images/stories/reports/TSAP/TSAP-TRANSPORT-20120612.pdf>>. Acesso em: 8/10/2016.

BLANCHARD, C. L.; TANENBAUM, S.; HIDY, G. M. Source Contributions to Atmospheric Gases and Particulate Matter in the Southeastern United States. **Environmental Science & Technology**, v. 46, n. 10, p. 5479–5488, 2012.

Braga, A., Pereira, L. A. A., Böhm, G. M. & Saldiva, P. Poluição atmosférica e saúde humana. **Revista USP** -0, 58–71 (2001).

CAI, X.; LI, Z.; SCOTT, E. M.; LI, X.; TANG, M. Short-term effects of atmospheric particulate matter on myocardial infarction: a cumulative meta-analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 7, p. 6139–6148, 2016.

CALDERÓN-GARCIDUEÑAS, L.; REYNOSO-ROBLES, R.; VARGAS-MARTÍNEZ, J.; et al. Prefrontal white matter pathology in air pollution exposed Mexico City young urbanites and their potential impact on neurovascular unit dysfunction and the development of Alzheimer's disease. **Environmental Research**, v. 146, p. 404–417, 2016.

CHOI, H.; RAUH, V.; GARFINKEL, R.; TU, Y.; PERERA, F. P. Prenatal exposure to airborne polycyclic aromatic hydrocarbons and risk of intrauterine growth restriction. **Environmental Health Perspectives**, v. 116, n. 5, p. 658–665, 2008.

CONTINI, D. .; GAMBARO, A. . C; BELOSI, F. .; et al. The direct influence of ship traffic on atmospheric PM 2.5, PM 10 and PAH in Venice. **Journal of Environmental Management**, v. 92, n. 9, p. 2119–2129, 2011.

CORBETT, J. J. Updated emissions from ocean shipping. **Journal of Geophysical Research**, v. 108, n. D20, 2003. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2003JD003751>>. Acesso em: 6/10/2016.

CORBETT, J. J.; FISCHBECK, P. S.; PANDIS, S. N. Global nitrogen and sulfur inventories for oceangoing ships. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 104, n. D3, p. 3457–3470, 1999.

COSTA, L. G.; COLE, T. B.; COBURN, J.; et al. Neurotoxicity of traffic-related air pollution. **NeuroToxicology**, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0161813X15300243>>. Acesso em: 25/10/2016.

DAI, L.; ZANOBETTI, A.; KOUTRAKIS, P.; SCHWARTZ, J. D. Associations of Fine Particulate Matter Species with Mortality in the United States: A Multicity Time-Series Analysis. **Environmental Health Perspectives**, v. 122, n. 8, p. 837–842, 2014.

DARROW, L. A.; KLEIN, M.; FLANDERS, W. D.; et al. Ambient air pollution and preterm birth: a time-series analysis. **Epidemiology** (Cambridge, Mass.), v. 20, n. 5, p. 689–698, 2009.

DAUMAS, R. P.; MENDONÇA, G. A. E S.; LEÓN, A. P. DE. Poluição do ar e mortalidade em idosos no Município do Rio de Janeiro: análise de série temporal. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 1, p. 311–319, 2004.

DAVIS, S.C; DIEGEL, S.W.; BOUNDY, R.G. Transportation Energy Data Book, (28th ed.) Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN (2009)

DESPRÉS, V. R.; HUFFMAN, J. A.; BURROWS, S. M.; et al. Primary biological aerosol particles in the atmosphere: a review. **Tellus B**, v. 64, n. 0, 2012. Disponível em: <<http://www.tellusb.net/index.php/tellusb/article/view/15598>>. Acesso em: 28/9/2016.

DMUCHOWSKI, W.; GOZDOWSKI, D.; BACZEWSKA, A. H. Comparison of four bioindication methods for assessing the degree of environmental lead and cadmium pollution. **Journal of Hazardous Materials**, v. 197, p. 109–118, 2011.

EEFTENS, M.; BEELEN, R.; DE HOOGH, K.; et al. Development of Land Use Regression Models for PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>2.5</sub> Absorbance, PM<sub>10</sub> and PM coarse in 20 European Study Areas; Results of the ESCAPE Project. **Environmental Science & Technology**, v. 46, n. 20, p. 11195–11205, 2012.

EEFTENS, M.; TSAI, M.-Y.; AMPE, C.; et al. Spatial variation of PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> absorbance and PM coarse concentrations between and within 20 European study areas and the relationship with NO<sub>2</sub> – Results of the ESCAPE project. **Atmospheric Environment**, v. 62, p. 303–317, 2012.

