

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

**CARLOS DANIEL JABONSKI**

**MONITORAMENTO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM  
AEROPORTOS: A QUALIDADE DO AR NO AEROPORTO  
BACACHERI**

**DISSERTAÇÃO**

**CURITIBA  
2017**

**CARLOS DANIEL JABONSKI**

**MONITORAMENTO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM  
AEROPORTOS: A QUALIDADE DO AR NO AEROPORTO  
BACACHERI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental – PPGCTA – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Ramos da Costa Neto  
Coorientador: Prof. Dr. Andréas Friedrich Grauer

**CURITIBA  
2017**

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**

---

J11m Jabonski, Carlos Daniel  
2017 Monitoramento de poluentes atmosféricos em aeroportos  
: a qualidade do ar no aeroporto Bacacheri / Carlos Daniel  
Jabonski.-- 2017.

61 f: il.; 30 cm.

Texto em português com resumo em inglês. Dissertação  
(Mestrado) - Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia Ambiental, Curitiba, 2017.

Bibliografia: p. 50-53.

1. Aeroporto Bacacheri (Curitiba, PR). 2. Tecnologia  
ambiental - Dissertações. 3. Aeronáutica. 4. Gases.  
5. Meio ambiente. 6. Ar - Poluição. 7. Aeroportos.  
I.Costa Neto, Pedro Ramos da. II.Grauer, Andréas Friedrich.  
III. Título.

CDD: Ed. 22 -- 363.7

---

**Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba**  
**Bibliotecária: Lucia Ferreira Littiere - CRB 9/1271**

**TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº088**

A Dissertação de Mestrado intitulada MONITORAMENTO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS EM AEROPORTOS: A QUALIDADE DO AR NO AEROPORTO BACACHERI, defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) **Carlos Daniel Jabonski**, no dia 22 de dezembro de 2017, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, área de concentração Tecnologias E Processos Ambientais, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental.

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof(a). Dr(a). Pedro Ramos Da Costa Neto – Presidente - UTFPR

Prof(a). Dr(a). Gustavo Henrique Couto – UTFPR

Prof(a). Dr(a). Margarete Casagrande Lass Erbe – UFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 22 de dezembro de 2017.

Carimbo e Assinatura do(a) Coordenador(a) do Programa

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela força, fé e pela vida.

Aos meus pais Terezinha e Osvaldo (in memorian) por forjarem meu caráter.

À minha esposa Aldalice e meus filhos Eduardo e Isabella pelo amor incondicional revelado no apoio, incentivo, compreensão e muita paciência.

Ao Tenente Coronel Adonis Comandante do BPMOA no período da pesquisa, muito obrigado pelo entusiasmo e incentivo.

Ao Tenente Coronel Int. R1 Eduardo Temporin, por me receber e me apresentar os competentes profissionais da Meteorologia do CINDACTA II.

Ao Suboficial Roberto Tadeu de Araújo do ICEA, obrigado pelas suas orientações e presteza em todas as informações.

Ao 3º Sargento Franco do BPMOA, pela ajuda técnica.

Aos integrantes do BPMOA, orgulho de fazer parte desse Batalhão. "Alis Semper Fidelis".

À Santos Dumont pela sua audácia.

Aos integrantes da INFRAERO Bacacheri Rafael, Márcio e Eder pela grande cooperação.

Aos integrantes da Empresa Similar, Marcos, Péricles e Daniel pela confiança depositada em disponibilizar a estação de monitoramento de poluentes atmosféricos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Pedro Ramos da Costa Neto pela confiança, paciência e dedicação, meus sinceros agradecimentos.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Andréas Friedrich Grauer pelo grande conhecimento e simplicidade.

Ao Prof. Me. Mauricy Kawano, por esclarecer todas as minhas dúvidas sempre com muita paciência e disponibilidade, muito obrigado.

À Profª. Drª. Poliana pela gentileza em me receber.

À Profª. Drª. Cláudia pela gentileza em me receber.

Aos professores das disciplinas do PPGCTA pelo profissionalismo.

Aos meus colegas do mestrado pelo companheirismo.

Aos servidores da UTFPR, pela dedicação em cada setor de trabalho.

À Ma. Karime Dawidziak Piazzetta do LACTEC, pelas orientações.

À Ma. Juliana Rodrigues Pilato, pelas orientações.

Ao Me. Vinício Rossi Sugui da INFRAERO, pelas orientações.

Enfim, agradeço a todos que de uma forma ou outra contribuíram com a elaboração deste trabalho.

## RESUMO

JABONSKI, Carlos Daniel. **Monitoramento de Poluentes Atmosféricos em Aeroportos: A Qualidade do Ar no Aeroporto Bacacheri**. 61f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

A aviação, dos primórdios até os dias atuais, desperta grande curiosidade. O voo, a facilidade em encurtar distâncias, unir pessoas, cidades e países são fatores de grande entusiasmo. O tráfego aéreo está em crescimento, basta observar o dia-a-dia em um aeroporto. Porém, ações como acionar, taxiar, decolar e pousar aeronaves geram emissões de poluentes atmosféricos. A pesquisa consistiu em monitorar os gases ozônio ( $O_3$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ) e monóxido de carbono (CO), no Aeroporto Bacacheri em Curitiba, com uma estação portátil de monitoramento de poluentes atmosféricos, modelo AQMesh. A estação de monitoramento foi instalada em períodos distintos no pátio de manobras de aeronaves e nos hangares 12 e 34 pertencentes ao Batalhão de Polícia Militar de Operações Aéreas do Paraná, nos meses de junho, julho e outubro de 2016, totalizando quarenta e quatro dias de medições. Foi elaborado o Boletim do Índice da Qualidade do Ar do Aeroporto Bacacheri, posteriormente, os resultados do monitoramento dos poluentes atmosféricos no aeroporto, foram comparados com dados das estações de monitoramento instaladas no bairro Santa Cândida e Praça Ouvidor Pardinho, em Curitiba. A partir destas análises, foi observado que somente no aeroporto, o dióxido de enxofre alterou o índice da qualidade do ar classificando-o como regular. Para a interpretação dos dados, também foi aplicada a Análise de Componentes Principais visando à similaridade entre as variáveis. A estação de monitoramento de poluentes atmosféricos foi uma ferramenta eficaz para a realização deste trabalho, o qual apresenta informações para estudos futuros e para um possível programa de gerenciamento de emissões atmosféricas em aeroportos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aviação. Gases. Meio Ambiente.

## ABSTRACT

JABONSKI, Carlos Daniel. **Air Pollutant Monitoring at Airports: Air Quality at Bacacheri Airport**. 61p. Dissertation he Graduate Program in Environmental Science and Technology (PPGCTA). Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2017.

Aviation, from early days to the present, arouses great curiosity. The flight, the ease in shortening distances, uniting people, cities and countries are factors of great enthusiasm. Air traffic is growing, it is just j observe the daily routine at an airport. However, actions such as triggering, taxiing, taking off and landing aircrafts generate emissions of air pollutants. This research consisted of monitoring: ozone gases ( $O_3$ ), sulfur dioxide ( $SO_2$ ), nitrogen monoxide (NO), nitrogen dioxide ( $NO_2$ ) and carbon monoxide (CO), at Bacacheri Airport in Curitiba, with a portable station for atmospheric pollutants monitoring, model AQMesh. The monitoring station was installed at different periods in the aircraft maneuvering yard and hangars 12 and 34 which belong to the Military Police Battalion of Air Operations of Paraná, in the months of June, July and October of 2016, totaling forty-four days of measurements. The Air Quality Index Bulletin of the Bacacheri Airport was elaborated, and the results the air pollutants monitoration at the airport were compared with data from the monitoring stations located in the neighborhood Santa Cândida and Ouvidor Pardino square in Curitiba. From these analyzes, it was observed that only at the airport, sulfur dioxide changed the air quality index by classifying it as regular. For the data interpretation, the Principal Component Analysis was also applied aiming at identifying similarity between the variables. The air pollutant monitoring station was an effective tool to carry out this study, which presents information for future studies and for a possible atmospheric emissions management program at airports.

**KEY WORDS:** Aviation. Gases. Environment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Amostra de QAV.....	22
Figura 2	Amostra de AVGAS.....	23
Figura 3	Divisão das fases de voo: taxiamento, decolagem, subida, voo cruzeiro, descida, aproximação, pouso .....	26
Figura 4	Camadas da atmosfera, tráfego aéreo na troposfera.....	27
Figura 5	Vista aérea da pista do Aeroporto Bacacheri.....	30
Figura 6	Mapa de grade do aeroporto com os pontos de monitoramento....	31
Figura 7	Pontos de instalação da estação de monitoramento (A) pátio de manobras, (B) hangar 12, (C) hangar 34.....	32
Figura 8	Foto da estação AQMesh visualização dos sensores de captação de poluentes atmosféricos.....	33
Figura 9	Localização das estações de monitoramento.....	37
Figura10	Rosa dos ventos, velocidade e direção do vento em junho 2016...	40
Figura11	Rosa dos ventos, velocidade e direção do vento em julho 2016....	41
Figura12	Rosa dos ventos, velocidade e direção do vento em outubro 2016	41



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Parcela de consumo de combustível modal transporte aéreo (%).....	24
Tabela 2	Consumo de combustível no Aeroporto Bacacheri em 2016.....	25
Tabela 3	Movimentação de pousos, decolagens e números de passageiros entre os anos de 2010 a 2016.....	30
Tabela 4	Período de monitoramento das estações.....	34
Tabela 5	Padrões primários e secundários para poluentes atmosféricos (Resolução CONAMA 03/90).....	34
Tabela 6	Critérios para episódios agudos e poluição do ar (Resolução CONAMA 03/90).....	35
Tabela 7	Classificação do índice da qualidade do ar.....	36
Tabela 8	Medições em 28 e 29 de junho de 2016, horários de operação e fechamento do aeroporto.....	38
Tabela 9	Comparação entre dados das estações junho, julho e outubro 2016..	45
Tabela 10	Médias diárias no período de 44 dias da estação Aeroporto Bacacheri em ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	46
Tabela 11	Variáveis correlacionadas.....	47

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Média mensal de precipitação no Aeroporto Bacacheri.....	39
Gráfico 2	Média mensal de temperatura no Aeroporto Bacacheri.....	40
Gráfico 3	Similaridade entre poluentes atmosféricos.....	47
Gráfico 4	Correlação CO e NO <sub>2</sub> .....	48
Gráfico 5	Correlação CO e NO.....	48
Gráfico 6	Correlação NO e NO <sub>2</sub> .....	48
Gráfico 7	Correlação NO e SO <sub>2</sub> .....	48
Gráfico 8	Correlação pousos e decolagens.....	49
Gráfico 9	Correlação CO e SO <sub>2</sub> .....	49
Gráfico 10	Correlação SO <sub>2</sub> e NO <sub>2</sub> .....	49

## LISTA DE SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANP	Agência Nacional de Petróleo
ASTM	American Society for Testing and Materials
AVGAS	Gasolina de Aviação
BEN	Balanço Energético Nacional
BPMOA	Batalhão de Polícia Militar de Operações Aéreas
CENIPA	Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
FISPQ	Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
ICEA	Instituto de Controle do Espaço Aéreo
IQA	Índice da Qualidade do Ar
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
Kt	Unidade de Medida de Velocidade (nó)
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NMVOC	Compostos orgânicos voláteis
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional
OMS	Organização Mundial da Saúde
PI	Partículas Inaláveis
PTS	Partículas em Suspensão
QAV	Querosene de Aviação
SBBI	Indicativo Aeroporto Bacacheri
SEMA	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Paraná
SIP	Synthesized iso paraffinic- querosene isoparafina
SPK	Synthesized paraffinic kerosine- querosene parafínico sintético

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	15
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	16
3.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	16
3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	16
<b>4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
4.1 <i>Poluentes Atmosféricos</i> .....	17
4.2 <i>Poluição Atmosférica</i> .....	17
4.3 <i>Padrões de Qualidade do Ar (PQA)</i> .....	18
4.4 <i>Indicadores de Qualidade do Ar (IQA)</i> .....	19
4.5 <i>Descritivo dos poluentes atmosféricos e suas ações nocivas para a saúde</i> .....	19
4.5.1 <i>Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)</i> .....	20
4.5.2 <i>Monóxido de Carbono (CO)</i> .....	20
4.5.3 <i>Ozônio (O<sub>3</sub>)</i> .....	20
4.5.4 <i>Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)</i> .....	21
4.6 <i>Combustíveis de Aviação</i> .....	21
4.6.1 <i>Querosene de Aviação</i> .....	22
4.6.2 <i>Gasolina de Aviação</i> .....	23
4.6.3 <i>Biocombustíveis de Aviação</i> .....	24
4.7 <i>Estudos sobre Poluentes Atmosféricos na Aviação</i> .....	26
4.7.1 <i>Área de Pesquisa Aeroporto Bacacheri</i> .....	29
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	31
5.1 <i>Quantificação dos Poluentes Atmosféricos Legisladados</i> .....	31
5.1.1 <i>Descritivo da Estação de Monitoramento</i> .....	32
5.2 <i>Fases da Pesquisa</i> .....	33
5.2.1 <i>Coleta de Dados</i> .....	33

5.2.2 Análise e Interpretação dos Dados.....	34
5.2.3 Elaboração do Boletim da Qualidade do Ar da Estação do Aeroporto Bacacheri.....	35
5.2.3.1 Índice da Qualidade do Ar (IQA).....	36
5.2.3.2 Localização das Estações Santa Cândida (A), Aeroporto Bacacheri (B) e Ouvidor Pardinho (C).....	37
5.3 Análise de Componentes Principais.....	37
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>38</b>
6.1 Boletins do Índice da Qualidade do Ar do Aeroporto Bacacheri.....	42
6.2 Comparação entre os Índices de Qualidade do Ar das Estações Santa Cândida, Ouvidor Pardinho e Aeroporto Bacacheri.....	45
6.3 Correlação das Variáveis na Análise de Componentes Principais.....	45
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>50</b>
<b>8 CONCLUSÃO.....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO (A) Boletim IQA Santa Cândida junho 2016.....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO (B) Boletim IQA Santa Cândida julho 2016.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO (C) Boletim IQA Santa Cândida outubro 2016.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO (D) Boletim IQA Ouvidor Pardinho junho 2016.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO (E) Boletim IQA Ouvidor Pardinho julho 2016.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO (F) Boletim IQA Ouvidor Pardinho outubro 2016.....</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ar é composto em média de 78% de Nitrogênio, 21% de Oxigênio e 1% de outros gases. (MANAHAN, 2013). A disponibilização é de forma gratuita, porém, sua falta é implacável, minutos sem sua presença e o caos estaria implantado no planeta.

O homem com seu ímpeto de desenvolvimento compreendeu a importância da utilização dos combustíveis fósseis para a geração de energia, viu que era bom e o fez com veemência, contudo, com o advento da Revolução Industrial, a degradação da qualidade do ar tornou-se intensa. A busca pela energia por meio da queima de combustíveis fósseis fez com que aumentasse a concentração de poluentes na atmosfera.

A atmosfera, fina camada protetora que nutre a vida na Terra, protegendo-a do ambiente hostil do espaço sideral ao absorver a energia e a radiação ultravioleta prejudicial do sol e manter a temperatura na terra dentro de um intervalo que permite a vida, segundo Manahan (2013), tem suas camadas atingidas pela poluição, ou seja, a barreira protetora apresentando trincas pela ação poluidora resultante do desenvolvimento sem gestão ambiental.

As fontes fixas (indústrias) e fontes móveis (veículos terrestres, aquáticos e aéreos) movidos por meio da queima de energia fóssil, possuem ações impactantes no meio ambiente e conseqüentemente na saúde pública. De acordo com Alcântara (2009), define-se como impacto ambiental as alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, resultantes de ações antrópicas ou não.

O projeto de Santos Dumont, voo com um aparelho motorizado mais pesado que o ar, o qual foi um marco em 1906 para o desenvolvimento da aviação, segue essa linha do tempo sendo que o aparelho, utilizado para o transporte aéreo, movido com essa energia, ganhou grande notoriedade, encurtou distâncias, aproximou pessoas, cidades e países. O modal propriamente dito contribuiu e contribui para o desenvolvimento de várias regiões sendo imprescindível a construção de vários aeródromos, impactando o meio ambiente. Segundo Soares (2007), aeródromo é definido como sendo uma área sobre terra ou água destinada à chegada, partida e movimentação de aeronaves, enquanto aeroportos são dotados

de instalações e facilidades para apoio das operações de aeronaves e de embarque e desembarque de pessoas e cargas.

Quando discorrem sobre emissões de poluentes atmosféricos visualizam-se chaminés de empresas de complexos industriais com suas plumas de fumaça e o tráfego de veículos automotores nas grandes cidades. A aviação apresenta um tráfego intenso de aeronaves que, por sua vez, também são fontes antropogênicas de emissão de poluentes atmosféricos.

