

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP



Relatório Anual da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Curitiba Ano de 2010



Entidades Parceiras:



GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Governador do Estado do Paraná

Carlos Alberto Richa

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA

Jonel Nazareno Iurk

Instituto Ambiental do Paraná - IAP

Luiz Tarcisio Mossato Pinto

Diretoria de Estudos e Padrões Ambientais - IAP

Luciana Sicupira Arzua

Departamento de Tecnologia Ambiental

Dirlene Cavalcanti e Silva

Capa: Inversão térmica vista da FIEP do centro de Curitiba, Junho de 2010.
Autor – Eliseu Esmanhoto

EQUIPE TÉCNICA

Elaboração

Químico: Eliseu Esmanhoto - LACTEC

Operação das estações:

- Instituto Ambiental do Paraná – IAP

Aimara Tavares Puglielli

Geraldo F. da Silva

Gerolino V. Sales

Ivan R. dos Santos

João Batista Maia

Rubens H. Castro

- Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – LACTEC

Eliseu Esmanhoto

Rafael Geha Serta

Luis Eduardo Soares Mayer

Karime D. Piazzeta

Rebeca G. de Camargo

PREFÁCIO

Uma das principais atribuições do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) é a gestão da qualidade do ar.

Essa atribuição é fundamental porque influi na deliberação sobre questões complexas, tais como: licenciamento de atividades poluidoras, identificação de impactos ambientais, advindos de fontes fixas e móveis, prioridades de ações de fiscalização, exigência de investimentos pelo setor produtivo em melhorias que se identifiquem necessárias e ações prioritárias de controle da poluição.

O presente relatório é produto de um grande esforço, ainda concentrado na região mais pressionada por emissões atmosféricas, que é a Região Metropolitana de Curitiba.

Temos agora o desafio de ampliar a rede de monitoramento para outras cidades do Estado, cidades cuja concentração de indústrias e de veículos já justificam investimentos nessa área, melhorar o sistema de monitoramento de emissões por fontes fixas e desenvolver programas de controle de emissões veiculares.

Dessa forma iremos dotar o Estado de um sistema eficiente de gestão da qualidade do ar, propiciando o efetivo desenvolvimento sustentável, através da garantia de processos ambientais ágeis, eficientes, descentralizados. Entrando em consonância com as necessidades reais dos setores econômicos produtivos e com a garantia de qualidade ambiental para as gerações atuais e futuras.

Luiz Tarcisio Mossato Pinto
Presidente do IAP

APRESENTAÇÃO

O Paraná sempre demonstrou sua preocupação em relação à qualidade do ar. Este assunto está contido nas suas políticas públicas, através de atividades dos Órgãos Ambientais Estaduais, desde 1985.

Em 2002, o Estado publicou sua legislação específica e inédita no país, que dispõe sobre as atividades pertinentes ao controle da poluição atmosférica, padrões e gestão da qualidade do ar. Por isso, a publicação de relatórios anuais da qualidade do ar é uma obrigação legal a ser cumprida pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

Com o intuito de implementar as atividades de monitoramento da qualidade do ar, foi estabelecida uma parceria com o LACTEC, responsável pela operação das estações automáticas desde 1998.

O objetivo principal deste relatório é manter a população do Paraná informada sobre a qualidade do ar que respira. Através dele, informamos onde, em que época e com qual frequência a qualidade do ar se altera. É um instrumento indispensável para o acompanhamento e avaliação da eficiência das medidas tomadas pelo governo, a quem cabe estabelecer estratégias que possibilitem a aplicação de medidas preventivas e corretivas de controle.

Este relatório apresenta de forma descritiva os resultados e avaliação com diagnósticos da qualidade do ar na Região Metropolitana de Curitiba relativo ao ano de 2010.

Dirlene Cavalcanti e Silva
Chefe do Departamento de Tecnologia Ambiental - DTA/IAP