ENDRESEN, Ø. Emission from international sea transportation and environmental impact. **Journal of Geophysical Research**, v. 108, n. D17, 2003. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2002JD002898>>. Acesso em: 6/10/2016.

ESQUIVEL, G. A. R.; GOMES, J.; GRAUER, A. F. Avaliação da correlação entre as concentrações de poluentes atmosféricos e a mortalidade de idosos no município de Curitiba. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 16, n. 4, p. 387–394, 2011.

EYRING, V. Emissions from international shipping: 1. The last 50 years. **Journal of Geophysical Research**, v. 110, n. D17, 2005. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2004JD005619>>. Acesso em: 6/10/2016.

EYRING, V. Emissions from international shipping: 2. Impact of future technologies on scenarios until 2050. **Journal of Geophysical Research**, v. 110, n. D17, 2005. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1029/2004JD005620>>. Acesso em: 6/10/2016.

EZE, I. C.; SCHAFFNER, E.; FISCHER, E.; et al. Long-term air pollution exposure and diabetes in a population-based Swiss cohort. **Environment International**, v. 70, p. 95–105, 2014.

FLORES-PAJOT, M.-C.; OFNER, M.; DO, M. T.; LAVIGNE, E.; VILLENEUVE, P. J. Childhood autism spectrum disorders and exposure to nitrogen dioxide, and particulate matter air pollution: A review and meta-analysis. **Environmental Research**, v. 151, p. 763–776, 2016.

FRANCOVÁ, A.; CHRASTNÝ, V.; ŠILLEROVÁ, H.; et al. Evaluating the suitability of different environmental samples for tracing atmospheric pollution in industrial areas. **Environmental Pollution**, 2016. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026974911631380X>>. Acesso em: 14/10/2016.

GÉNÉREUX, M.; AUGER, N.; GONEAU, M.; DANIEL, M. Neighbourhood socioeconomic status, maternal education and adverse birth outcomes among mothers living near highways. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 62, n. 8, p. 695–700, 2008.

GIRGUIS, M. S.; STRICKLAND, M. J.; HU, X.; et al. Maternal exposure to traffic-related air pollution and birth defects in Massachusetts. **Environmental Research**, v. 146, p. 1–9, 2016.

GONZALEZ, R. O.; STREKOPYTOV, S.; AMATO, F.; et al. New Insights from Zinc and Copper Isotopic Compositions into the Sources of Atmospheric Particulate Matter from Two Major European Cities. **Environmental Science & Technology**, v. 50, n. 18, p. 9816–9824, 2016.

GURGATZ, B. M.; CARVALHO-OLIVEIRA, R.; DE OLIVEIRA, D. C.; JOUCOSKI, E.; ANTONIACONI, G.; SALDIVA, P. H. do N.; REIS, R. A. Atmospheric Metal Pollutants and Environmental Injustice: A Methodological Approach to Environmental Risk

Analysis Using Fuzzy Logic and Tree Bark. **Ecological Indicators**, v. 71, p. 428–437, dez. 2016.

GUO, Y.; ZENG, H.; ZHENG, R.; et al. Lung cancer incidence and ambient air pollution in China: a spatial age–period cohort study 1990–2009. **The Lancet**, v. 386, p. S5, 2015.

GUO, Y.; ZENG, H.; ZHENG, R.; et al. The association between lung cancer incidence and ambient air pollution in China: A spatiotemporal analysis. **Environmental Research**, v. 144, p. 60–65, 2016.

HABERMANN, M.; GOUVEIA, N. Socioeconomic Position and Low Birth Weight among Mothers Exposed to Traffic-Related Air Pollution. **PLoS ONE**, v. 9, n. 11, 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4245223/>>. Acesso em: 25/10/2016.

HANSEN, C. A.; BARNETT, A. G.; JALALUDIN, B. B.; MORGAN, G. G. Ambient Air Pollution and Birth Defects in Brisbane, Australia. **PLoS ONE**, v. 4, n. 4, 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2671139/>>. Acesso em: 24/10/2016.

HAYWOOD, J.; BOUCHER, O. Estimates of the direct and indirect radiative forcing due to tropospheric aerosols: A review. **Reviews of Geophysics**, v. 38, n. 4, p. 513–543, 2000.

HOLMES, N. S. A review of particle formation events and growth in the atmosphere in the various environments and discussion of mechanistic implications. **Atmospheric Environment**, v. 41, n. 10, p. 2183–2201, 2007.