O impacto ambiental quanto à emissão de poluentes atmosféricos em um Aeroporto, dentro da cidade de Curitiba, considerada uma cidade que apresenta preocupação com a sustentabilidade e a educação ambiental, deve ser mensurado e ações mitigadoras para essa possível discrepância devem ser realizadas. A OMS lançou a BreatheLife, campanha de comunicação global para sensibilizar o público em relação à poluição do ar como um grande risco para a saúde e para o clima (OMS, 2016). A movimentação de aeronaves é intensa, o assunto sobre ruídos aeronáuticos é tema em palestras e seminários do setor, porém, sobre poluentes atmosféricos provenientes dessa movimentação discute-se com menor frequência, até pelo fato de que o ruído é mais perceptível de primeiro momento, mas, seguindo os preceitos do CENIPA e do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional, a Segurança de Voo é responsabilidade de todos e a qualidade do ar também está inserida neste contexto, pois é uma questão de saúde pública e uma preocupação mundial. A redução de emissões e ruídos nos aeroportos é um dos objetivos da Infraero quanto ao viés ambiental (INFRAERO, 2016 a).

O artigo 225 da Constituição Brasileira de 1988 versa que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para a presente e as futuras gerações (BRASIL, 1988).

Este trabalho traz resultados de análise, correlação e fundamentação com a legislação ambiental de como se apresentou o índice da qualidade do ar perante a movimentação no Aeroporto Bacacheri, situado em Curitiba, PR, no período de junho, julho e outubro de 2016, nas respectivas condições climáticas.

## 2 JUSTIFICATIVA

O Aeroporto Bacacheri possui uma localização privilegiada próximo ao centro de Curitiba. A agilidade nas operações de pouso e decolagens é um atrativo para a aviação executiva (INFRAERO, 2016b). Essas movimentações de pousos e decolagens, bem como acionamentos no pátio de manobras e nas áreas de acesso em frente aos hangares, geram emissões de poluentes atmosféricos.

O odor de gases provenientes da queima de combustíveis de aviação AVGAS (gasolina de aviação) e QAV (querosene de aviação) pode ser identificado na área externa e interna do aeroporto, bem como no interior dos hangares. A legislação ambiental descreve os poluentes considerados degradantes da qualidade do ar e danosos para a saúde. Mensurar os poluentes ozônio ( $O_3$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ) e monóxido de carbono (CO), dentro do sítio aeroportuário, onde há acionamentos de aeronaves em frente aos hangares e no pátio de manobras, com intenção de voo ou não e a movimentação em si de pousos e decolagens, traz informações importantes de como está a concentração dos poluentes atmosféricos na localidade.

Essa monitoração agregará conhecimento ao banco de dados sobre movimentação aeroportuária e poluentes atmosféricos servindo de subsídios para projetos ambientais e tomadas de decisão quanto a medidas mitigadoras sobre o fator de impacto da movimentação de aeronaves e acionamentos em frente a hangares, minimizando os riscos da exposição aos aeronautas, aeroviários, passageiros e moradores do entorno, quanto às emissões de poluentes atmosféricos.



### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

Monitorar as imissões de poluentes atmosféricos no Aeroporto Bacacheri, em Curitiba, provenientes da movimentação da aviação.

#### 3.2 Objetivos específicos

- Quantificar poluentes legislados dentre eles: ozônio (O<sub>3</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), monóxido de nitrogênio (NO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO);
- Comparar os dados coletados na área de pesquisa com os dados de estações de monitoramento de poluentes atmosféricos instaladas no bairro Santa Cândida e na Praça Ouvidor Pardinho em Curitiba;
- Comparar os dados coletados com os padrões descritos na legislação ambiental vigente, CONAMA 03 de 1990;
- Elaborar Boletins de Qualidade do Ar do Aeroporto Bacacheri referente ao período de monitoramento;
- Correlacionar os dados obtidos utilizando a Análise de Componentes Principais (PCA).

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Poluentes Atmosféricos

Os poluentes atmosféricos são definidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA através da Resolução nº 03 de 1990, (CONAMA, 1990) conforme segue:

Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I - impróprio nocivo ou ofensivo à saúde;

II - inconveniente ao bem-estar público;

III - danoso aos materiais, à fauna e flora;

IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

De acordo com a Resolução nº 16/2014 da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA, 2014), poluente atmosférico é qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa ou de energia que, presente na atmosfera, cause ou possa causar poluição atmosférica.

### 4.2 Poluição Atmosférica

A poluição atmosférica é definida na Resolução nº 16/2014 da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA, 2014):

Poluição atmosférica: degradação da qualidade da atmosfera resultante de atividades que direta ou indiretamente:

a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;

c) afetem desfavoravelmente a biota;

d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;

e) lancem matérias ou energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

### 4.3 Padrões de Qualidade do Ar (PQA)

Segundo Lisboa e Kawano (2008) um padrão de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas de um componente gasoso presente na atmosfera de modo a garantir a proteção da saúde e do bem estar das pessoas. Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são estabelecidos em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada.

Definem ainda os Padrões Primários de Qualidade do Ar como valores limites de concentrações de poluentes na atmosfera, estabelecidos com o objetivo de proteger a saúde humana e Padrões Secundários de Qualidade do Ar como valores limites de concentração de poluentes na atmosfera, abaixo dos quais se prevê o mínimo dano à biota, ao patrimônio físico, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Apesar da Resolução CONAMA 03/90 prever aplicação dos padrões primários, os estados podem aplicar medidas mais restritivas como, por exemplo, São Paulo com o Decreto nº 59.113 de 23 de abril de 2013 o qual estabelece valores mais rígidos quanto aos padrões da qualidade do ar sendo que para o SO<sub>2</sub> o valor é 60 (µg/m<sup>3</sup>).

O Paraná segue a legislação ambiental nacional, considerando a necessidade de se estabelecer estratégias para o controle, preservação e recuperação da qualidade do ar no estado, a SEMA e o IAP, resolvem implantar o Plano Estadual de Controle da Poluição do Ar e de Proteção da Atmosfera - PROEPAR, como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar da população e melhoria da qualidade de vida, com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do estado de forma ambientalmente segura, conforme a Resolução nº 3 de 19 de junho de 2017.

#### 4.4 Indicadores de Qualidade do Ar (IQA)

O nível da poluição do ar é mensurado pela quantificação das principais substâncias poluentes presentes no ar, definidos como Indicadores da Qualidade do Ar. (IAP, 2016).

A Resolução CONAMA 03/90 (CONAMA, 1990) estabelece no Brasil padrões de qualidade do ar para os sete poluentes legislados:

- Partículas Totais em Suspensão (PTS)
- Fumaça
- Partículas Inaláveis (PI ou PM10)
- Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Ozônio (O<sub>3</sub>)
- Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)

Estabelece no artigo 5º os níveis de qualidade do ar para elaboração do Plano de Emergência para episódios críticos de Poluição do Ar visando providências do governo dos Estados e Municípios bem como de entidades privadas e comunidades em geral com o objetivo de prevenir grave e iminente risco a saúde da população. Os níveis se dividem em atenção, alerta e emergência para a aplicação do plano e evoluem conforme a concentração estipulada para cada composto.

#### 4.5 Descritivo dos Poluentes Atmosféricos e suas ações nocivas para a saúde

As concentrações de poluentes atmosféricos encontradas em grandes cidades, acarretam afecções agudas e crônicas no trato respiratório mesmo em concentrações abaixo do padrão da qualidade do ar (BRAGA, *et al.*,2001). Segundo Dapper, Spohr e Zanini (2016), as quais elencaram 18 estudos sobre o tema, as pesquisas encontradas sugerem associação da poluição atmosférica na saúde das populações estudadas. O IAP (2016), destaca que as emissões de SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>, são produzidas das seguintes fontes com as respectivas características:

#### 4.5.1 Dióxido de Enxofre - SO<sub>2</sub>

A emissão está relacionada com o uso de combustíveis de origem fóssil, contendo enxofre, tanto em veículos quanto em instalações industriais. Trata-se de um gás altamente solúvel nas mucosas do trato aéreo superior, pode provocar irritação e aumento na produção de muco, desconforto na respiração e o agravamento de problemas respiratórios e cardiovasculares. O SO<sub>2</sub> é um dos poluentes precursores da chuva ácida, efeito global de poluição atmosférica, responsável pela deterioração de diversos materiais, acidificação de corpos d'água e destruição de florestas. Por apresentar o pH < 1 causa inflamação do trato respiratório (CANÇADO *et al.*, 2006).

#### 4.5.2 Monóxido de Carbono – CO

A emissão está relacionada com o processo de combustão tanto em fontes móveis, motores à gasolina, diesel ou álcool, quanto de fontes fixas industriais. Esse gás é classificado como um asfixiante sistêmico, pois é uma substância que prejudica a oxigenação dos tecidos. Os efeitos da exposição dos seres humanos ao CO estão associados à diminuição da capacidade de transporte de oxigênio na combinação com hemoglobina do sangue. Uma vez que a afinidade da hemoglobina com CO é 210 vezes maior que com o oxigênio, a carboxihemoglobina formada no sangue pode trazer graves conseqüências como confusão mental, prejuízo dos reflexos, inconsciência, parada das funções cerebrais e em casos extremos, morte aos seres humanos. De acordo com Cançado *et al.*, (2006), hipoxia tecidual.

#### 4.5.3 Ozônio - O<sub>3</sub>

O ozônio é um gás composto por três átomos de oxigênio, invisível, com cheiro marcante e altamente reativo. Quando presente nas altas camadas da atmosfera (estratosfera) nos protege dos raios ultravioletas do sol. Quando formado próximo ao solo (troposfera) comporta-se como poluente tóxico.

Pode causar irritação dos olhos e redução da capacidade pulmonar. Agravar doenças respiratórias, diminuir a resistência contra infecções e ser responsável por disfunções pulmonares, como a asma. O ozônio interfere na fotossíntese e causa danos às obras de arte e estruturas metálicas. De acordo com Amâncio *et al.*, (2012), um indivíduo exposto por um poluente em determinado dia poderá apresentar crise aguda de asma dias depois.

#### **4.5.4 Dióxido de Nitrogênio - NO<sub>2</sub>**

É formado pela reação do óxido de nitrogênio provenientes de motores a combustão e do oxigênio reativo presentes na atmosfera. Pode provocar irritação da mucosa do nariz, manifestada através de coriza, e danos severos aos pulmões, semelhantes aos provocados pelo enfisema pulmonar. De acordo com Cançado *et al.*, (2006), quando inalado esse poluente atinge as porções mais periféricas do pulmão devido sua baixa solubilidade em água. Além dos efeitos diretos à saúde, o NO<sub>2</sub> também está relacionado à formação do ozônio e da chuva ácida.

A conclusão da pesquisa de Ardiles, (2016) sobre o risco a saúde atribuído à poluição do ar e variáveis meteorológicas na região metropolitana de Curitiba relatou que, os maiores fatores de risco em Araucária foram encontrados para o CO, e NO<sub>2</sub> e em Curitiba foram CO, MP10 e O<sub>3</sub>, verificando que a exposição aos poluentes atmosféricos é prejudicial à saúde mesmo quando suas concentrações se encontram abaixo dos padrões estabelecidos na legislação.

#### **4.6 Combustíveis de Aviação**

De acordo com a ANP (2016a), o Brasil é o maior consumidor de combustíveis de aviação da América Latina. Os produtos para uso em aeronaves no país são especificados conforme as resoluções:

- ANP nº 37/2009- Querosene de aviação;
- ANP nº 05/2009- Gasolina de aviação;
- ANP- nº 063/2017-Querosene de aviação alternativo.

#### 4.6.1 Querosene de Aviação

O querosene de aviação, também conhecido como Jet-A1 ou QAV, é um derivado de petróleo obtido por processos de refino como o fracionamento por destilação atmosférica, contendo cadeias de 11 a 12 carbonos e utilizado em motores movidos a turbina. Há diversos tipos de querosene de aviação comercializados no mundo. As diferenças se dão principalmente pela região de utilização, ponto de fulgor e ponto de congelamento havendo adequações do produto às questões de segurança e necessidades específicas, como por exemplo, uso militar (ANP 2016b). A Figura 1 ilustra uma amostra do QAV.

**Figura 1:** Amostra de QAV.



**Fonte:** Acervo do autor.

##### **Querosene de aviação com anti-estático**

**Aspecto:** Líquido claro e puro (isento de água e material em suspensão);

**Ponto de fulgor:** 40 °C;

**Densidade:** 0,804;

**Temperatura de auto ignição:** 238 °C.

**Fonte:** FISPQ BR 031 versão 5 19/06/2017.

A expressiva evolução da indústria aeronáutica determina atualizações sistemáticas nas especificações dos combustíveis de aviação, caracterizando-as como as mais dinâmicas em relação a todos os produtos derivados de petróleo. As exigências de segurança são fatores importantes para a produção, controle e manuseio do QAV, uma vez que desvios de qualidade podem resultar em acidentes aéreos. Devido ao número reduzido de fabricantes de aeronaves e turbinas e às

condições similares de utilização, a qualidade deste produto é sistematicamente discutida internacionalmente. Ao longo do tempo, novos parâmetros vêm sendo exigidos para o querosene de aviação, de modo a adequá-lo à evolução dos motores. A padronização mundial destas especificações é interessante para todos os países consumidores, de forma a garantir a segurança e facilitar as negociações de mercado. (ANP, 2016c).

#### 4.6.2 Gasolina de Aviação

Assim como o QAV, a gasolina de aviação também é um derivado de petróleo, mas que possui cadeias de 5 a 8 carbonos, obtidas a partir de processos de refino. Este produto é usado exclusivamente em aviões de pequeno porte, que possuem motores com ignição por centelha. (ANP 2016d). A Figura 2 ilustra uma amostra de AVGAS.

**Figura 2:** Amostra de AVGAS.



**Fonte:** Acervo do autor.

#### **Gasolina de aviação- 100/130**

**Aspecto:** Líquido límpido e claro (isento de água e material sólido);

**Ponto de fulgor:** <0 °C;

**Densidade:** < 1;

**Temperatura de auto ignição:** 443 °C.

**Fonte:** FISPQ BR 033 versão 6 13/06/2017.



A Tabela 1 demonstra a parcela do consumo anual de combustível de aviação em porcentagem, de 2006 a 2015 no Brasil, conforme o Relatório de Balanço Energético.

**Tabela 1:** Parcela de consumo de combustível modal transporte aéreo. (%)

Fonte	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
AVGAS*	2,2	2,1	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6	1,3
QAV**	97,8	97,9	98,4	98,4	98,4	98,5	98,5	98,4	98,4	98,7
Total%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Fonte:** adaptado do relatório do Balanço Energético 2016.

\* Gasolina de Aviação.

\*\* Querosene de Aviação.

#### 4.6.3 Biocombustíveis de Aviação

Atendendo às regras internacionais de uso do produto, no Brasil o biocombustível de aviação pode ser utilizado voluntariamente em mistura com o QAV fóssil desde que seguindo parâmetros e percentuais estabelecidos em resolução pela ANP. O setor de transportes, incluindo a aviação é responsável pela maior parte das emissões de (CO<sub>2</sub>), que é um gás de efeito estufa mais presente na atmosfera e grande responsável pelo aquecimento global. Por isso, o investimento em pesquisa, desenvolvimento e regulamentação do uso de biocombustíveis oriundos de fontes renováveis e cuja utilização reduz o percentual de emissões nocivas tem papel fundamental do ponto de vista ambiental.

Atualmente, a ASTM adota critérios rigorosos para a aceitação de misturas de biocombustíveis com o QAV de origem fóssil. Estes critérios procuram garantir a qualidade do combustível antes e depois da mistura com o QAV, para que não haja necessidade de nenhuma alteração nos equipamentos e sejam atendidos os mesmos parâmetros de segurança na utilização em aeronaves comerciais de grande porte. Quando necessário, as normas de controle incluem parâmetros diferentes dos comumente analisados no QAV derivado de petróleo. A ANP

regulamenta o uso voluntário de SPK por Fischer-Tropsch, SPK-HEFA e SIP nos respectivos percentuais determinados pela norma americana através da Resolução ANP nº 63/2014. (ANP, 2016). O Brasil sempre esteve na vanguarda do uso de biocombustíveis de aviação (CASAGRANDE, 2015).

Em 2005 a EMBRAER, lançou o primeiro avião do mundo movido a etanol, o Ipanema EMB 202 A, utilizado na aviação agrícola, mais econômico e menos poluente. Outro biocombustível desenvolvido pela Empresa Honeywell é o chamado Green Diesel, chegou a ser testado em um voo pela Air New Zeland e abasteceu em 50% um jato modelo Gulfstream G450 para um voo entre New Jersey (EUA) a Paris (França) em 2001. O novo combustível ainda não recebeu certificação das autoridades norte-americanas para comercialização regular. De acordo com Realpe (2016), a Empresa de Aviação Boeing está trabalhando em parceria com a Federal Aviation Administration (FAA) e outros parceiros, para aprovar o uso do diesel verde nas aeronaves e reduzir as emissões de carbono na indústria da aviação.

No Aeroporto Bacacheri, a porcentagem de aeronaves de motor cuja energia é advinda da utilização de gasolina de aviação é superior às que utilizam querosene de aviação, porém, o fornecimento deste combustível é em maior quantidade devido a capacidade maior de tanque das aeronaves abastecidas, conforme Tabela 2:

**Tabela 2:** Consumo de Combustível no Aeroporto Bacacheri em 2016.

Ano Combustível		Litros	Atendimentos	Atendimentos/ Litros
2016	QAV	2.410.195	4.407	547
	AVGAS	818.130	6260	630

**Fonte:** Shell Aviation Aeroporto Bacacheri 2017.

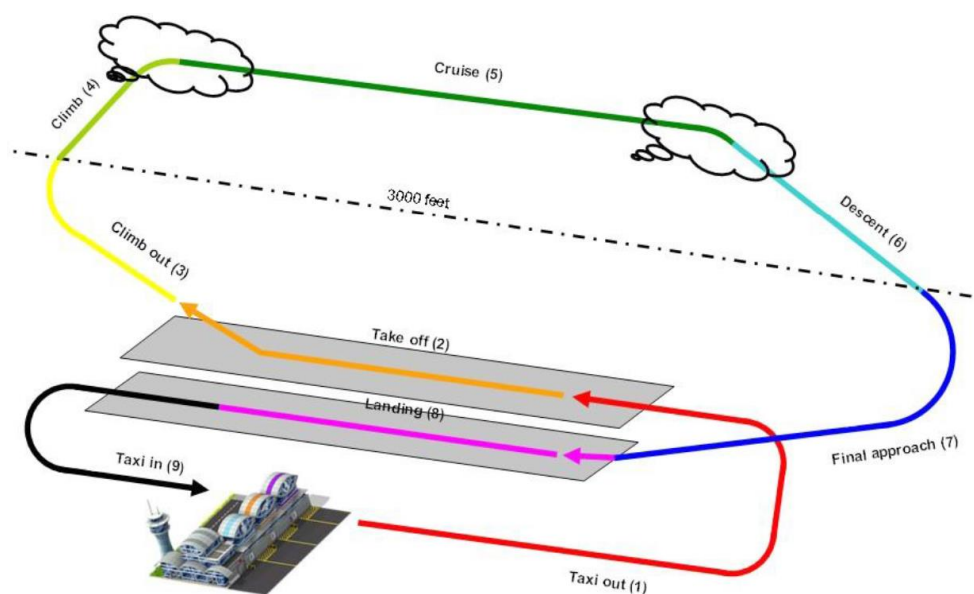
#### 4.7 Estudos sobre emissões de poluentes atmosféricos na aviação

O Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC 34) cujo título versa sobre os requisitos para drenagem de combustível e emissões de escapamento de aviões com motores a turbina, trata na subparte C das emissões de escapamento (motores aeronáuticos do tipo turbina a gás novos), descrevendo os parâmetros aceitáveis.

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) realizou o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil 2014, ano base 2013, sendo que descreveu tecnicamente os resultados da modelagem matemática, calculada em todas as fases do voo. ANAC (2014).

A Figura 3 demonstra a base de estudo realizada pela ANAC em todas as fases de voo, sendo o taxiamento, decolagem, voo cruzeiro, aproximação e pouso, nos grandes aeroportos com respectivas aeronaves da aviação civil comercial e privada, tanto em voos regulares domésticos e internacionais quanto na aviação geral.

**Figura 3:** Divisão das fases de voo: taxiamento, decolagem, subida, voo cruzeiro, descida, aproximação, pouso.



**Fonte:** Adaptado do inventário ANAC 2014.

A Figura 4 ilustra as camadas da atmosfera e o nível de operação das aeronaves civis.

**Figura 4:** Camadas da atmosfera. Tráfego aéreo na troposfera.



**Fonte:** <http://ciencias-info.blogspot.com.br/p/atmosfera-terrestre.html>

A conclusão do trabalho sobre emissões segundo Braga e De Albuquerque (2015), no Aeroporto de Salvador, descreve os tipos de aeronaves mais atuantes no local, sendo de grande porte, diferentemente do Aeroporto Bacacheri que opera com aeronaves de menor porte.

Na pesquisa, realizou-se o inventário de emissões provenientes da movimentação de aeronaves civis no Aeroporto Luís Eduardo Magalhães. Desta forma, foram identificados os tipos de aeronaves que mais circulam na região e estimou-se sua contribuição na emissão de poluentes. Tais resultados mostraram que a ordem de grandeza dos fatores de emissão de cada aeronave foi determinante para as emissões totais obtidas. As estimativas realizadas permitem concluir que os poluentes emitidos em maiores quantidades são, nesta ordem, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NMVOC, NO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>. As aeronaves que mais contribuíram para a emissão de poluentes foram 737-800, A320, ERJ- 190 e A330-200, as quais para todos os gases estudados somaram mais de 80% das emissões totais anuais.

Estes resultados são reflexos da combinação do tipo de combustível empregado em cada aeronave (geralmente querosene de aviação), número e tipo de motores e turbinas utilizadas, além de sua eficiência em termos de consumo de combustíveis. (BRAGA, DE ALBUQUERQUE, 2015).

Conforme Sugui (2016) na sua pesquisa intitulada Inventário e Propostas de Redução de Emissões de Poluentes Atmosféricos do Aeroporto Internacional de Curitiba - Afonso Pena em São José dos Pinhais, PR, o aeroporto apresenta índices de emissão por aeronave e por passageiro menores que a média, quando comparado a alguns aeroportos internacionais e ao panorama brasileiro. A pouca quantidade de voos internacionais e as distâncias de taxiamento menores em comparação com os aeroportos que concentram grande parcela da aviação são fatores que influenciam diretamente tais índices.

Em alguns aeroportos da Alemanha, pesquisadores em parceria com apicultores utilizaram a técnica do biomonitoramento empregando abelhas. O mel foi testado regularmente para verificar a presença de toxinas. Os apicultores de um clube da vizinhança cuidam das abelhas. Aviões e abelhas foi tema de reportagem na revista Primeiro Plano a qual descreveu esse método de biomonitoramento como inovador Revista Primeiro Plano (2010). De acordo com a matéria no site apolo 11, datada de 16 de set. de 2016, intitulada “Abelhas ajudam a monitorar a qualidade do ar em aeroportos da Europa”, em 2016, contabilizou-se 08 (oito) aeroportos da Alemanha que utilizam o biomonitoramento iniciado em 2010 sendo que o resultado foi positivo e que as toxinas estão abaixo dos limites oficiais. Na análise foram procurados hidrocarbonetos e metais pesados, no entanto, de acordo com a Engenheira Ambiental Martin Bunkowski, da Associação dos Aeroportos Alemães, o uso de organismos vivos no controle da qualidade do ambiente não substitui as medições tradicionais.

A qualidade do ar e efeitos da poluição atmosférica é uma preocupação mundial. Em Curitiba há estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas em determinados bairros e geridas pelo IAP, LACTEC e demais parceiros. Constata-se que até então, duas pesquisas sobre emissões em aeroportos na cidade de Curitiba foram realizadas, esta que se apresenta no Aeroporto Bacacheri, com estação de monitoramento e a do Sugui (2016) no Aeroporto Internacional de Curitiba, Afonso Pena, em São José dos Pinhais, PR.

#### 4.7.1 Área de pesquisa Aeroporto Bacacheri

Curitiba possui dois aeroportos, sendo o Aeroporto Internacional Afonso Pena na Região Metropolitana, em São José dos Pinhais e o Aeroporto Bacacheri, localizado no bairro que lhe dá o nome. No complexo aeroportuário de Bacacheri estão presentes várias empresas de aviação (oficinas, escolas, táxi-aéreo, abastecimento de aeronaves), serviços públicos como o Hangar do Governo do Estado do Paraná, os Hangares do Batalhão de Polícia Militar de Operações Aéreas, que tem sua criação conforme o Decreto Estadual nº. 9411 (PARANÁ, 2013), Hangar da Receita Federal, Polícia Rodoviária Federal, Polícia Civil, Anac e Infraero, totalizam-se 45 (quarenta e cinco) hangares. (INFRAERO, 2016).

O Aeroporto Bacacheri teve suas atividades iniciadas em 1930 e em 1932 o Correio Aéreo Nacional já utilizava suas instalações. Em 1980 o Ministério da Aeronáutica transferiu a jurisdição do aeroporto para a Infraero que deu início a construção do pátio de manobras, taxiways e terminal de passageiros. Em 1990 várias empresas regionais passaram a operar no aeroporto, o movimento operacional começou a aumentar e a Infraero transferiu a aviação regional para o Aeroporto Afonso Pena. O Aeroporto Bacacheri ficou operando com a aviação geral, aeronaves de pequeno porte com motores a pistão e a reação. (INFRAERO, 2016).

A Portaria nº 533/SIA de 09 de março de 2016 resolve:

Art. 1º Alterar e renovar a inscrição do aeródromo público abaixo, com as seguintes características:

I - denominação: Bacacheri;

II - código OACI: SBBI;

III - município (UF): Curitiba (PR);

IV - ponto de referência do aeródromo (coordenadas geográficas):

25° 24' 12"S/ 049° 14' 01"W

A Tabela 3 demonstra a movimentação de aeronaves no Aeroporto Bacacheri no período de 2010 a 2016 sendo 94.787 pousos e 94.386 decolagens.

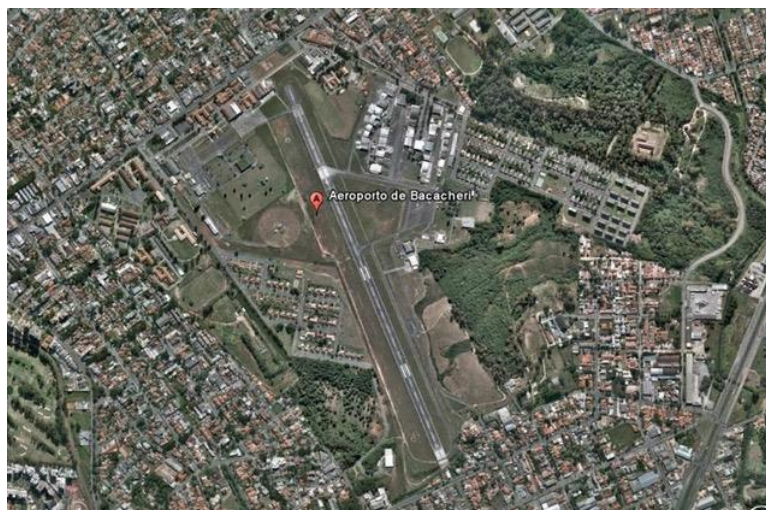
**Tabela 3:** Movimentação de pousos, decolagens e número de passageiros entre os anos de 2010 a 2016.

Ano	Pousos	Decolagens	Nº de Passageiros
2010	12.643	12.560	60.678
2011	15.320	15.239	101.881
2012	14.864	14.769	90.360
2013	12.215	12.148	67.414
2014	16.075	16.092	132.974
2015	12.486	12.454	60.899
2016	11.184	11.124	85.761
<b>TOTAL</b>	<b>94.787</b>	<b>94.386</b>	<b>599.967</b>

**Fonte:** Infraero (2016).

O sítio aeroportuário conta com 1.393 milhão m<sup>2</sup>, o pátio de manobras de aeronaves com 16.060 m<sup>2</sup>, as dimensões da pista compreendem 1390 m x 30 m, cabeceira 18/36 (Infraero 2017). A Figura 5 ilustra a localização da pista cercada pelas moradias do bairro.

**Figura 5:** Vista aérea da pista do Aeroporto Bacacheri.



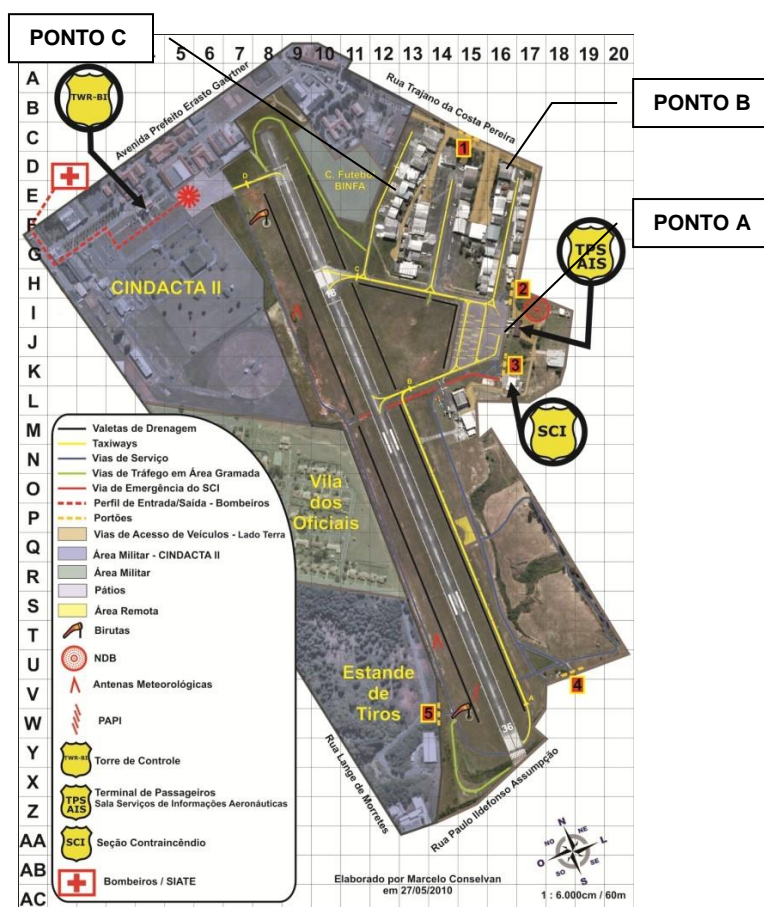
**Fonte:** Adaptado de Google Earth 2017.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Quantificação dos Poluentes Atmosféricos Legislados

O trabalho teve início com a instalação de uma estação de monitoramento portátil de poluentes atmosféricos AQMesh, cedida para a pesquisa pela Empresa Similar<sup>1</sup>, sendo que o corpo técnico deu todo o suporte para instalação e orientação para a obtenção dos dados. Os locais escolhidos no aeroporto para a instalação da estação de monitoramento de poluentes atmosféricos foram os hangares 12 e 34 pertencentes ao BPMOA, definidos como ponto B e C e o pátio de manobras como ponto A, conforme a Figura 6.

**Figura 6:** Mapa de grade do SBBI com os pontos de monitoramento.



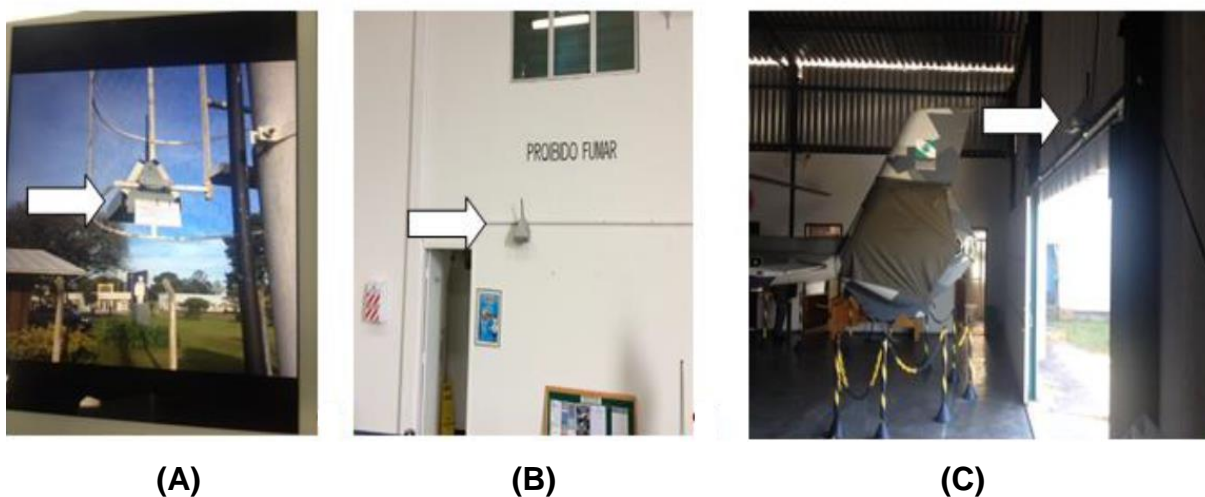
**Fonte:** Infraero 2016.

<sup>1</sup>Empresa Similar sediada em Curitiba, PR, presta serviço de automação de fábrica e processos.



A Figura 7 ilustra as estações de monitoramento instaladas, totalmente autônoma quanto à utilização de energia e envio de dados.

**Figura 7:** Pontos de instalação da estação de monitoramento de poluentes atmosféricos. (A) pátio de manobras, (B) Hangar 12 e (C) Hangar 34.



Fonte: Acervo autor.

### 5.1.1 Descritivo da Estação de Monitoramento

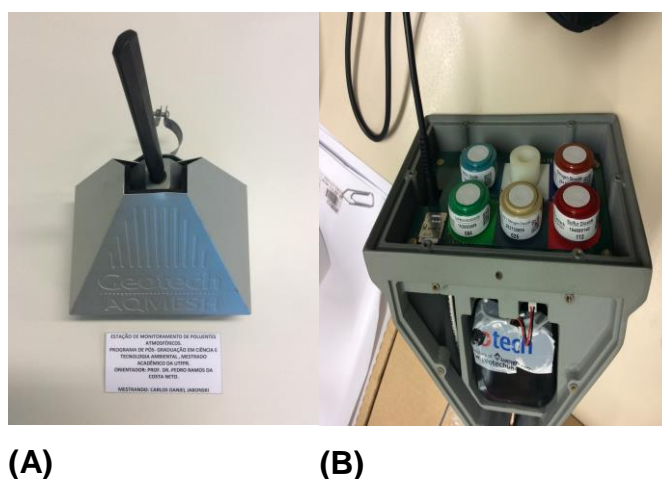
A Figura 8 ilustra a estação AQMesh que é um sistema de monitoramento da poluição do ar de alta sensibilidade concebido como um único monitor ou a uma rede de monitores dispostos para medir NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, temperatura, umidade e pressão atmosférica.