HU, H.; HA, S.; HENDERSON, B. H.; et al. Association of Atmospheric Particulate Matter and Ozone with Gestational Diabetes Mellitus. **Environmental Health Perspectives**, v. 123, n. 9, p. 853–859, 2015.

IEA. Key world energy statistics. 2012 - OECD/IEA. International Energy Agency, Paris, France (2012).

JACOBSON, M. Z. Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols. **Nature**, v. 409, n. 6821, p. 695–697, 2001.

KANAKIDOU, M. .; SEINFELD, J. H. .; PANDIS, S. N. .; et al. Organic aerosol and global climate modelling: A review. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 5, n. 4, p. 1053–1123, 2005.

KEMPF, N.; Die Entwicklung der Theorien ueber den Hoehenrauch, Doctors Dissertation vor der Kgl. Technischen Hochschule zu Muenchen, Verlag von F.C.W. Vogel: Leipzig, 1914

KIM, S.; SHEN, S.; SIOUTAS, C.; ZHU, Y.; HINDS, W. C. Size Distribution and Diurnal and Seasonal Trends of Ultrafine Particles in Source and Receptor Sites of the Los Angeles Basin. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 52, n. 3, p. 297–307, 2002.

KLEEMAN, M. J.; HUGHES, L. S.; ALLEN, J. O.; CASS, G. R. Source Contributions to the Size and Composition Distribution of Atmospheric Particles: Southern California in September 1996. **Environmental Science & Technology**, v. 33, n. 23, p. 4331–4341, 1999.

KOCH, D.; DEL GENIO, A. D. Black carbon semi-direct effects on cloud cover: review and synthesis. **Atmos. Chem. Phys.**, v. 10, n. 16, p. 7685–7696, 2010.

KOTON, S.; MOLSHATZKI, N.; YUVAL; et al. Cumulative exposure to particulate matter air pollution and long-term post-myocardial infarction outcomes. **Preventive Medicine**, v. 57, n. 4, p. 339–344, 2013.

KOPONEN, I. K.; KOIVISTO, A. J.; JENSEN, K. A. Worker Exposure and High Time-Resolution Analyses of Process-Related Submicrometre Particle Concentrations at

Mixing Stations in Two Paint Factories. *Annals of Occupational Hygiene*, v. 59, n. 6, p. 749–763, 1 jul. 2015.

LAM, J.; SUTTON, P.; KALKBRENNER, A.; WINDHAM, G.; HALLADAY, A.; KOUSTAS, E.; LAWLER, C.; DAVIDSON, L.; DANIELS, N.; NEWSCHAFFER, C.; WOODRUFF, T. A Systematic Review and Meta-Analysis of Multiple Airborne Pollutants and Autism Spectrum Disorder. **PLoS ONE**, v. 11, n. 9, 21 set. 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5031428/>>. Acesso em: 25 out. 2016.

LEE, P.-C.; RAASCHOU-NIELSEN, O.; LILL, C. M.; et al. Gene-environment interactions linking air pollution and inflammation in Parkinson's disease. **Environmental Research**, v. 151, p. 713–720, 2016.

LI, H.; QIAN, X.; WANG, Q. Heavy Metals in Atmospheric Particulate Matter: A Comprehensive Understanding Is Needed for Monitoring and Risk Mitigation. **Environmental Science & Technology**, v. 47, n. 23, p. 13210–13211, 2013.

LIM, S. S.; VOS, T.; FLAXMAN, A. D.; et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. **Lancet**, v. 380, n. 9859, p. 2224–2260, 2012.

LIN, H.; TAO, J.; DU, Y.; et al. Particle size and chemical constituents of ambient particulate pollution associated with cardiovascular mortality in Guangzhou, China. **Environmental Pollution**, v. 208, p. 758–766, 2016.

LOHMANN, U.; FEICHTER, J. Global indirect aerosol effects: a review. **Atmos. Chem. Phys.**, v. 5, n. 3, p. 715–737, 2005.

LUO, X.-S.; XUE, Y.; WANG, Y.-L.; et al. Source identification and apportionment of heavy metals in urban soil profiles. **Chemosphere**, v. 127, p. 152–157, 2015.

MAHOWALD, N. Aerosol Indirect Effect on Biogeochemical Cycles and Climate. **Science**, v. 334, n. 6057, p. 794–796, 2011.

MAKRI, A.; STILIANAKIS, N. I. Vulnerability to air pollution health effects. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 211, n. 3–4, p. 326–336, 2008.

MATOS, J. T. V.; DUARTE, R. M. B. O.; DUARTE, A. C. Challenges in the identification and characterization of free amino acids and proteinaceous compounds in atmospheric aerosols: A critical review. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 75, p. 97–107, 2016

MATTI MARICQ, M. Chemical characterization of particulate emissions from diesel engines: A review. **Journal of Aerosol Science**, v. 38, n. 11, p. 1079–1118, 2007.

MERICO, E.; DONATEO, A.; GAMBARO, A.; et al. Influence of in-port ships emissions to gaseous atmospheric pollutants and to particulate matter of different sizes in a Mediterranean harbour in Italy. **Atmospheric Environment**, v. 139, p. 1–10, 2016.

Mixing Stations in Two Paint Factories. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 59, n. 6, p. 749–763, 2015.

MILOJEVIC, A.; WILKINSON, P.; ARMSTRONG, B.; et al. Short-term effects of air pollution on a range of cardiovascular events in England and Wales: case-crossover analysis of the MINAP database, hospital admissions and mortality. **Heart**, v. 100, n. 14, p. 1093–1098, 2014.

MOREIRA, C. A. B. Avaliação da Qualidade do Ar no Município de Paranaguá Utilizando Indicadores Biológicos. TCC (Bacharelado em Gestão Ambiental), Matinhos: Universidade Federal do Paraná Setor Litoral, 2011.

MURRUNI, L. G.; SOLANES, V.; DEBRAY, M.; et al. Concentrations and elemental composition of particulate matter in the Buenos Aires underground system. **Atmospheric Environment**, v. 43, n. 30, p. 4577–4583, 2009.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858. doi: 10.1038/35002501, 2000.

NATIONAL POLLUTANT INVENTORY (NPI) Australian Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities (2012).

NEWMAN, M. C.; CLEMENTS, W. H. Ecotoxicology: A Comprehensive Treatment. CRC Press, 2007.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (2006). WHO World Health Organization (2006) Who Air Quality Guidelines Global Update 2005– Report on a working group meeting Bonn: WHO press. 484 p

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (2006). World Health Organization (WHO) Health relevance of particulate matter from various sources: Report on a WHO Workshop, Bonn, Germany, 26–27 March 2007. Scherfigsvej 8, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark: World Health Organization Regional Office for Europe; 2007.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. (2011) Exposure to air pollution (particulate matter) in outdoor air. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2011 (ENHIS Factsheet 3.3) ([http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0018/97002/ENHIS\\_Factsheet\\_3.3\\_July\\_2011.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0018/97002/ENHIS_Factsheet_3.3_July_2011.pdf))

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. (2016) WHO. 7 million premature deaths annually linked to air pollution. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>>. Acesso em: 28/9/2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (2016). . “WHO | Ambient air pollution” () WHO | Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. .Disponível em: <<http://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>>. Acesso em: 28/9/2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (2016). WHO | WHO releases country estimates on air pollution exposure and health impact. .Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/en/>>. Acesso em: 28/9/2016.

PACYNA, J. M.; PACYNA, E. G.; AAS, W. Changes of emissions and atmospheric deposition of mercury, lead, and cadmium. **Atmospheric Environment**, v. 43, n. 1, p. 117–127, 2009.

PADULA, A. M.; TAGER, I. B.; CARMICHAEL, S. L.; et al. Traffic-related air pollution and selected birth defects in the San Joaquin Valley of California: Air Pollution and Birth Defects. *Birth Defects Research Part A: Clinical and Molecular Teratology*, v. 97, n. 11, p. 730–735, 2013.

PANDOLFI, M.; GONZALEZ-CASTANEDO, Y.; ALASTUEY, A.; et al. Source apportionment of PM10 and PM2.5 at multiple sites in the strait of Gibraltar by PMF: impact of shipping emissions. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 18, n. 2, p. 260–269, 2011.

PARKER, J. D.; MENDOLA, P.; WOODRUFF, T. J. Preterm birth after the Utah Valley Steel Mill closure: a natural experiment. **Epidemiology** (Cambridge, Mass.), v. 19, n. 6, p. 820–823, 2008.

PERRINO, C.; CANEPARI, S.; CATRAMBONE, M.; et al. Influence of natural events on the concentration and composition of atmospheric particulate matter. *Atmospheric Environment, Urban Air Quality Selected Papers from the 6th International Conference on Urban Air Quality.*, v. 43, n. 31, p. 4766–4779, 2009.