A estação permite que a qualidade do ar seja monitorada nos locais exatos, pois o equipamento pode ser instalado em um pequeno poste de luz ou na parede. Existem também as unidades "pods" as quais são completamente sem fio, utilizam a energia da bateria e comunicação através de celulares. Mede no ar os principais gases poluentes e conectado através de rede sem fio comunica os dados a uma rede em nuvem, onde os dados, através de algoritmos de gerenciamento geram leituras precisas. O acesso do usuário é através de um portal online, onde as

leituras são visualizadas e comparadas. A calibração dos sensores é realizada equiparando com equipamentos de referência padrão da indústria. (AQMesh, 2017).

A baixa complexidade de instalação permite que as unidades de monitoramento possam ser implantadas para diversos projetos, como a avaliação das medidas de mitigação da poluição ou de apoio ao desenvolvimento ou planejamento de propostas de instalação de atividades potencialmente impactantes. Os dispositivos compactos também são adequados para monitoramento de emissões fugitivas de plantas industriais, túnel rodoviário, aeroportos e muitos outros usos. (Fonte: SIMILAR, 2016).

**Figura 8:** (A) Foto da estação AQMesh, (B) visualização dos sensores de captação de poluentes atmosféricos.



Fonte: Empresa Similar

## 5.2 Fases da pesquisa

### 5.2.1 Coleta de dados

Os períodos de monitoramento da qualidade do ar no Aeroporto Bacacheri foram de 14 dias no outono, 22 dias no inverno e 08 dias na primavera, totalizando 44 dias.

A coleta seguiu o cronograma de acordo com a Tabela 4.

**Tabela 4** : Período de monitoramento das estações

Ano	Período de Monitoramento	Local
2016	01 Jun a 04 Jun 27 Jun a 04 Jul	Hangar 12
2016	04 Jul a 11 Jul	Hangar 34
2016 2016	10 Jun a 27 Jun 07 Out a 14 Out	Pátio de Manobras

## 5.2.2 Análise e Interpretação dos dados

Os dados mensurados, dos gases, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, na unidade de (µg/m<sup>3</sup>) em períodos de 24 horas, com medições a cada 15 minutos, foram analisados de acordo a Resolução Conama 03/90 conforme Tabela 5.

**Tabela 5:** Padrões primários e secundários para poluentes atmosféricos.(Resolução CONAMA nº 03/90)

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão* Primário (µg/m <sup>3</sup> )	Padrão** Secundário (µg/m <sup>3</sup> )
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas	24080	150
	1 ano		60
Fumaça	24 horas	150	100
	1 ano	60	40
Partículas Inaláveis (PI)	24 horas	150	150
	1 ano	50	50
<b>Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>24 horas</b>	<b>365</b>	<b>100</b>
	1 ano	80	40
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	<b>1 hora</b>	<b>40.000</b>	<b>40.000</b>
	8 horas	10.000	10.000
<b>Ozônio (O<sub>3</sub>)</b>	<b>1 hora</b>	<b>160</b>	<b>160</b>
<b>Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)</b>	<b>1 hora</b>	<b>320</b>	<b>190</b>
	1 ano	100	100

**Fonte:** Adaptado do relatório do ar 2013 IAP.

\* Nível máximo tolerável de concentração de poluentes.

\*\* Nível mínimo de concentração de poluentes impactante.

Dentre os episódios agudos de poluição, a CONAMA 03/90 estabelece três níveis conforme a Tabela 6.

**Tabela 6:** Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Resolução CONAMA nº 03/90)

<b>Poluente</b>	<b>Tempo de amostragem</b>	<b>Nível de Atenção (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Nível de Alerta (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Nível de Emergência (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas	375	625	875
Fumaça	24 horas	250	420	500
Partículas Inaláveis (PI)	24 horas	250	420	500
<b>Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>24 horas</b>	<b>800</b>	<b>1.600</b>	<b>2.100</b>
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	<b>8 horas</b>	<b>17.000<sup>1</sup></b>	<b>34.000<sup>2</sup></b>	<b>46.000<sup>3</sup></b>
<b>Ozônio (O<sub>3</sub>)</b>	<b>1 hora</b>	<b>400</b>	<b>800</b>	<b>1.000</b>
<b>Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)</b>	<b>1 hora</b>	<b>1.130</b>	<b>2.260</b>	<b>3.000</b>

<sup>1</sup> Corresponde a uma concentração volumétrica de 15 ppm.

<sup>2</sup> Corresponde a uma concentração volumétrica de 30 ppm.

<sup>3</sup> Corresponde a uma concentração volumétrica de 40 ppm.

### 5.2.3 Elaboração do Boletim da Qualidade do Ar da Estação do Aeroporto Bacacheri

Para a elaboração do Boletim da Qualidade do Ar da Estação do Aeroporto Bacacheri, foi calculado o índice da qualidade do ar e utilizado como exemplo, os boletins das estações de monitoramento de poluentes atmosféricos instaladas em Curitiba, disponibilizados no site do Instituto Ambiental do Paraná. Anexos (A, B, C, D, E, F). Foram calculados os índices da qualidade do ar dos gases NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO e NO dos meses de junho, julho e outubro de 2016 nas estações climáticas do outono, inverno e primavera e inseridos no quadro.

O diferencial do Boletim do Aeroporto Bacacheri com as demais estações, foi a inserção dos dados de pousos e decolagens dos dias de monitoramento dos poluentes.

### 5.2.3.1 Índice da Qualidade do Ar

De acordo com Lisboa e Kawano (2007) *apud* Kiely (1996), o valor do índice é calculado pela seguinte equação:

$$\text{Índice} = \text{Índice}_{\text{inicial}} + \left( \frac{\text{Índice}_{\text{final}} - \text{Índice}_{\text{inicial}}}{\text{Conc.}_{\text{final}} - \text{Conc.}_{\text{inicial}}} \right) \times (\text{Conc.}_{\text{medida}} - \text{Conc.}_{\text{inicial}})$$

Onde:

Índice – índice de qualidade do ar desejado;

Conc. medida – concentração medida;

Conc. inicial – concentração inicial da faixa onde encontra-se a concentração medida;

Conc. final – concentração final da faixa onde encontra-se a concentração medida;

Índice inicial – valor do índice correspondente a Conc. final

Índice final - valor do índice correspondente a Conc. inicial

Depois de calculado o valor do índice, o ar recebe uma qualificação sendo enquadrado em determinada categoria consequentemente resultando em um impacto para a saúde pública conforme a Tabela 7.

**Tabela 7:** Classificação do índice da qualidade do ar.

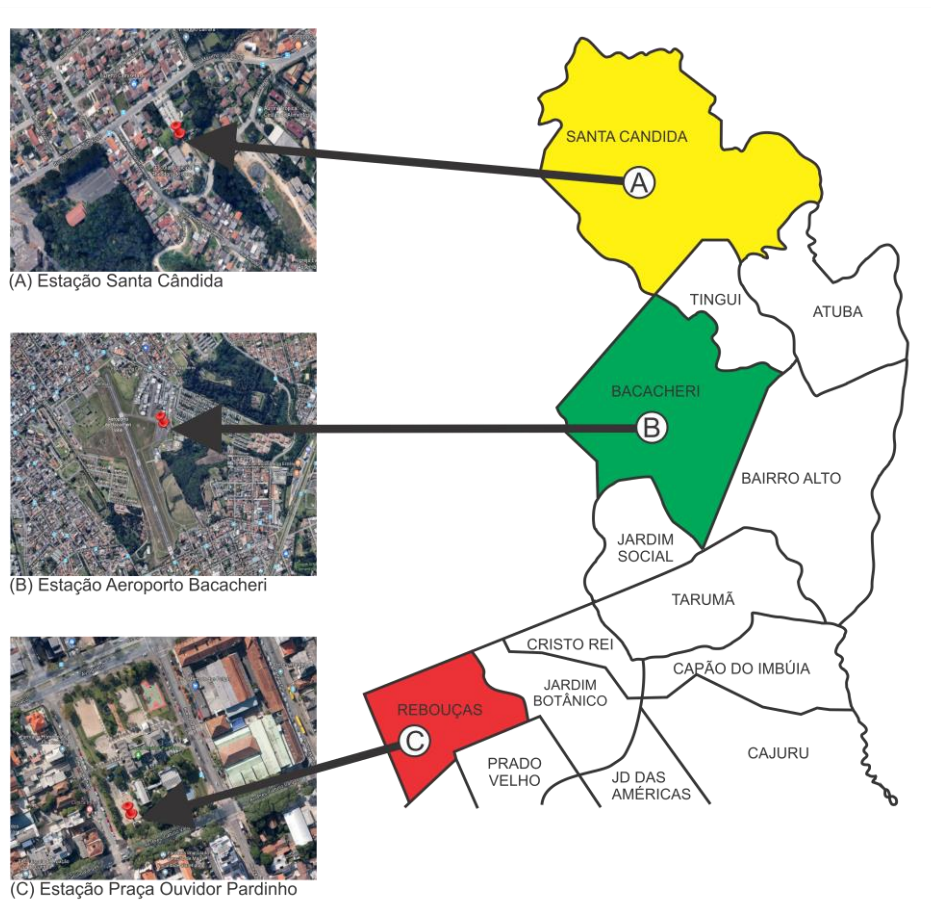
QUALIDADE DO AR	CATEGORIA	IMPACTO
IQA até 50	<b>BOA</b>	Nenhum ou muito pequeno
IQA entre 51 e 100	<b>REGULAR</b>	Apenas em pessoas muito sensíveis
IQA entre 100 e 150	<b>INADEQUADA</b>	Em pessoas sensíveis
IQA entre 151 e 200	<b>INADEQUADA</b>	Em pessoas sensíveis com sensibilidade média, de forma mais acumulada em pessoas sensíveis
IQA entre 201 e 300	<b>MÁ</b>	Em pessoas com sensibilidade média e com efeitos mais graves
IQA acima de 300	<b>PÉSSIMA OU CRÍTICA</b>	Na população em geral

Fonte: Adaptado IAP, 2016.

### 5.2.3.2 Localização das Estações Santa Cândida (A), Aeroporto Bacacheri (B) e Ouvidor Pardinho (D)

Os dados do Boletim Aeroporto Bacacheri foram comparados com os dados das estações (A) e (D). A distância das estações (B) para (A) é de 5 km e (B) para (C) 7 km.

**Figura 13:** Localização das estações de monitoramento.



**Fonte:** Adaptado de Google Earth.

### 5.3 Análise de Componentes Principais

Segundo Valderrama L. *et. al.* (2016), a Análise de Componentes Principais (PCA) é um método de reconhecimento de padrões capaz de transformar uma tabela de dados experimentais em gráficos informativos a cerca da similaridade entre as amostras e as respectivas variáveis responsáveis por isso. Foi utilizado o software estatística versão 10.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2016 foram realizados 11.184 pousos e 11.124 decolagens, o horário de funcionamento do Aeroporto Bacacheri é das 07:00h às 22:00h, todos os dias da semana. Na Tabela 8, os valores são relativos à exata medição dos poluentes atmosféricos da respectiva hora, observa-se a concentração e dispersão dos poluentes no momento de operação do aeroporto e após o horário de funcionamento.

**Tabela 8:** Medições em 28 e 29 jun 16, horários de operação e fechamento do aeroporto.

*28 Jun	Temp °C	Pressão Pa	Umid. g/kg	NO µg/m <sup>3</sup>	CO µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>
18:00	18,6	920,9	66,7	0,53	578,58	3,00	86,38	2,05
19:00	17,1	921,2	68,5	1,74	679,11	1,07	96,10	2,26
20:00	16,6	921,4	68,3	0,27	614,95	0	101,82	2,46
21:00	14,9	921,7	72	2,54	607,96	0,42	126,13	2,26
22:00	14,1	922,0	73,7	3,08	548,32	0,64	139,29	2,26
<b>HORÁRIO DE FECHAMENTO DO AEROPORTO PARA OPERAÇÃO</b>								
23:00	13,6	922,5	74,1	3,62	477,2	1,29	149,6	2,05
*29 Jun	Temp °C	Pressão Pa	Umid. g/kg	NO µg/m <sup>3</sup>	CO µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>
00:00	13,1	922,8	75,8	3,21	430,03	1,50	155,88	1,85
01:00	12,6	921,8	76,5	2,95	379,13	1,07	155,88	2,23
02:00	12,0	922,1	76,8	2,55	335,12	1,07	157,60	2,05
03:00	11,1	924,4	77,1	2,14	244,7	0,85	155,89	2,26
04:00	11,3	921,0	77,8	1,47	247,3	0,21	151,30	2,05
05:00	10,9	920,5	77,8	1,47	213,2	1,07	147,59	2,05
06:00	10,7	920,8	78,2	0,54	185,06	0,21	142,4	2,05
<b>HORÁRIO DE ABERTURA DO AEROPORTO PARA OPERAÇÃO</b>								
07:00	10,1	920,8	78,9	0,54	182,70	0,43	140,70	2,05
12:00	17,8	921,7	73,9	0	81,20	0	186,78	3,49
15:00	20,1	919,3	67,5	0	65,14	5,03	166,75	2,67
18:00	19,2	919,3	66,4	0	85,41	1,27	134,43	1,67
22:00	19,5	922,5	72,8	3,21	332,74	0,64	90,67	1,86

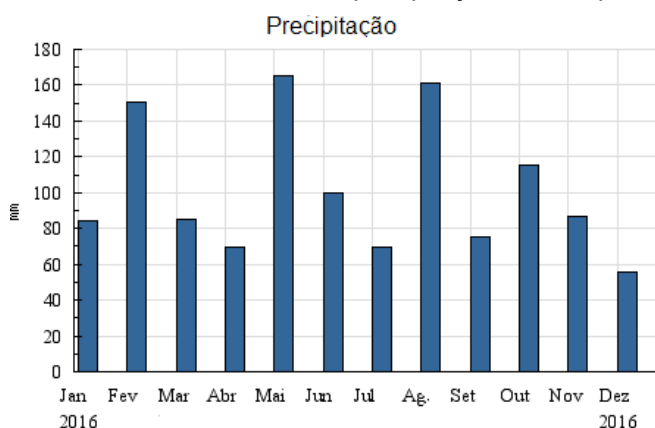
\*Os dias 28 e 29 de junho de 2016, não apresentaram precipitações na localidade conforme consulta de dados meteorológicos no site [www.simepar/defesacivil/consulta](http://www.simepar/defesacivil/consulta) e dados enviados do ICEA.

Foi evidenciado nos dados mensurados que nos períodos em que não havia movimentação aeroviária, após as 22:00h, as concentrações de CO apresentaram dispersão muito lentas das mensuradas no horário de funcionamento do aeroporto e os valores mensurados de SO<sub>2</sub> foram aumentando conforme transcorria o tempo sugerindo que as emissões da movimentação das aeronaves não seriam as únicas responsáveis pela degradação da qualidade do ar.

Apesar de que, em comparação com o resultado das estações do bairro Santa Cândida e da Praça Ouvidor Pardini, o SO<sub>2</sub> se apresentou significativamente somente no sítio aeroportuário principalmente em 28 e 29 de junho de 2016, alterando a qualidade do ar nesses dias. Conforme o banco de dados climatológicos do Comando da Aeronáutica e do Simepar, não houve precipitações nestes dois dias na localidade e o mês de junho apresentou a média mensal de temperatura considerada a mais baixa do ano conforme o Gráfico 2.

Pela análise, sugere-se que a localidade recebe imissões de outras fontes móveis, seja da circulação de veículos dentro do sítio aeroportuário e vias de grande movimentação no entorno, dentre elas, a Avenida Erasto Gaertner e de fontes estacionárias como empresas da região metropolitana. Outra evidência é a influência da temperatura na dissipação, quanto mais baixa, os valores mensurados apresentaram redução mais lenta assim que transcorria o tempo, conforme a Tabela 9. Durante os meses de monitoramento de poluentes atmosféricos, (junho, julho e outubro 2016) as médias de precipitações foram de 100 mm, 70 mm e 110 mm, índices pluviométricos apresentados no Gráfico 1.