PERRINO, C.; MARCONI, E.; TOFFUL, L.; et al. Thermal stability of inorganic and organic compounds in atmospheric particulate matter. **Atmospheric Environment**, v. 54, p. 36–43, 2012.

PENNER, J. E.; CHUANG, C. C.; GRANT, K. Climate forcing by carbonaceous and sulfate aerosols. **Climate Dynamics**, v. 14, n. 12, p. 839–851, 1998.

PIERRI, N.; ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C. DE; KIM, M. K. A ocupação e o uso do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 13, n. 0. doi: 10.5380/dma.v13i0.9849, 2006.

PUN, V. C.; YU, I. T.; HO, K.; et al. Differential Effects of Source-Specific Particulate Matter on Emergency Hospitalizations for Ischemic Heart Disease in Hong Kong. **Environmental Health Perspectives**, 2014. Disponível em: <<http://ehp.niehs.nih.gov/1307213/>>. Acesso em: 21/10/2016.

RAJAGOPALAN, S.; BROOK, R. D. Air Pollution and Type 2 Diabetes. **Diabetes**, v. 61, n. 12, p. 3037–3045, 2012.

RAUCH, J. N.; PACYNA, J. M. Earth's global Ag, Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, and Zn cycles. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 23, n. 2, p. GB2001, 2009.

RAASCHOU-NIELSEN, O.; BEELEN, R.; WANG, M.; et al. Particulate matter air pollution components and risk for lung cancer. **Environment International**, v. 87, p. 66–73, 2016.

RAZ, R.; ROBERTS, A. L.; LYALL, K.; et al. Autism Spectrum Disorder and Particulate Matter Air Pollution before, during, and after Pregnancy: A Nested Case–Control Analysis within the Nurses' Health Study II Cohort. **Environmental Health Perspectives**, v. 123, n. 3, p. 264–270, 2015.

RECHE, C.; VIANA, M.; MORENO, T.; et al. Peculiarities in atmospheric particle number and size-resolved speciation in an urban area in the western Mediterranean: Results from the DAURE campaign. **Atmospheric Environment**, v. 45, n. 30, p. 5282–5293, 2011.

REID, C. E.; BRAUER, M.; JOHNSTON, F. H.; et al. Critical Review of Health Impacts of Wildfire Smoke Exposure. **Environmental Health Perspectives**, v. 124, n. 9, p. 1334–1343, 2016.

RIBEIRO, H.; PESQUERO, C. Queimadas de cana-de-açúcar: Avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 255–271, 2010.

RICH, D. Q.; DEMISSIE, K.; LU, S.-E.; et al. Ambient air pollutant concentrations during pregnancy and the risk of fetal growth restriction. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 63, n. 6, p. 488–496, 2009.

RITZ, B.; LEE, P.-C.; HANSEN, J.; et al. Traffic-Related Air Pollution and Parkinson's Disease in Denmark: A Case–Control Study. **Environmental Health Perspectives**, v. 124, n. 3, p. 351–356, 2016.

ROBERT, M. A.; KLEEMAN, M. J.; JAKOBER, C. A. Size and Composition Distributions of Particulate Matter Emissions: Part 2—Heavy-Duty Diesel Vehicles. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 57, n. 12, p. 1429–1438, 2007.

RODRIGUE, J. P. The geography of transportation systems (3<sup>o</sup> ed.) Routledge, New York, USA (2013).

ROSA, C. L.; ANDRESSEN, R.; CONTRERAS, A.; FERNÁNDEZ, R. Concentraciones de Partículas Totales en Suspensión (PTS) y su caracterización química, durante el primer período lluvioso del año 2004, en la atmósfera de la ciudad de Mérida,

Venezuela. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72130180003>>. Acesso em: 14/11/2016.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 27–35, 2005.

SCHAUER, J. J.; KLEEMAN, M. J.; CASS, G. R.; SIMONEIT, B. R. T. Measurement of Emissions from Air Pollution Sources. 3. C1–C29 Organic Compounds from Fireplace Combustion of Wood. **Environmental Science & Technology**, v. 35, n. 9, p. 1716–1728, 2001.

SCHLEICHER, N.; NORRA, S.; CHAI, F.; et al. Anthropogenic versus geogenic contribution to total suspended atmospheric particulate matter and its variations during a two-year sampling period in Beijing, China. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 12, n. 2, p. 434–441, 2010.