**Gráfico 1:** Média mensal de precipitação no Aeroporto Bacacheri.

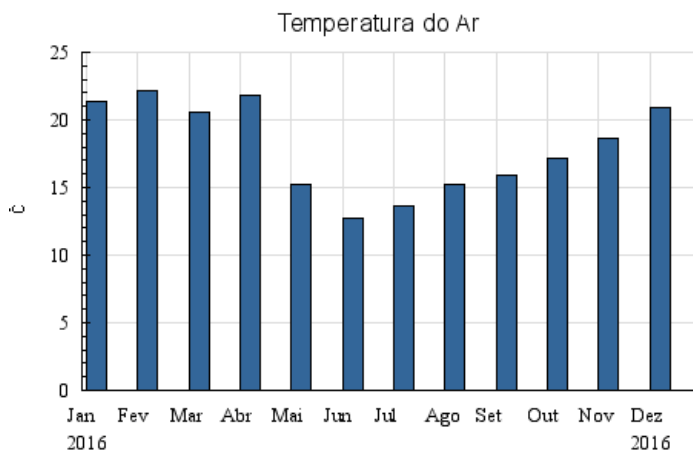


**Fonte:** Instituto de Controle do Espaço Aéreo 2017.



Quanto a temperatura, o mês de junho 2016, apresentou a média de 13°C conforme o Gráfico 2.

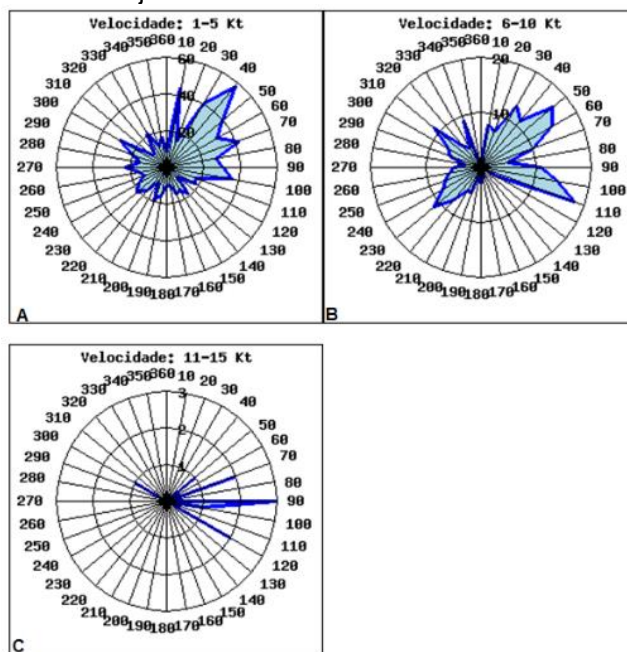
**Gráfico 2:** Média mensal de temperatura, no Aeroporto Bacacheri.



Fonte: Instituto de Controle do Espaço Aéreo 2017.

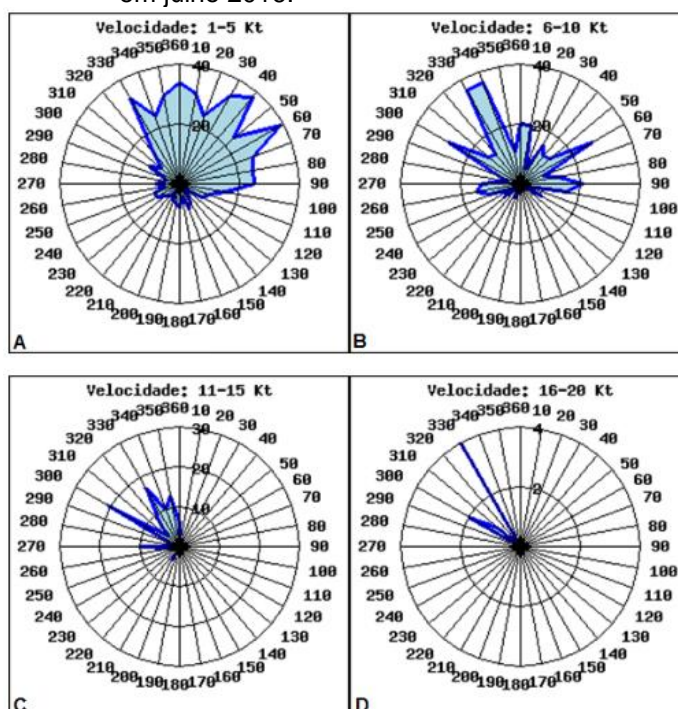
As precipitações e temperaturas aliadas à velocidade e direção do vento, têm relevância na dispersão de poluentes atmosféricos. As Figuras 10,11 e 12 ilustram a quantidade de vezes em que houve ocorrências de vento nas determinadas direções e suas velocidades mensuradas.

**Figura 10:** Rosa dos ventos, velocidade e direção do vento em junho 2016.



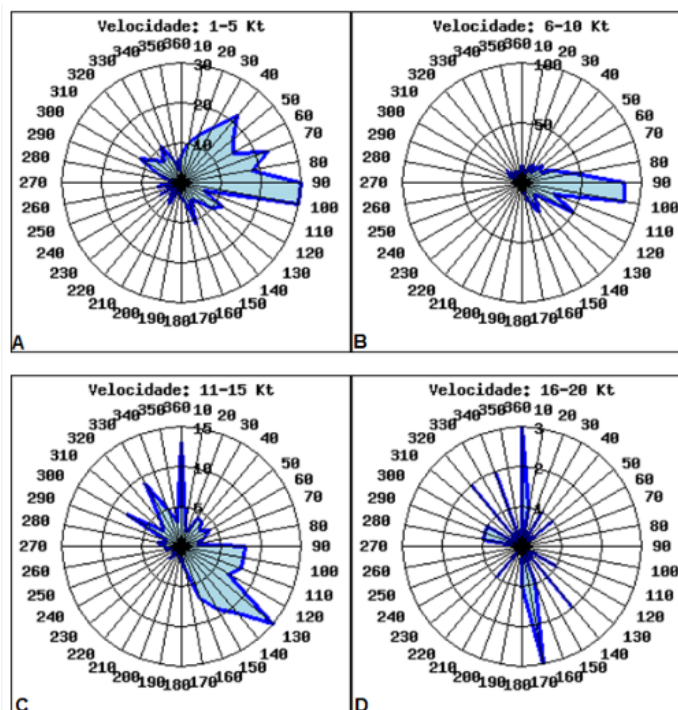
Fonte: Instituto de Controle do Espaço Aéreo 2017.

**Figura 11:** Rosa dos ventos, velocidade e direção do vento em julho 2016.



Fonte: Instituto de Controle do Espaço Aéreo 2017.

**Figura 12:** Rosa dos ventos, velocidade e direção do vento em outubro 2016.




Fonte: Instituto de Controle do Espaço Aéreo 2017.

O índice da qualidade do ar conforme movimentação aeroportuária nos meses de jun, jul e out 16 pode ser consultado nos Boletins de IQA a seguir.

## 6.1 Boletins do Índice da Qualidade do Ar do Aeroporto Bacacheri

## BOLETIM IQA AEROPORTO BACACHERI JUN 2016

DIA	DECOLAGENS	POUSOS	TEMP	UM	IQA					IQA	QUALIDADE DO AR	POLUENTE	HORA	CONC (µg/m³)		
					SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	NO	CO							
1	20	19	19,0	84,2	6	2	3	N/A	0	6	BOA				<b>Nota:</b> O <sub>3</sub> - Valor máximo de 1 hora NO <sub>2</sub> - Valor máximo de 1 hora CO - Média de 8 horas SO <sub>2</sub> - Média de 24 horas N/A - Dado não aplicável * Dado não disponível ** Período de 1 às 24 horas	
2	43	47	15,9	82,9	2	2	4	N/A	0	4	BOA					
3	38	39	15,3	82,3	1	2	6	N/A	0	6	BOA					
4	24	20	14,6	85,8	0	2	2	N/A	0	2	BOA					
5	*	*	*	*	*	*	*	N/A	0	0	*					
6	*	*	*	*	*	*	*	N/A	0	0	*					
7	*	*	*	*	*	*	*	N/A	0	0	*					
8	*	*	*	*	*	*	*	N/A	0	0	*					
9	*	*	*	*	*	*	*	N/A	0	0	*					
10	77	73	11,4	52,6	*	*	0	N/A	0	0	*					
11	40	38	6,8	59,2	0	3	3	N/A	0	3	BOA					
12	27	27	6,8	57,6	1	3	3	N/A	0	3	BOA					
13	27	38	6,9	69,6	3	2	4	N/A	0	4	BOA					
14	75	82	11,4	74,9	2	2	5	N/A	0	5	BOA					
15	54	44	13,5	74,4	3	2	6	N/A	0	6	BOA					
16	52	50	16,3	72,2	6	2	6	N/A	0	6	BOA					
17	40	36	17,5	74,8	3	2	4	N/A	0	4	BOA					
18	5	7	13,2	87,8	0	2	2	N/A	0	2	BOA					
19	19	18	13,4	91,1	1	1	2	N/A	0	2	BOA					
20	12	14	9,4	91,0	0	1	4	N/A	0	4	BOA					
21	17	15	8,3	92,1	0	1	11	N/A	0	11	BOA					
22	18	19	10,9	91,3	0,1	1	11	N/A	0	11	BOA					
23	40	47	11,6	90,0	2	1	4	N/A	0	4	BOA					
24	39	33	11,7	88,3	2	2	4	N/A	0	4	BOA					
25	44	49	12,8	86,5	2	2	5	N/A	0	5	BOA					
26	11	11	12,8	89,2	0	2	5	N/A	0	5	BOA					
27	37	38	11,5	89,8	24	1	5	N/A	0	24	BOA					
28	46	45	15,2	71,9	53	1	4	N/A	0	53	REGULAR					
29	59	61	14,9	74,0	62	1	4	N/A	0	62	REGULAR					
30	65	58	15,3	76,8	46	1	4	N/A	0	46	BOA					
<b>T</b>	<b>929</b>	<b>928</b>														
QUALIDADE DO AR											IMPACTO					
IQA até 50											BOA					
IQA entre 51 e 100											REGULAR					
IQA entre 100 e 150											MADEQUADA					
IQA entre 151 e 200											MADEQUADA					
IQA entre 201 e 300											MÁ					
IQA acima de 300											PÉSSIMA OU CRÍTICA					
Nenhum ou muito pequeno											N/A					
Apenas em pessoas muito sensíveis											N/A					
Em pessoas sensíveis											N/A					
Em pessoas sensíveis com sensibilidade média, de forma mais acumulada em pessoas sensíveis											N/A					
Em pessoas com sensibilidade média e com efeitos mais graves											N/A					
Na população em geral											N/A					
UTFPR - PPGCTA <a href="mailto:carlosjaponski@utfpr.alunos.edu.br">carlosjaponski@utfpr.alunos.edu.br</a>											93,6 140,6					
Aeroporto de Bacacheri - Curitiba																


Elaboração do Boletim:

UTFPR - PPGCTA


[carlosjaponski@utfpr.alunos.edu.br](mailto:carlosjaponski@utfpr.alunos.edu.br)

Aeroporto de Bacacheri - Curitiba

## BOLETIM IQA AEROPORTO BACACHERI JUL 2016

DIA	DECOLAGENS	POUSOS	TEMP	UMI	IQA				IQA	QUALIDADE DO AR	POLUENTE	HORA	CONC (µg/m³)		
					SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	NO							CO
1	36	36	15,3	74,7	32	2	3	N/A	0	32	BOA			O3 - Valor máximo de 1 hora	
2	40	39	15,5	72,8	27	2	2	N/A	0	27	BOA			NO2 - Valor máximo de 1 hora	
3	39	37	16,5	70,5	25	2	4	N/A	0	25	BOA			CO - Média de 8 horas	
4	38	42	21,2	68,1	11	2	5	N/A	0	11	BOA			SO2 - Média de 24 horas	
5	40	39	17,2	79,1	9	2	6	N/A	0	9	BOA			N/A - Dado não aplicável	
6	19	19	15,9	77,2	5	2	5	N/A	0	5	BOA			* Dado não disponível	
7	40	41	12,2	68,1	4	2	5	N/A	0	5	BOA			** Período de 1 às 24 horas	
8	45	47	11,5	70,4	4	3	5	N/A	0	5	BOA				
9	37	37	13,8	68,4	5	3	5	N/A	0	5	BOA				
10	33	28	17,5	68,6	6	2	7	N/A	0	7	BOA				
11	28	29	14,8	78	5	2	6	N/A	0	6	BOA				
12	*	*													
13	*	*													
14	*	*													
15	*	*													
16	*	*													
17	*	*													
18	*	*													
19	*	*													
20	*	*													
21	*	*													
22	*	*													
23	*	*													
24	*	*													
25	*	*													
26	*	*													
27	*	*													
28	*	*													
29	*	*													
30	*	*													
31	*	*													
T	395	394													
QUALIDADE DO AR				CATEGORIA				IMPACTO							
IQA até 50				BOA				Nenhum ou muito pequeno							
IQA entre 51 e 100				REGULAR				Apenas em pessoas muito sensíveis							
IQA entre 100 e 150				MADEIRADA				Em pessoas sensíveis							
IQA entre 151 e 200				MADEIRADA				Em pessoas sensíveis com sensibilidade média, de forma mais acumulada em pessoas sensíveis							
IQA entre 201 e 300				MA				Em pessoas com sensibilidade média e com efeitos mais graves							
IQA acima de 300				PÉSSIMA ou CRÍTICA				Na população em geral							
													<p><b>Nota:</b></p> <p>O3 - Valor máximo de 1 hora</p> <p>NO2 - Valor máximo de 1 hora</p> <p>CO - Média de 8 horas</p> <p>SO2 - Média de 24 horas</p> <p>N/A - Dado não aplicável</p> <p>* Dado não disponível</p> <p>** Período de 1 às 24 horas</p>		
													<p><b>Elaboração do Boletim:</b></p> <p>UTPR - PPGCTA</p> <p><a href="mailto:carlosjabonski@utpr.alunos.edu.br">carlosjabonski@utpr.alunos.edu.br</a></p>		
													<p>Aeroporto de Bacacheri - Curitiba</p> 		

## BOLETIM IQA AEROPORTO BACACHERI OUT 2016

DIA	DECOLAGENS	POUSOS	TEMP	UM	IQA				IQA	QUALIDADE DO AR	POLUENTE	HORA	CONC (µg/m³)	
					SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	NO						
1	*	*			*	*	*	N/A	*	*				O <sub>3</sub> - Valor máximo de 1 hora
2	*	*			*	*	*	N/A	*	*				NO <sub>2</sub> - Valor máximo de 1 hora
3	*	*			*	*	*	N/A	*	*				CO - Média de 8 horas
4	*	*			*	*	*	N/A	*	*				SO <sub>2</sub> - Média de 24 horas
5	*	*			*	*	*	N/A	*	*				N/A - Dado não aplicável
6	*	*			*	*	*	N/A	*	*				* Dado não disponível
7	19	15	17,1	70,0	0	3	3	N/A	0	3			** Período de 1 às 24 horas	
8	27	29	19,2	67,8	0	6	7	N/A	0	7				
9	25	26	16,5	75,8	2	4	5	N/A	0	5				
10	29	36	14,9	78,3	0	4	5	N/A	0	5				
11	24	19	15,4	80,4	1	4	5	N/A	0	5				
12	19	18	18,7	78,4	1	5	5	N/A	0	5				
13	15	14	17,3	85,0	2	5	7	N/A	0	7				
14	27	30	16,4	86,5	5	4	5	N/A	0	5				
15	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
16	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
17	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
18	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
19	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
20	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
21	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
22	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
23	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
24	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
25	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
26	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
27	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
28	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
29	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
30	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
31	*	*			*	*	*	N/A	*	*				
T	185	187												
QUALIDADE DO AR				CATEGORIA				IMPACTO						
IQA até 50				BOA				Nenhum ou muito pequeno						
IQA entre 51 e 100				REGULAR				Apenas em pessoas muito sensíveis						
IQA entre 100 e 150				INADEQUADA				Em pessoas sensíveis						
IQA entre 151 e 200				INADEQUADA				Em pessoas sensíveis com sensibilidade média, de forma mais acumulada em pessoas sensíveis						
IQA entre 201 e 300				MÁ				Em pessoas com sensibilidade média e com efeitos mais graves						
IQA acima de 300				PÉSSIMA OU CRÍTICA				Na população em geral						
<p>Elaboração do Boletim:</p> <p>UTFPR - PPGCTA</p> <p><a href="mailto:carlosjaponski@utfpr.alunos.edu.br">carlosjaponski@utfpr.alunos.edu.br</a></p> <p>Aeroporto de Bacacheri - Curitiba</p>														

## Nota:

O<sub>3</sub> - Valor máximo de 1 horaNO<sub>2</sub> - Valor máximo de 1 hora

CO - Média de 8 horas

SO<sub>2</sub> - Média de 24 horas

N/A - Dado não aplicável

\* Dado não disponível

\*\* Período de 1 às 24 horas

## 6.2 Comparação entre os Índices de Qualidade do Ar das Estações Santa Cândida, Praça Ouvidor Pardiniho e Aeroporto Bacacheri

A Tabela 9 demonstra os Índices de Qualidade do Ar dos meses monitorados. No mês de junho a maior degradação amostrada considerou a qualidade do ar como regular nas Estações Ouvidor Pardiniho e Aeroporto Bacacheri.