SIDDIQUE, S.; BANERJEE, M.; RAY, M. R.; LAHIRI, T. Attention-deficit hyperactivity disorder in children chronically exposed to high level of vehicular pollution. **European Journal of Pediatrics**, v. 170, n. 7, p. 923–929, 2011.

SHAFER, M. M.; TONER, B. M.; OVERDIER, J. T.; et al. Chemical Speciation of Vanadium in Particulate Matter Emitted from Diesel Vehicles and Urban Atmospheric Aerosols. **Environmental Science & Technology**, v. 46, n. 1, p. 189–195, 2012.

GONÇALVES, C.; FIGUEIREDO, B. R.; ALVES, C. A.; CARDOSO, A. A.; DA SILVA, R.; KANZAWA, S. H.; VICENTE, A. M. Chemical Characterisation of Total Suspended Particulate Matter from a Remote Area in Amazonia. **Atmospheric Research**, v. 182, p. 102–113, 2016.

SUADES-GONZÁLEZ, E.; GASCON, M.; GUXENS, M.; SUNYER, J. Air Pollution and Neuropsychological Development: A Review of the Latest Evidence. **Endocrinology**, v. 156, n. 10, p. 3473–3482, 2015.

ULRICH, B.; PANKRATH, J. (ORGS.). Effects of Accumulation of Air Pollutants in Forest Ecosystems. Dordrecht: Springer Netherlands, 1983.

STANEK, L. W.; SACKS, J. D.; DUTTON, S. J.; DUBOIS, J.-J. B. Attributing health effects to apportioned components and sources of particulate matter: An evaluation of collective results. **Atmospheric Environment**, v. 45, n. 32, p. 5655–5663, 2011.

TAGLIATELLA, E. V. DOS S. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NO COLÉGIO ESTADOS UNIDOS EM PARANGUÁ –PR. TCC (Bacharelado em Gestão Ambiental), Matinhos -PR: Universidade Federal do Paraná Setor Litoral, 2014.

THIERING, E.; HEINRICH, J. Epidemiology of air pollution and diabetes. **Trends in Endocrinology & Metabolism**, v. 26, n. 7, p. 384–394, 2015.

URBAN, R. C.; ALVES, C. A.; ALLEN, A. G.; CARDOSO, A. A.; CAMPOS, M. L. A. M. Organic aerosols in a Brazilian agro-industrial area: Speciation and impact of biomass burning. **Atmospheric Research**, v. 169, p. 271–279, 2016.

VIANA, M.; PEY, J.; QUEROL, X.; et al. Natural sources of atmospheric aerosols influencing air quality across Europe. **Science of The Total Environment**, v. 472, p. 825–833, 2014.

WANG, X.; DING, H.; RYAN, L.; XU, X. Association between air pollution and low birth weight: a community-based study. **Environmental Health Perspectives**, v. 105, n. 5, p. 514–520, 1997

WEF. Repowering transport. Project white paper. **World Economic Forum**, Geneva, Switzerland; 2011.

WESTERDAHL, D.; FRUIN, S.; SAX, T.; FINE, P. M.; SIOUTAS, C. Mobile platform measurements of ultrafine particles and associated pollutant concentrations on

freeways and residential streets in Los Angeles. **Atmospheric Environment**, v. 39, n. 20, p. 3597–3610, 2005.

WEISSKOPF, M. G.; KIOUMOURTZOGLOU, M.-A.; ROBERTS, A. L. Air Pollution and Autism Spectrum Disorders: Causal or Confounded? **Current Environmental Health Reports**, v. 2, n. 4, p. 430–439, 2015.

WHITBY, K. T.; IIIth International Conference on Nucleation, Leningrad, URSS, 1973.

XU, X.; HA, S. U.; BASNET, R. A Review of Epidemiological Research on Adverse Neurological Effects of Exposure to Ambient Air Pollution. **Frontiers in Public Health**, v. 4, 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4974252/>>. Acesso em: 24/10/2016.

XU, X.; SHARMA, R. K.; TALBOTT, E. O.; et al. PM10 air pollution exposure during pregnancy and term low birth weight in Allegheny County, PA, 1994-2000. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 84, n. 3, p. 251–257, 2011.

YOO, H.-J.; KIM, J.; YI, S.-M.; ZOH, K.-D. Analysis of black carbon, particulate matter, and gaseous pollutants in an industrial area in Korea. **Atmospheric Environment**, v. 45, n. 40, p. 7698–7704, 2011.