**Tabela 9:** Comparação entre dados das estações, Junho, Julho e Outubro 2016.

Data	Estação	Poluente/IQA	*Qualidade do Ar
28 Jun 16	Santa Cândida	O <sub>3</sub> 41	BOA
29 Jun 16	Santa Cândida	O <sub>3</sub> 41	BOA
28 Jun 16	Ouvidor Pardiniho	NO <sub>2</sub> 114	REGULAR
<b>28 Jun 16</b>	<b>Aeroporto</b>	<b>SO<sub>2</sub> 53</b>	REGULAR
<b>29 Jun 16</b>	<b>Aeroporto</b>	<b>SO<sub>2</sub> 62</b>	REGULAR
24 Jul 16	Santa Cândida	O <sub>3</sub> 54	REGULAR
01 Jul 16	Ouvidor Pardiniho	NO <sub>2</sub> 59	REGULAR
29 Jul 16	Ouvidor Pardiniho	O <sub>3</sub> 54	REGULAR
<b>01 Julho</b>	<b>Aeroporto</b>	<b>SO<sub>2</sub> 32-</b>	BOA
20 Out. 16	Ouvidor Pardiniho	O <sub>3</sub> 51	REGULAR
16 Out. 16	Santa Cândida	O <sub>3</sub> 54	REGULAR
17 Out. 16	Santa Cândida	O <sub>3</sub> 58	REGULAR
08 Out 16	Aeroporto	O <sub>3</sub> 7	BOA

\* Boletins da qualidade do ar nos resultados e nos anexos.

A medição de 93,6 µg/m<sup>3</sup> a qual resultou o IQA 53 de SO<sub>2</sub> em 28 de junho e 140,6 µg/m<sup>3</sup>, 62 de IQA em 29 de junho, não extrapolaram o nível máximo tolerável de concentração de poluentes conforme a Resolução CONAMA 03/90 discrimina como padrão primário que é 365 µg/m<sup>3</sup>, porém, 140,6 µg/m<sup>3</sup> classifica o IQA na categoria regular (Boletim IQA Aeroporto Bacacheri Jun 16, página 42). Com a qualidade do ar considerada regular, pessoas com alta sensibilidade poderão apresentar reações alérgicas e outros efeitos relacionados na literatura quanto ao contato com o poluente. A única estação que apresentou o SO<sub>2</sub> com o IQA regular foi a do Aeroporto Bacacheri.

## 6.3 Correlação das variáveis na Análise de Componentes Principais

As variáveis utilizadas para a análise, médias de 24 horas das medições e número de pousos e decolagens diário, Tabela 10. Essas variáveis foram correlacionadas gerando a Tabela 11 com dados reduzidos e gráficos informativos.

**Tabela 10:** Médias diárias no período de 44 dias da estação Aeroporto Bacacheri .

Data	NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	O <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Temp. °C	Umidade ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	Pousos nº	Decolagens nº
1-jun-16	0,00	56,20	0,90	9,64	2,24	19,00	84,20	19	20
2-jun-16	0,00	42,00	2,30	3,64	2,23	15,80	82,90	47	43
3-jun-16	0,00	85,70	3,70	1,54	2,35	15,30	82,30	39	38
4-jun-16	0,00	27,60	1,90	0,00	2,78	14,70	85,80	20	24
10-jun-16	0,00	93,10	0,02	0,00	6,60	11,90	52,60	73	77
11-jun-16	0,00	60,80	1,53	0,70	3,30	6,80	59,20	38	40
12-jun-16	0,10	89,90	2,75	1,24	2,80	6,80	57,60	27	27
13-jun-16	0,70	128,80	2,42	4,15	2,80	6,80	68,60	38	27
14-jun-16	0,00	42,20	3,60	3,70	2,50	11,40	74,90	82	75
15-jun-16	0,00	112,80	3,90	4,90	2,60	13,50	74,40	44	54
16-jun-16	0,00	116,00	2,90	9,28	2,80	16,30	72,20	50	52
17-jun-16	0,00	77,70	3,90	4,90	2,30	17,40	74,80	36	40
18-jun-16	0,00	49,30	2,30	0,20	2,40	13,20	87,80	7	5
19-jun-16	0,00	38,70	2,10	1,20	2,30	13,40	91,10	18	19
20-jun-16	0,00	29,90	3,00	0,10	2,10	9,40	91,10	14	12
21-jun-16	0,00	23,40	5,80	0,00	2,20	8,30	92,10	15	17
22-jun-16	0,00	46,80	3,70	0,10	2,60	10,10	93,40	19	18
23-jun-16	0,00	63,70	2,40	2,50	2,50	11,60	90,00	47	40
24-jun-16	0,00	34,30	3,80	2,60	2,30	11,70	88,40	33	39
25-jun-16	0,00	27,60	4,90	2,80	2,10	12,80	86,40	49	44
26-jun-16	0,00	37,70	6,40	0,01	2,10	12,70	89,20	11	11
27-jun-16	2,00	191,20	1,06	38,40	2,20	18,50	72,10	38	37
28-jun-16	2,90	484,90	0,60	93,60	2,20	15,20	71,90	45	46
29-jun-16	1,40	229,30	0,70	140,60	2,50	14,90	74,00	61	59
30-jun-16	1,60	226,20	0,50	73,10	2,50	15,30	77,00	58	65
1-jul-16	1,40	198,10	0,80	50,50	2,30	15,30	75,00	36	36
2-jul-16	0,60	164,10	0,50	43,50	2,10	15,50	72,80	39	40
3-jul-16	0,10	164,30	0,80	39,50	2,10	16,50	70,50	37	39
4-jul-16	0,20	140,50	0,90	16,90	2,10	13,60	74,00	42	38
5-jul-16	0,00	109,30	3,00	14,60	1,40	17,20	75,00	39	40
6-jul-16	0,00	49,70	4,40	7,40	1,50	15,90	77,20	19	19
7-jul-16	0,00	82,60	3,70	6,70	1,70	12,20	68,10	41	40
8-jul-16	0,00	97,60	2,60	5,80	2,10	11,50	70,40	47	45
9-jul-16	0,00	56,30	3,20	8,10	1,90	13,70	68,50	37	37
10-jul-16	0,00	144,00	3,90	9,50	1,90	17,40	68,60	28	33
11-jul-16	0,00	114,00	2,80	7,60	2,00	14,80	78,00	29	28
7-out-16	0,00	1,40	2,10	0,10	2,10	16,00	66,50	15	19
8-out-16	0,00	6,60	3,90	0,10	1,90	18,70	66,20	29	27
9-out-16	0,00	0,50	3,50	0,00	1,90	15,90	68,20	26	25
10-out-16	0,00	0,00	3,70	0,00	2,00	15,00	69,10	36	29
11-out-16	0,00	0,90	2,50	0,30	2,60	14,80	70,20	19	24
12-out-16	0,00	0,00	3,80	0,00	1,90	18,90	70,30	18	19
13-out-16	0,00	0,10	3,60	0,20	2,10	16,80	81,30	14	15
14-out-16	0,00	14,60	1,80	0,60	2,20	16,40	86,00	30	27

Os valores apresentados na Tabela 11 mostram a correlação entre as variáveis, os valores em vermelho, são os que têm maiores correlações seja direta ou inversa. Quanto mais próximo de 1, maior é a correlação.

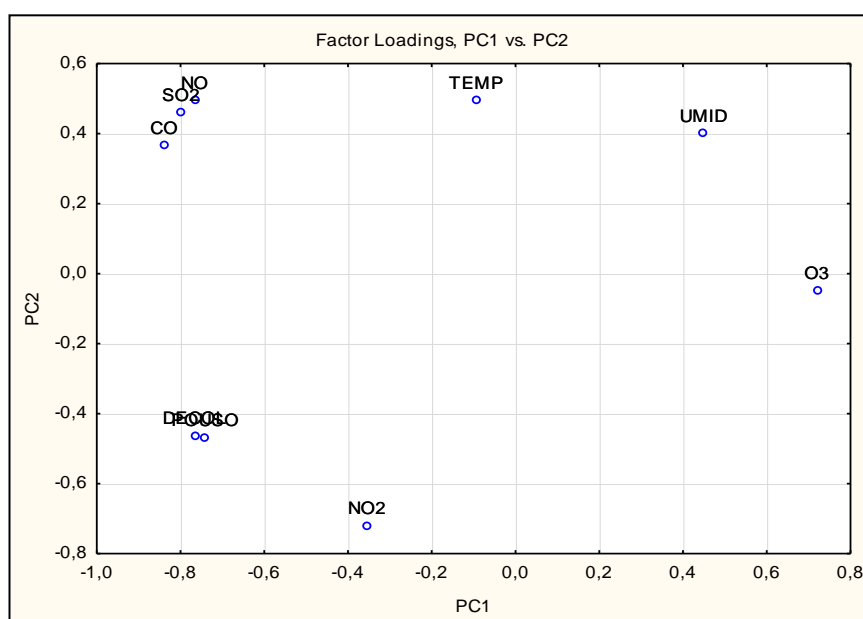
**Tabela 11:** Variáveis correlacionadas.

	Médias	Desv. P.	NO	CO	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	TEMP	UMID	POUSO	DECOL
NO	0,250	0,630	1,000	0,860	-0,515	0,810	-0,007	0,142	-0,128	0,281	0,287
CO	85,464	88,123	0,860	1,000	-0,540	0,799	0,047	0,087	-0,215	0,409	0,439
O <sub>3</sub>	2,695	1,460	-0,515	-0,540	1,000	-0,539	-0,372	-0,142	0,314	-0,348	-0,366
SO <sub>2</sub>	13,870	28,131	0,810	0,799	-0,539	1,000	-0,045	0,203	-0,115	0,383	0,406
NO <sub>2</sub>	2,343	0,748	-0,007	0,047	-0,372	-0,045	1,000	-0,330	-0,339	0,405	0,450
TEMP	14,066	3,189	0,142	0,087	-0,142	0,203	-0,330	1,000	-0,031	-0,077	-0,018
UMID	76,134	9,722	-0,128	-0,215	0,314	-0,115	-0,339	-0,031	1,000	-0,375	-0,407
POUSO	34,295	16,143	0,281	0,409	-0,348	0,383	0,405	-0,077	-0,375	1,000	0,969
DECOL	34,295	15,992	0,287	0,439	-0,366	0,406	0,450	-0,018	-0,407	0,969	1,000

**Fonte:** Software estatística (PCA).

Ao gerar o Gráfico 3 fica discriminado a similaridade entre alguns poluentes atmosféricos, observa-se a concentração de NO, SO<sub>2</sub> e CO de maneira direta, O<sub>3</sub> se apresenta de forma anômala e NO<sub>2</sub> uma correlação maior com a decolagem. A proximidade do número de pouso e decolagens faz com que apareçam sobrepostos no gráfico.

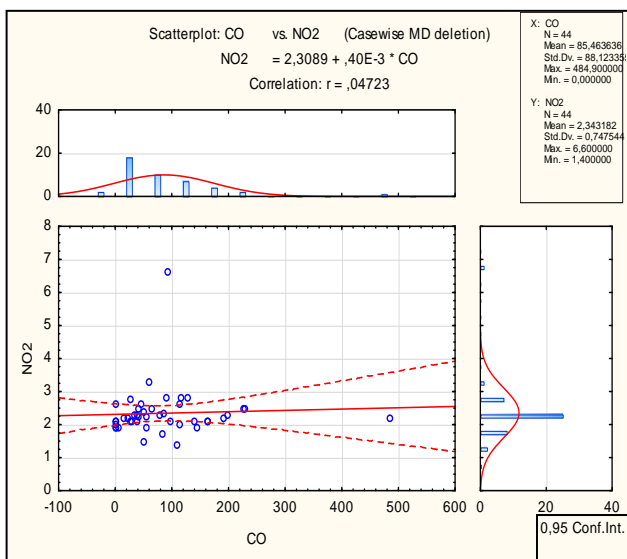
**Gráfico 3:** Similaridade entre poluentes atmosféricos.



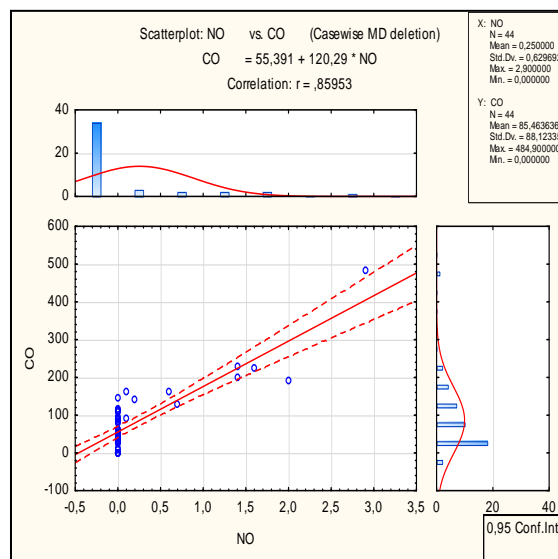


O pouso e a decolagem são as fases mais críticas do voo sendo que na decolagem a exigência dos motores é muito maior havendo desta forma uma queima maior de combustível por isso, a evidência da maior concentração e correlação dos poluentes nesta fase. (Tabela 11, coluna DECOL., página 47). Os gráficos 4, 5, 6, 7, 9 e 10 se referem a correlação entre os poluentes atmosféricos similares, é nítida a maior correlação entre alguns poluentes principalmente no gráfico 5 (CO e NO) e no gráfico 7 (NO e SO<sub>2</sub>). Os números de pousos e decolagens foram bem próximos como observados no gráfico 8.

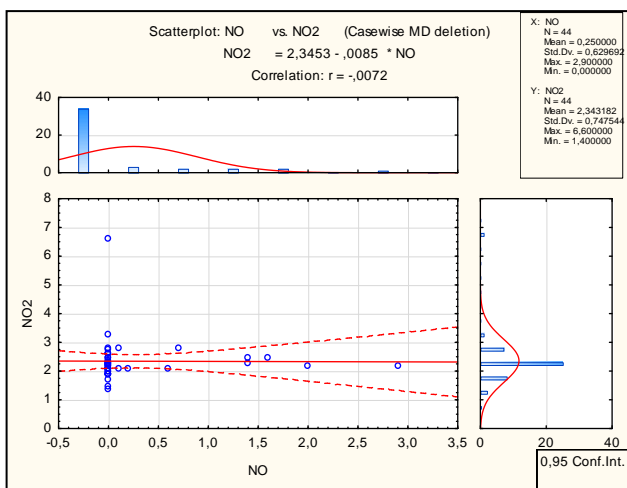
**Gráfico 4: Correlação CO e NO<sub>2</sub>**



**Gráfico 5: Correlação CO e NO**



**Gráfico 6: Correlação NO e NO<sub>2</sub>**



**Gráfico 7: Correlação NO e SO<sub>2</sub>**

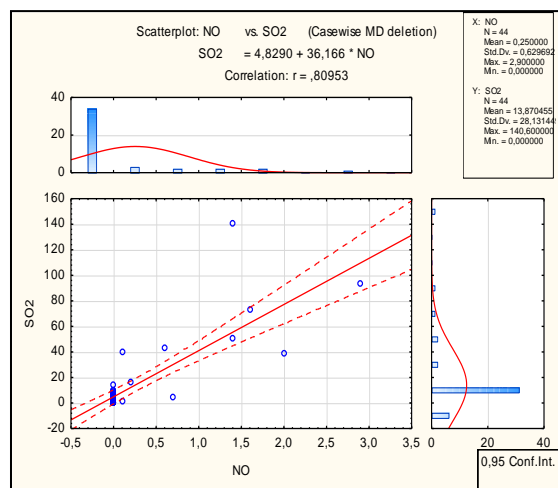


Gráfico 8: Pousos e decolagens

Gráfico 9 Correlação CO e SO<sub>2</sub>

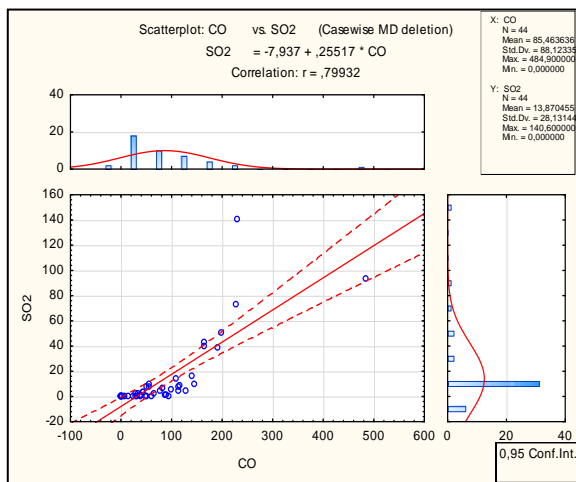
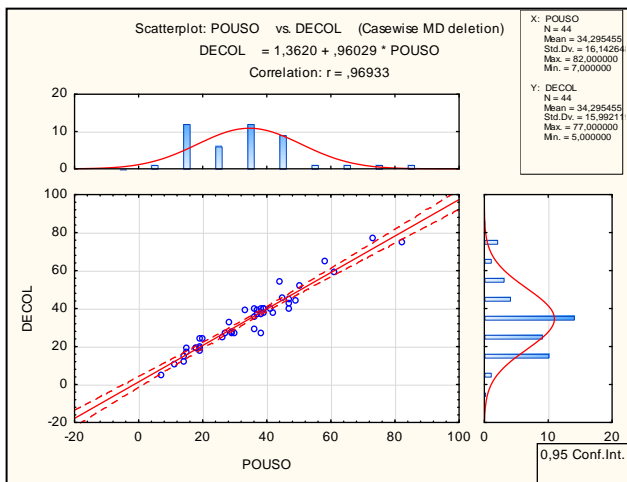
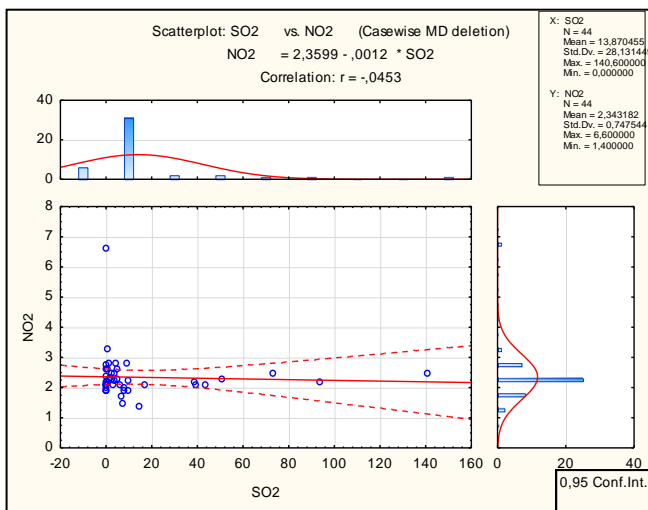


Gráfico 10: Correlação entre SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a elaboração do Boletim do Aeroporto, tomou-se como modelo os Boletins da Qualidade do Ar de estações de monitoramento da qualidade do ar instaladas em Curitiba. (Anexos A, B,C,D,E,F). A adaptação no Boletim do Aeroporto teve o diferencial com a inserção dos números da movimentação diária de aeronaves quanto a pousos e decolagens nos dias de monitoramento cedidos pela INFRAERO SBBI.

Dos quarenta e quatro dias de monitoramento, dois dias do mês de junho apresentaram índices da qualidade do ar considerados regular quanto ao poluente SO<sub>2</sub>, conforme o Boletim de IQA Aeroporto Bacacheri jun 2016, página 42. Uma vez lançado na atmosfera, o SO<sub>2</sub> é oxidado, formando ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Essa transformação depende do tempo de permanência no ar, da presença de luz solar, temperatura, umidade e adsorção do gás na superfície das partículas. A permanência no ar por um período grande de tempo faz com que o SO<sub>2</sub> e seus derivados (aerossóis ácidos) sejam transportados para regiões distantes das fontes primárias de emissão, aumentando a área de atuação desses poluentes (BRAGA *et al.* 2001).

Ao analisar os boletins das estações Santa Cândida e Ouvidor Pardinho em Curitiba, (Anexos e Tabela 9, página 45), nos mesmos meses de monitoramento no aeroporto, os índices da qualidade do ar mais degradados também se mostraram regular, mas com o O<sub>3</sub> e partículas inaláveis. Como se pode observar na Figura 13 da página 37, as estações estão distantes da estação do aeroporto a 5km e 7km e o poluente SO<sub>2</sub> não apresentou concentração nessas outras localidades apesar de terem fluxo de veículos automotores.

## 8 CONCLUSÃO

A quantificação dos poluentes legislados O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO além de NO com o posterior tratamento dessas informações em consonância com os preceitos da legislação vigente, foram ações importantes para traçar um panorama da qualidade do ar correlacionando essas informações com números de voos ocorridos exatamente nas datas de monitoramento. Com as informações, foi possível calcular o Índice da Qualidade do Ar e elaborar o Boletim da Qualidade do Ar da Estação Aeroporto Bacacheri nos meses de junho, julho e outubro de 2016. (Páginas 42, 43 e 44) .O monitoramento da qualidade do ar do Aeroporto Bacacheri com a utilização de uma estação de monitoramento de poluentes atmosféricos, fato este inusitado em aeroportos, se mostrou eficiente. A amostragem realizada em 24 horas, a cada quinze minutos, propiciou uma mensuração com quantidade de dados suficiente, para a análise.

Desta forma, foi possível correlacionar os dados pousos/ decolagens/ poluentes atmosféricos com a legislação e chegar à conclusão de que as concentrações de poluentes atmosféricos no Aeroporto Bacacheri não se mostraram significativas em sua totalidade, uma hipótese a ser considerada é a construção do aeroporto que, apesar de estar localizado em um bairro populoso de Curitiba, proporciona uma dispersão, porém, em dois dias deu-se concentração suficiente do poluente atmosférico SO<sub>2</sub> com a medição de 93,6 µg/m<sup>3</sup> a qual resultou o IQA 53 e 140,6 µg/m<sup>3</sup>, 62 de IQA alterando a qualidade do ar para regular. Outro fato evidenciado foi que quanto mais baixa a temperatura maior é a concentração de poluentes sendo a dispersão mais lenta. A Análise de Componentes Principais proporcionou uma visão mais didática, reduzindo os dados, gerando gráficos de maneira a deixar evidente quais os poluentes apresentaram similaridade e que a fase de decolagem é a mais crítica quanto a emissão de poluentes atmosféricos.

Sugere-se que o assunto seja tema em eventos de Segurança de Voo, Gerenciamento de Segurança Operacional, Medicina Aeroespacial, Meteorologia e Defesa Civil, que a pesquisa possa agregar informação para estudos futuros e para um possível programa de gerenciamento de emissões atmosféricas em aeroportos.

## REFERÊNCIAS

ALCANTARA, V. **Inserção Curricular da Educação Ambiental**. Curitiba, IESDE Brasil S.A. 2009, 08 p.

AMÂNCIO, T. C.; NASCIMENTO, C.F.L. **Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais**. Revista da Associação Médica Brasileira, v.58, n.3, p.302-7, 2012.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil, 2014, ano base 2013**. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br>>. Acesso em :29 abr. 2016.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. **Portaria n 533/ SIA** de 9 de março de 2016, publicada no Diário Oficial da União de 10 de março de 2016, seção 1, pág. 7.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2016a.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2016b

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2016c

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Combustíveis de Aviação**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: 25 jun 2016d

Apolo11. **Abelhas ajudam a monitorar a qualidade do ar em aeroportos da Europa**. Editoria: Meio Ambiente. 16 set. 2016. Disponível em: <[http://www.apolo11.com/meio\\_ambiente](http://www.apolo11.com/meio_ambiente)> Acesso em 09 dez 2017.

**AQMesh Operating Manual**. Disponível em: <<http://www.aqmesh.com>>. Acesso em 01 mar. 2017.

ARDILES, L. G. **Risco à saúde atribuído à poluição do ar e variáveis meteorológicas na Região Metropolitana de Curitiba**. 2016. 103p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA). Câmpus Apucarana/Londrina. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2016.

BRAGA, A. et al. São Paulo- SP- n 51 set/ nov. 2001. **Poluição atmosférica e saúde humana**. Disponível em <[http:// www.revistas.usp.br](http://www.revistas.usp.br)>. Acesso em: 10 jun 2017.

BRAGA, T.C., DE ALBUQUERQUE, E.L. **Emissões de Poluentes Provenientes do Tráfego de Aeronaves no Aeroporto Internacional de Salvador**. In : Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, [Blucher Chemical Engineerang Proceedings, v. 1 n. 3] São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal:Centro Gráfico, 1988.

CANÇADO, J. E. D. et al. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v.32, n.Supl 1, p.S5-S11, 2006.

CASAGRANDE V.**Os Desafios dos Biocombustíveis**. Revista Aeromagazine. n 252 Mai 15. Disponível em: <<http://www.aeromagazine.uol/revista/252>> Acesso em 09 nov 2017.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 3 de 28 de junho de 1990. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 15937-15939, 22 ago. 1990. Seção 1. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 05 jul. 2016.

DAPPER, S. ; SPOHR C. ; ZANINI R.R. **Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo**. Estudos av. vol. 30 n 86, São Paulo. Jan/Apr.2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 04 out. 2017.

FISPQ. BR 031. **Ficha de Informação de Produto Químico**. Disponível em: <<http://www.br-petrobras.com.br>> Acesso em: 09 ago. 2017.

FISPQ. BR 033. **Ficha de Informação de Produto Químico**. Disponível em: <<http://www.br-petrobras.com.br>> Acesso em: 09 ago. 2017.

HOMA, J.M. **Aeronaves e Motores, Conhecimentos Técnicos**. 20. ed. São Paulo: Editora Asa, 1997.

IAP. Instituto Ambiental do Paraná. **Indicadores da Qualidade do Ar**. Disponível em: < [http:// www.iap.pr.gov.br](http://www.iap.pr.gov.br)> Acesso em: 25 jun 2017.

ICEA. Instituto de Controle do Espaço Aéreo.**Climatologia Aeronáutica**. Disponível em: <[http:// www.pesquisa.icea.gov.br/climatologia](http://www.pesquisa.icea.gov.br/climatologia)> Acesso em: 09 nov. 2017.

INFRAERO. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. **Programa de Gerenciamento de Emissões Atmosféricas**. Disponível em:

<[http://www.infraero.gov.br/images/stories/infraero/meioambiente/2016/programa\\_gerenciamento\\_de\\_emissoes\\_atmosfericas.pdf](http://www.infraero.gov.br/images/stories/infraero/meioambiente/2016/programa_gerenciamento_de_emissoes_atmosfericas.pdf)>. Acesso em: 06 jul.2016a.

INFRAERO. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária **Aeroporto Bacacheri**. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/index.php/aeroportos/parana/aeroporto-de-bacacheri.html>>. Acesso em: 01 mai. 2016b.

KIELY, G. Environmental Engineering. Berkshire England. McGraw- Hill. 1996.

LISBOA, H. M.; KAWANO, M. **Monitoramento de Poluentes Atmosféricos**. In.: UFSC- Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental. (Org). Controle da Poluição Atmosférica. 01 ed: E-BOOK, 2008.

MANAHAN, S. E. **Química Ambiental**. 9ª Ed. p – 278. Porto Alegre. Bookman, 2013.

Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório do Balanço Energético Nacional 2016**. Disponível em: <<http://www.ben.epe.gov.br>>. Acesso em 22 jun 2017.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **OMS divulga estimativas nacionais sobre exposição à poluição do ar e impacto na saúde**. Disponível em <http://www.paho.org> >. Acesso em: 24 jul 2017.

PARANÁ. **Decreto Estadual nº 9411 de 20 de novembro de 2013**, Diário Oficial Paraná, Poder Executivo, 20 nov. 2013, Edição 9089 p. 23-24, 2013.

RBAC . Regulamento Brasileiro de Aviação Civil 34. **Requisitos para drenagem de combustível e emissões de escapamento de aviões com motores a turbina**. Publicado no Diário Oficial da União de 22 de março de 2013, Seção 1,p 4.

REALPE, C.K.T. **Prospecção Tecnológica de Combustível Renovável para Aviação: Estudo de Caso do Diesel Verde**. Dissertação de Mestrado. PPTPQB, UFRJ, 2016.

**Resolução Conjunta SEMA/IAP nº 03/2017 de 19 de junho de 2017**, Diário Oficial Paraná, Poder Executivo, 21 jun 2017, Edição 9969 p. 107-108, 2017.

REVISTA PRIMEIRO PLANO. Florianópolis – SC- edição n 19 nov. 2010. Disponível em: <<http://www.primeiroplano.org.br>>. Acesso em: 10 mai 2016.

São Paulo. **Decreto Nº 59.113 de 23 de abril de 2013**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 24 abr 2013. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/legislação/decreto2013>>. Acesso em 07 mar 2017.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná, **Resolução nº 16/2014**. Disponível em <[http:// www.legislação.pr.gov.br/legislação](http://www.legislação.pr.gov.br/legislação)>. Acesso em: 17 mai 2016.

SIMILAR. **Tecnologia e Automação**. Disponível em <[http:// www.similar.ind.br](http://www.similar.ind.br)>. Acesso em 26 out 2016.

SOARES, A.V.C. F. Regulamento de Tráfego Aéreo para Piloto Privado de Avião e Helicóptero, **Manual Didático de Regulamento para Voo Visual (VFR)**. São Paulo, Espaço Aéreo – MAR/2007. 13 p.

SUGUI, V.R. **Inventário e propostas de redução de emissões de poluentes atmosféricos do Aeroporto Internacional de Curitiba- Afonso Pena, São José dos Pinhais, PR**, Dissertação de Mestrado PMAUI, UFPR, 2016.

VALDERRAMA L., et al. **Proposta Experimental Didática para o Ensino de Análise de Componentes Principais**. Química Nova, vol. 39, nº 2, São Paulo, fev. 2016.



## ANEXO (A) BOLETIM IQA SANTA CÂNDIDA JUNHO 2016

Boletim de Qualidade do Ar na Estação SANTA CÂNDIDA, Junho de 2016												
DIA	TEMP	UMID	IQA					IQA	QUALIDADE DO AR	POLUENTE	HORA	CONC. (µg/m³)
			SO2	NO2	O3	CO	PM10					
1	16,6	89,5	0	10	12	*	*	12	BOA			
2	14,8	78,4	0	9	29	*	*	29	BOA			
3	14,1	78,9	0	15	20	*	*	20	BOA			
4	14,5	81,8	0	4	20	*	*	20	BOA			
5	13,8	84,3	0	3	12	*	*	12	BOA			
6	12,7	92,6	0	6	17	*	*	17	BOA			
7	11,5	77,2	0	13	23	*	*	23	BOA			
8	8,7	69,3	0	17	28	*	*	28	BOA			
9	7,2	63,9	2	18	30	*	*	30	BOA			
10	7,6	64,0	1	19	20	*	*	20	BOA			
11	6,0	63,9	0	18	23	*	*	23	BOA			
12	6,0	62,4	3	15	28	*	*	28	BOA			
13	6,4	79,0	1	15	31	*	*	31	BOA			
14	10,4	81,8	0	11	32	*	*	32	BOA			
15	12,0	78,5	0	23	42	*	*	42	BOA			
16	15,9	72,7	1	19	37	*	*	37	BOA			
17	17,4	73,7	1	19	40	*	*	40	BOA			
18	13,3	84,3	0	7	15	*	*	15	BOA			
19	12,6	96,6	0	9	22	*	*	22	BOA			
20	9,3	95,4	0	6	24	*	*	24	BOA			
21	8,9	97,9	0	12	25	*	*	25	BOA			
22	11,4	98,6	0	14	27	*	*	27	BOA			
23	11,3	91,5	0	17	24	*	*	24	BOA			
24	11,1	92,6	0	10	25	*	*	25	BOA			
25	12,6	98,1	0	10	32	*	*	32	BOA			
26	12,9	94,3	0	5	33	*	*	33	BOA			
27	13,2	76,2	0	18	29	*	*	29	BOA			
28	12,0	81,2	0	28	41	*	*	41	BOA			
29	13,9	78,8	0	27	43	*	*	43	BOA			
30												

Qualidade do AR	Categoria	Impacto
IQA até 50	BOA	nenhum ou muito pequeno
IQA entre 51 e 100	REGULAR	apenas em pessoas muito sensíveis
IQA entre 101 e 150	INADEQUADA	em pessoas sensíveis
IQA entre 151 e 200	INADEQUADA	em pessoas sensíveis com sensibilidade média, de forma mais acentuada em pessoas sensíveis
IQA entre 201 e 300	MA	em pessoas com sensibilidade média e com efeitos mais graves
IQA acima de 300	PESSIMOCRÍTICA	na população em geral

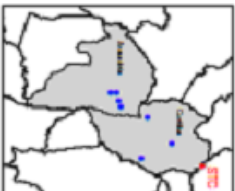
  

NO2	O3	CO	PM10
O3 - Valor máximo de 1 hora	NO2 - Valor máximo de 1 hora	CO - Média de 8 horas	SO2 - Média de 24 horas
			PM10 - Média de 24 horas
			PM10 - Média de 24 horas
			MA - Dado não aplicável
			* Dado não disponível
			** Período de 1 às 24 horas
			*** 25 °C e 1013 mbar

Estação de Boletim:  
 LAOTEC:  
 email:laot@laotec.org.br  
 IAP:  
 email:iap@iap.pr.gov.br

ESTÁDIO DAS CANTAS,  
 nº 1081 - Escola Municipal  
 Thόδoro de Bora  
 Curitiba



ANEXO (B) BOLETIM IQA SANTA CÂNDIDA JULHO 2016

Boletim de Qualidade do Ar na Estação SANTA CÂNDIDA, Julho de 2016													
Dia	Tempo	UMID	SO2	NO2	IQA			PM10 (µg/m³)	IQA	QUALIDADE DO AR	POLUENTE	HORAS	CONC. (µg/m³)
					CO	O3	CO2						
1	14,6	78,9	0	29	38	*	*	*	38	BOA			
2	15,8	73,5	0	22	49	*	*	*	49	BOA			
3	16,6	71,9	0	22	40	*	*	*	40	BOA			
4	17,0	74,8	0	25	37	*	*	*	37	BOA			
5	17,0	78,6	0	18	37	*	*	*	37	BOA			
6	15,1	85,3	0	19	51	*	*	*	51	BOA			
7	10,2	73,5	0	21	27	*	*	*	27	BOA			
8	10,5	78,7	0	20	33	*	*	*	33	BOA			
9	10,5	72,0	0	18	51	*	*	*	51	BOA			
10	17,1	70,7	0	20	39	*	*	*	39	BOA			
11	19,1	63,4	0	19	40	*	*	*	40	BOA			
12	19,9	70,6	0	12	38	*	*	*	38	BOA			
13	14,9	88,6	0	24	24	*	*	*	24	BOA			
14	18,6	71,4	0	24	46	*	*	*	46	BOA			
15	19,2	69,5	0	20	46	*	*	*	46	BOA			
16	14,6	86,1	0	1	56	*	*	*	56	BOA			
17	8,0	65,6	0	17	32	*	*	*	32	BOA			
18	7,7	78,5	0	11	32	*	*	*	32	BOA			
19	10,5	83,2	0	10	29	*	*	*	29	BOA			
20	10,3	92,2	0	8	30	*	*	*	30	BOA			
21	11,9	86,3	0	13	30	*	*	*	30	BOA			
22	11,5	86,1	0	1	35	*	*	*	35	BOA			
23	12,5	81,2	0	15	48	*	*	*	48	BOA			
24	15,2	74,1	0	22	54	*	*	*	54	REGULAR	O3	14	57
25	15,5	74,1	0	18	44	*	*	*	44	BOA			
26	18,6	69,0	0	22	46	*	*	*	46	BOA			
27	14,9	59,0	0	22	49	*	*	*	49	BOA			
28	10,8	88,1	0	1	30	*	*	*	30	BOA			
29													
30													
31													