## **ANEXO 1 – MEMORIAL DOS EIXOS PEDAGÓGICOS**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS PRÁTICO**

Minha trajetória acadêmica na UFPR Litoral foi iniciada no segundo semestre de 2011. Quando cheguei aqui, já sabia das diferenças pedagógicas do setor em relação a outros centros de ensino, pois tinha sido previamente avisado por um amigo do peito, o qual me indicou o caminho da Gestão Ambiental.

Penso que apesar do conhecimento da diferença pedagógica, o primeiro ano de curso foi fundamental para minha adaptação, qual foi sendo desenvolvida ao decorrer do curso. Decidi ao longo da experiência, que não iria me formar no tempo mínimo do curso, adaptando a minha trajetória acadêmica às minhas necessidades intelectuais, no meu tempo de aprendizado. Pautado em meus planos e sonhos futuros. Hoje, acredito ter contemplado meu objetivo e enxergo como positiva a estratégia aplicada para o meu aperfeiçoamento intelectual, acredito estar no caminho.

Dentre os diversos módulos cursados durante o curso, mais me marcaram e contribuíram para meu desenvolvimento intelectual foram:

#### **Economia e Desenvolvimento:**

Tive a oportunidade de fazer este módulo com o Professor Valdir, por duas vezes, com a turma 2011 e turma 2013. No primeiro contato, na primeira vez que cursei o módulo, tive conceito incompleto, por ainda estar me adaptando ao curso e ao ambiente acadêmico, tive a oportunidade de fazer o processo de recuperação de conceito, entretanto, após um certo amadurecimento, consciente da importância dos conhecimentos do módulo para meu aperfeiçoamento intelectual, optei por refazer o módulo em uma outra oportunidade que foi ofertado, onde consegui um melhor aproveitamento e conceito de aprendizagem pleno. Este momento do curso é imprescindível para a compreensão do mundo, de como a gestão ambiental encaixa-se no contexto global, à partir do conhecimento das escolas e correntes econômicas e suas características.

#### Análise Integrada da Paisagem Geográfica:

Particpei deste módulo com a minha turma de origem, 2011, orientados pelo professor Luiz. Nesse momento do processo de aprendizagem tive a oportunidade de aprender sobre observação das características e uso do território e da paisagem. Com o enfoque em contextos de conflitos socioambientais envolvendo Unidades de Conservação e Populações Tradicionais. Foi neste ponto do processo acadêmico que, eu e Leandro Hediger, amigo de turma, demos início ao nosso primeiro Projeto de Aprendizagem, com orientação do próprio professor Luiz de Carli. Nosso projeto foi de acompanhamento dos conflitos envolvendo a criação e implementação de uma Unidade de Conservação de Proteção Integral no Litoral do Paraná, especificamente o Parque Nacional Marinho das Ilhas dos Currais, por coincidência ou destino, cursamos o módulo de Análise da Paisagem Geográfica e demos início ao nosso estudo, alguns meses antes de ser sancionada a Lei de Criação do Parque, no primeiro semestre de 2013.

#### Química Microbiologia Ambiental:

Cursei o módulo de Química Ambiental durante o primeiro semestre de 2013, também com minha turma de origem, 2011. O professor Rodrigo Reis nos orientou ao decorrer do módulo. Revimos e aprendemos sobre os ciclos biogeoquímicos, poluição antrópica e tivemos a oportunidade de iniciar o contato com processos laboratoriais, nos laboratórios da universidade. Foi através desse módulo, que me interessei pelos trabalhos de química analítica e poluição ambiental, ingressando, no mesmo período no Laboratório Móvel de Educação Científica da UFPR Litoral, sob orientação do mesmo professor, Rodrigo, na pesquisa de Qualidade do Ar no município de Paranaguá, onde continuo minha trajetória de pesquisa.

#### Manejo de Áreas Naturais Protegidas:

Cursei este módulo durante o segundo semestre de 2015. Tivemos a oportunidade de em sala de aula adquirir conhecimento sobre a vanguarda dos movimentos ambientais mundiais com a querida professora Liliani Tiepolo. Além do mais, estudamos a legislação ambiental nacional através do SNUC e ferramentas de gestão e manejo de áreas protegidas. Tivemos a oportunidade de realizar algumas

saídas de campo para estudo *in loco* e contato direto com os envolvidos na gestão das UC's visitadas.