Qualidade do AR	Categoria	Impacto
IQA até 50	BOA	nenhum ou muito pequeno
IQA entre 51 e 100	REGULAR	apenas em pessoas muito sensíveis
IQA entre 101 e 150	NADEQUADA	em pessoas sensíveis
IQA entre 151 e 200	NADEQUADA	em pessoas sensíveis com sensibilidade média, de forma mais acentuada em pessoas sensíveis
IQA entre 201 e 300	MA	em pessoas com sensibilidade média e com efeitos mais graves
IQA acima de 300	PÉSSIMA QUALIDADE	na população em geral

**PARANA**  
GOVERNADOR LYRA

**SECRETARIA DE SAÚDE**  
Secretaria de Saúde

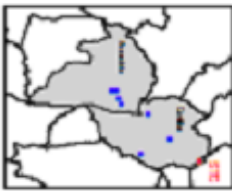
**BR**

**PETROBRAS**

**CSN**

**PROTEÇÃO AMBIENTE**  
CORPORATIVO

**PROTEÇÃO AMBIENTE**  
COMUNIDADE



Estação das Ostras  
nº 1081 - Estrada Municipal  
1º bairro da Bona  
Curitiba

**NOTA:**

O3 - Valor máximo de 1 hora

NO2 - Valor máximo de 1 hora

CO - Média de 8 horas

SO2 - Média de 24 horas

PM10 - Média de 24 horas

PM10 - Média de 24 horas

NA - Dado não disponível

\* Dado não disponível

\*\* Período de 1 às 24 horas

\*\*\* 25 °C e 1013 mbar

**ELABORAÇÃO DO BOLETIM:**

LACTEC:  
enat@lactec.org.br

MAP:  
enat@lactec.org.br

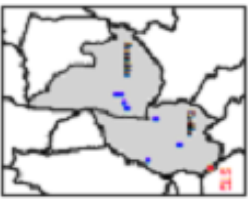
## ANEXO (C) BOLETIM IQA SANTA CÂNDIDA OUTUBRO 2016

Boletim de Qualidade do Ar na Estação SANTA CÂNDIDA, Outubro de 2016												
DIA	TEMP	UMID	IQA					IQA	QUALIDADE DO AR	POLUENTE	HORA	CONC. (µg/m <sup>3</sup> )
			SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	MP <sub>2.5</sub>					
1	*	*	*	*	*	*	*	*				
2	*	*	*	*	*	*	*	*				
3	*	*	*	*	*	*	*	*				
4	16,4	64,0	0	5	37	*	37	BOM				
5	16,3	64,8	0	3	31	*	31	BOM				
6	19,2	67,5	0	0	27	*	27	BOM				
7	14,5	79,8	0	5	30	*	30	BOM				
8	19,0	67,4	0	8	46	*	46	BOM				
9	15,7	66,7	0	2	30	*	30	BOM				
10	14,9	64,1	0	3	36	*	36	BOM				
11	15,0	69,6	0	8	32	*	32	BOM				
12	18,9	60,2	1	2	50	*	50	BOM				
13	17,0	65,6	0	11	47	*	47	BOM				
14	17,8	61,4	0	8	38	*	38	BOM				
15	19,7	67,1	1	3	42	*	42	BOM				
16	26,0	72,6	1	12	64	*	64	REGULAR	CO	15	67	
17	29,8	78,8	1	4	58	*	58	REGULAR	CO	15	90	
18	*	*	*	*	*	*	*	*				
19	*	*	*	*	*	*	*	*				
20	*	*	*	*	*	*	*	*				
21	*	*	*	*	*	*	*	*				
22	*	*	*	*	*	*	*	*				
23	*	*	*	*	*	*	*	*				
24	*	*	*	*	*	*	*	*				
25	*	*	*	*	*	*	*	*				
26	*	*	*	*	*	*	*	*				
27	*	*	*	*	*	*	*	*				
28	*	*	*	*	*	*	*	*				
29	*	*	*	*	*	*	*	*				
30	*	*	*	*	*	*	*	*				
31	*	*	*	*	*	*	*	*				
Qualidade do Ar	Categoria		Impacto									
IQA até 50	BOA		nenhum ou muito pequeno									
IQA entre 51 e 100	REGULAR		apenas em pessoas muito sensíveis									
IQA entre 101 e 150	MADEQUADA		em pessoas sensíveis									
IQA entre 151 e 200	MADEQUADA		em pessoas sensíveis com sensibilidade média, de forma não agravada em pessoas sensíveis									
IQA entre 201 e 300	MÁ		em pessoas com sensibilidade média e com efeitos mais graves									
IQA acima de 300	PÉSSIMA/OU CRÍTICA		na população em geral									

**Nota:**  
 O<sub>3</sub> - Valor máximo de 1 hora  
 NO<sub>2</sub> - Valor máximo de 1 hora  
 CO - Média de 8 horas  
 SO<sub>2</sub> - Média de 24 horas  
 MP<sub>2.5</sub> - Média de 24 horas  
 PM<sub>10</sub> - Média de 24 horas  
 MA - Caso não seja aplicável  
 \* Dado não disponível  
 \*\* Período de 1 às 24 horas  
 \*\*\* 25 °C a 1013 mb ar

**Elaboração do Boletim:**  
 LACTEC  
 analista@lactec.org.br  
 IAP  
 analista@iap.gov.br

Estada das Ounas  
 nº 1081 - Escola Municipal  
 Theodoro de Souza  
 OUTON




Secretaria de Qualidade




GOVERNO DO PARANÁ

PARANÁ



ANEXO (D) BOLETIM IQA OUVIDOR PARDINHO JUNHO 2016

												
Boletim de Qualidade do Ar na Estação OUVIDOR PARDINHO, Junho de 2016												
DIA	TEMP	UMID	SO2	NO2	CO	PM10	MPTS	IQA	QUALIDADE DO AR	POLUENTE	HORA	CONC.(µg/m <sup>3</sup> )
1	*	*	0	*	11	6	6	6	11			
2	*	*	0	*	20	3	30	12	20			
3	*	*	0	*	20	11	46	40	46			
4	*	*	0	15	20	0	10	9	20			
5	*	*	1	12	3	3	5	2	12			
6	*	*	0	18	12	8	7	7	18			
7	*	*	0	26	19	5	10	12	26			
8	*	*	0	24	21	2	13	10	24			
9	*	*	3	28	21	16	21	21	28			
10	*	*	0	36	21	5	36	34	36			
11	*	*	0	23	28	3	13	16	28			
12	*	*	3	33	31	15	22	17	33			
13	*	*	0	38	21	8	38	36	38			
14	*	*	0	34	26	6	17	18	34			
15	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
16	*	*	0	75	33	21	96	54	75			
17	*	*	0	56	36	9	30	27	56			
18	*	*	0	37	10	6	11	10	37			
19	*	*	0	46	16	4	7	7	46			
20	*	*	0	37	14	5	8	10	37			
21	*	*	0	52	22	4	3	4	52			
22	*	*	0	55	17	7	6	6	55			
23	*	*	0	58	21	7	16	14	58			
24	*	*	0	53	19	3	17	22	53			
25	*	*	0	36	26	0	8	9	36			
26	*	*	0	47	27	3	15	13	47			
27	*	*	0	45	27	*	25	25	45			
28	*	*	0	53	29	*	27	27	53			
29	*	*	1	48	29	16	51	47	51			
30	*	*	*	*	*	*	*	*	*			

Qualidade do AR	Categoria	Impacto
ICA até 50	BOA	nenhum ou muito pequeno
ICA entre 51 e 100	REGULAR	apenas em pessoas muito sensíveis
ICA entre 101 e 150	NADEQUADA	em pessoas sensíveis
ICA entre 151 e 200	NADEQUADA	em pessoas sensíveis com sensibilidade média, de forma mais acentuada em pessoas sensíveis
ICA entre 201 e 300	VÁ	em pessoas com sensibilidade média e com efeitos mais graves
ICA acima de 300	PÉSSIMA OU CRÍTICA	na população em geral

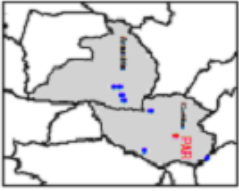
  

**NOTAS:**

- CO - Valor máximo de 1 hora
- NO2 - Valor máximo de 1 hora
- CO - Média de 8 horas
- SO2 - Média de 24 horas
- MPTS - Média de 24 horas
- PM10 - Média de 24 horas
- NA - Dado não aplicável
- \* Dado não disponível
- \*\* Período de 1 às 24 horas
- \*\*\* 25 °C e 1013 mbar

**Endereço do Boletim:**  
LACTEC - análise@lactec.org.br  
MAP - analisa@map.pr.gov.br

Praça Ouvidor Pardino  
Centro  
Curitiba



ANEXO (E) BOLETIM IQA OUVIDOR PARDINHO JULHO 2016

Boletim de Qualidade do Ar na Estação OUVIDOR PARDINHO, Julho de 2016												
DIA	TEMP	UMID	IQA					IQA	QUALIDADE DO AR	POLUENTE	HORA	CONC. (µg/m³)
			SC2	SC3	OC	CO	PM10					
1	*	*	1	50	20	17	47	44	50	REGULAR		159
2	*	*	0	49	37	16	46	37	40	BOA		
3	*	*	1	47	28	16	37	34	47	BOA		
4	*	*	0	31	30	6	31	30	39	BOA		
5	*	*	1	22	31	8	44	40	44	BOA		
6	*	*	0	19	29	1	15	16	29	BOA		
7	*	*	0	18	23	15	11	13	23	BOA		
8	*	*	0	29	29	5	46	30	45	BOA		
9	*	*	0	20	29	0	19	19	29	BOA		
10	*	*	0	22	30	8	34	34	38	BOA		
11	*	*	0	22	38	7	34	34	38	BOA		
12	*	*	0	17	36	*	19	23	35	BOA		
13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
14	*	*	0	36	30	5	25	26	30	BOA		
15	*	*	0	15	44	4	24	20	44	BOA		
16	*	*	1	11	32	1	4	6	32	BOA		
17	*	*	0	14	36	3	6	7	36	BOA		
18	*	*	0	14	25	*	15	15	25	BOA		
19	*	*	0	14	23	3	13	15	23	BOA		
20	*	*	0	11	22	3	9	10	22	BOA		
21	*	*	0	11	24	4	12	14	24	BOA		
22	*	*	0	14	28	2	11	15	28	BOA		
23	*	*	0	18	40	4	18	17	40	BOA		
24	*	*	0	26	54	10	22	20	54	REGULAR		67
25	*	*	0	17	38	0	26	26	38	BOA		
26	*	*	0	27	40	4	27	27	40	BOA		
27	*	*	0	17	32	8	22	23	32	BOA		
28	*	*	0	14	23	1	14	15	23	BOA		
29												
30												
31												

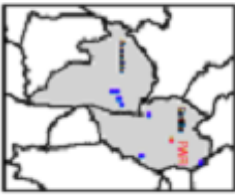
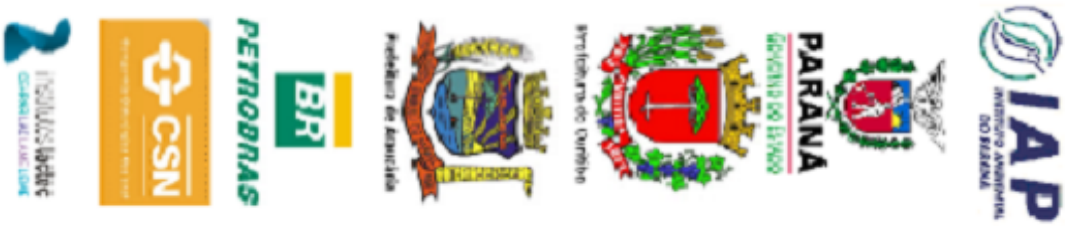
Qualidade do AR	Categoria	Impacto
IQA até 50	BOA	nenhum ou muito pequeno
IQA entre 51 e 100	REGULAR	pequeno em pessoas muito sensíveis
IQA entre 101 e 150	MADEQUADA	em pessoas sensíveis
IQA entre 151 e 200	MADEQUADA	em pessoas sensíveis com sensibilidade média, do clima mais securada em pessoas sensíveis
IQA entre 201 e 300	MA	em pessoas com sensibilidade média a com altas mais graves
IQA acima de 300	PREVENCIONISTICA	na população em geral

**NOTE:**  
 OS - Valor máximo de 1 hora  
 NOR - Valor máximo de 1 hora  
 CO - Média de 8 horas  
 SC2 - Média de 24 horas  
 SC3 - Média de 24 horas  
 PM10 - Média de 24 horas  
 MA - Dado não aplicável  
 \* Dado não disponível  
 \* Período de 1 às 24 horas  
 \*\* 25 °C e 1013 mbAr

**Elaboração do Boletim:**  
 LACTEC:  
 emat@lactec.org.br  
 IAP:  
 emat@iap.gov.br

Praça Ouvidor Pardino  
 Curitiba  
 Paraná

ANEXO (F) BOLETIM IQA OUVIDOR PARDINHO OUTUBRO 2016

Boletim de Qualidade do Ar na Estação OUVIDOR PARDINHO, Outubro de 2016											
DATA TEMP UMID	IQA						IQA	QUALIDADE DO AR	POLUENTE	HORA	CONC (µg/m³)
	SO2	NO2	CO	CO	PM10	MP2.5					
1	*	0	7	26	1	3	6	26			
2	*	0	4	26	1	3	2	26			
3	*	0	19	10	4	4	5	19			
4	*	0	12	20	1	7	9	20			
5	*	0	11	20	2	5	6	20			
6	*	0	19	26	3	3	5	26			
7	*	0	14	22		5	9	22			
8	*	*	*	*	*	*	*	*			
9	*	*	*	*	*	*	*	*			
10	*	*	*	*	*	*	*	*			
11	*	*	*	*	*	*	*	*			
12	*	0	6	26	1	8	9	26			
13	*	0	16	27	4	6	5	27			
14	*	*	*	*	*	*	*	*			
15	*	*	*	*	*	*	*	*			
16	*	*	*	*	*	*	*	*			
17	*	*	*	*	*	*	*	*			
18	*	*	*	*	*	*	*	*			
19	*	*	*	*	*	*	*	*			
20	*	0	18	24	4	15	*	24			
21	*	0	14	20	3	11	*	20			
22	*	0	7	22	2	5	*	22			
23	*	0	7	22	1	5	*	22			
24	*	0	10	20	3	7	*	20			
25	*	0	10	10	2	5	*	10			
26	*	0	11	26	2	6	*	26			
27	*	0	11	26	1	4	*	26			
28	*	0	7	26	2	12	*	26			
29	*	0	4	24	1	10	*	24			
30	*	0	3	25	1	7	*	25			
31	*	*	*	*	*	*	*	*			

Qualidade do AR	Categoria	Impacto
IQA até 50	BOA	nenhum ou muito pequeno
IQA entre 51 e 100	REGULAR	apenas em pessoas muito sensíveis
IQA entre 101 e 150	MUCHUQUADA	em pessoas sensíveis
IQA entre 151 e 200	MUCHUQUADA	em pessoas sensíveis com sensibilidade média, de forma mais acentuada em pessoas sensíveis
IQA entre 201 e 300	MÁ	em pessoas com sensibilidade média e com alguns mais graves
IQA acima de 300	PESSIMA OU GERALISTA	na população em geral

**Nota:**

- OS - Valor máximo de 1 hora
- NO2 - Valor máximo de 1 hora
- CO - Média de 8 horas
- SO2 - Média de 24 horas
- MP2.5 - Média de 24 horas
- PM10 - Média de 24 horas
- NA - Dado não aplicável
- \* Dado não disponível
- \*\* Parado de 1 às 24 horas
- \*\*\* 25 °C e 1013 mbar

**Endereço do Boletim:**  
 LAOTEC:  
 laotec@starc.gov.br  
 MP:  
 laotec@starc.gov.br

Projeto Ouvidor Pardiniho  
 Centro  
 Curitiba