#### Desenvolvimento de Projetos Ambientais:

Este, é outro módulo do qual participei durante duas vezes, sob orientação da professora Juliana Quadros. A primeira como ouvinte, aproveitando que o meu amigo e parceiro de PA, Leandro estava cursando o módulo, decidimos desenvolver a proposta do módulo, que era a produção de um projeto ambiental baseado no nosso PA. Foi quando frequentei algumas aulas do módulo para poder aprender e contribuir para a elaboração do nosso projeto. Nesta oportunidade, submetemos nosso projeto ao edital da Fundação SOS Mata Atlântica, com objetivo de angariar recurso para contribuir no processo de criação e formação do conselho gestor do Parque Nacional Marinho das Ilhas dos Currais, entretanto, não conseguimos a verba. Na segunda oportunidade que fiz o módulo, agora valendo conceito para mim, desenvolvi um projeto para monitoramento da qualidade das águas, das bacias hidrográficas da Serra da Prata, com parceria e orientação do professor Paulo Marques, onde também recebi Aprendizagem Plena.

#### INTERAÇÃO CULTURAL HUMANÍSTICA

As ICH's me proporcionaram momentos e vivências distintos, que certamente completam o quadro de aprendizado adquirido ao decorrer do curso. As que mais contribuíram:

##### Surfich:

Participei durante duas vezes do ICH de surfe. Uma vez sob orientação da professora Andrea e outra do professor Luciano. Já praticava o surfe antes de fazer as ICH's, entretanto a dinâmica de aulas teóricas oferecidas sobre o mundo do surfe possibilitou a obtenção conhecimento à mais, falando desde formação de onda e marés, como salvamento aquático e tipos de prancha.

##### Café com Documentário:

Também tive a oportunidade de participar por dois semestres desta ICH, qual me proporcionou diversos saberes. Fortaleci através destas atividades, a importância dos vídeos documentários para a divulgação do conhecimento e vivi manhãs muito

agradáveis dos alimentos para o cérebro (conhecimento) e alimentos para o corpo (café da manhã coletivo).

#### PROJETOS DE APRENDIZAGEM E VIVÊNCIAS:

Durante o curso, desenvolvi dois projetos de aprendizagem. O primeiro, como falado anteriormente, foi iniciado no primeiro semestre de 2013, em parceria com o amigo Leandro Hediger, sob orientação do professor Luiz Fernando de Carli Lautert. O nosso projeto objetivava acompanhar o processo de criação e implementação do Parque Nacional Marinho das Ilhas de Currais, no Litoral do Paraná e os conflitos socioambientais subsequentes à criação da UC. O trabalho foi levado à diante durante os dois anos seguintes, onde eu e Leandro, utilizamos como estratégia de trabalho à cada módulo, fazer os trabalhos dos módulos envolvendo a problemática no nosso projeto. Sendo assim, nos módulos de Gestão Territorial, Análise Ambiental do Turismo, Projetos Ambientais, Geoprocessamento, Políticas Públicas Ambientais, desenvolvemos os trabalhos de curso, pautado no nosso projeto de aprendizagem. Tivemos um trabalho apresentado e publicado em um evento internacional, no “X Colóquio de las Transformaciones Territoriales”, organizado pela AUGM.

Há algum tempo, a câmara de Gestão Ambiental proibiu a apresentação de Trabalhos de Conclusão de Curso em dupla ou mais pessoas, o que fez com que eu e Leandro encerrássemos nossa parceria neste trabalho. Combinamos que ele daria continuidade no trabalho sozinho, enquanto eu iniciaria outra pesquisa para apresentar como trabalho de conclusão de curso. Isso se deu no primeiro semestre do ano de 2015, quando iniciei sob a orientação do professor Rodrigo Arantes Reis o meu trabalho de conclusão de curso.

Realizei minhas vivências como estagiário do Laboratório Móvel de Educação Científica, através da pesquisa de monitoramento de aerossóis atmosféricos, meu Trabalho de Conclusão de Curso.

Outra atividade desenvolvida durante a vivência e ainda não mencionada e publicada foi a adaptação de uma metodologia de análise de poluentes aquáticos, para a análise de poluentes atmosféricos. Foi realizado a adaptação do método de análise de fosfato aquático, para a identificação de aerossóis de fosfato nas amostras coletadas de partículas totais em suspensão. Sendo o fosfato, uma das matérias utilizadas para a produção de fertilizantes agrícolas, espera-se através da adaptação

realizada, identificar o percentual de fosfato nas amostras coletadas, assim sabendo qual a participação da indústrias de fertilizante nas amostras coletadas. Para posterior comparação com a porcentagem de participação de outras fontes de emissão.