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. Qualidade do ar é uma responsabilidade coletiva.....	10
1.2. Poluição atmosférica	11
1.3. Poluentes atmosféricos.....	12
1.4. Origem da poluição atmosférica	12
1.5. Padrões e índice da qualidade do ar.....	15
1.6. Efeitos da poluição atmosférica	19
2. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA (RMC)	22
2.1. Dados gerais	22
2.2. Aspectos climáticos e meteorológicos	22
2.3. Objetivos do monitoramento	25
2.4. Localização das estações e conceito de monitoramento	26
3. RESULTADO DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR	30
3.1. Representatividade e disponibilidade dos dados	30
3.2. Parâmetros de qualidade do ar.....	32
3.2.1. Partículas totais em suspensão (PTS).....	33
3.2.2. Fumaça	38
3.2.3. Partículas Inaláveis (PI).....	39
3.2.4. Dióxido de enxofre (SO ₂).....	41
3.2.5. Monóxido de Carbono (CO).....	45
3.2.6. Ozônio (O ₃).....	46
3.2.7. Dióxido de Nitrogênio (NO ₂).....	49
3.3. Registro de violações aos padrões diários de qualidade do ar	52
4. GESTÃO DA QUALIDADE DO AR	56
4.1. Levantamento das Fontes Emissoras.....	56
4.2. Controle das Fontes Móveis	57
4.3. Controle das fontes fixas	57
4.4. Planejamento de metas e medidas.....	58
5. CONCLUSÕES.....	60
6. REFERÊNCIAS	62
ANEXO 1 – Localização das estações de monitoramento da RMC	64
ANEXO 2 – Variação média diária dos poluentes SO ₂ , NO, NO ₂ , O ₃ , CO, PI e PTS... 74	
ANEXO 3 – Concentração média em função da direção do vento.	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar na RMC. 26

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais poluentes do ar e os tipos de fontes de emissão 15

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução dos veículos automotores em Curitiba nos últimos dez anos. 14

Gráfico 2 - Frequência dos ventos nas estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar. 23

Gráfico 3 - Condições de dispersão na RMC no ano de 2010..... 24

Gráfico 4 - Classificação das médias diárias para PTS na estação Santa Casa no ano de 2010..... 34

Gráfico 5 - Classificação das médias diárias para PTS na estação automática Assis no ano de 2010..... 35

Gráfico 6 - Classificação das médias diárias para PTS na estação Colombo no ano de 2010. 36

Gráfico 7 - Comportamento do poluente PTS na RMC no ano de 2010..... 36

Gráfico 8 - Classificação das médias diárias para PTS na estação Santa Casa entre 1990-2010. 37

Gráfico 9 - Classificação das médias diárias para fumaça na estação Santa Casa de 1990 - 2010. 39

Gráfico 10 - Classificação das médias diárias para PI nas estações de monitoramento. 41

Gráfico 11 - Médias anuais para o Dióxido de Enxofre em toda a rede da RMC..... 44

Gráfico 12 - Médias anuais para SO₂, Fumaça e PTS no período de 1990/2010 na estação Santa Casa..... 45

Gráfico 13 - Número de registros de violações de O₃ no período de 2000-2010..... 48

Gráfico 14 - Classificação das médias horárias para O₃ na estação PAR em 2010. ... 49

Gráfico 15 - Comportamento do Dióxido de Nitrogênio no ano de 2010 na RMC..... 51

Gráfico 16 - Classificação das médias horárias para NO₂ na estação REPAR 2010... 52

Gráfico 17 – Número de violações ocorridas no ano de 2010..... 54

Gráfico 18 - Registro do número de dias das violações do padrão diário no período de 2000 a 2010..... 55

Gráfico 19 - Registro de dias e altura de precipitação (mm) no ano de 2010 56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrões primários e secundários de poluentes atmosféricos no Paraná (Resolução CONAMA nº 03/90, SEMA nº 054/06).....	16
Tabela 2 - Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Resolução CONAMA nº03/90, SEMA nº 054/06).....	18
Tabela 3 - Classificação da qualidade do ar através do Índice da qualidade do ar, IQA.	19
Tabela 4 - Estações de monitoramento da qualidade do ar na RMC no ano de 2010.	28
Tabela 5 – Monitoramento da Qualidade do Ar nas Áreas: Industrial, Centro e Bairro.	30
Tabela 6 - Critério de representatividade dos dados gerados.	31
Tabela 7 - Resultados do monitoramento do poluente PTS.	33
Tabela 8 - Resultados do monitoramento de Fumaça.....	38
Tabela 9 - Resultados do monitoramento de PI.	40
Tabela 10 - Resultados do monitoramento de SO ₂ nas estações automáticas.	42
Tabela 11 - Resultados do monitoramento de SO ₂ nas estações manuais.	43
Tabela 12 - Resultados do monitoramento de CO.	46
Tabela 13 - Resultados do monitoramento de O ₃	47
Tabela 14 - Resultados do monitoramento de NO ₂	50
Tabela 15 - Quantidade de violações por parâmetros observados em 2010.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CETESB	Companhia da Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
CO	Monóxido de Carbono
COMEC	Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DETRAN-PR	Departamento de Trânsito do Paraná
DETRAN-RJ	Departamento de Trânsito do Rio de Janeiro
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro
GNV	Gás Natural Veicular
HCT	Hidrocarbonetos Totais
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
IPPUC	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba
kPa	quilo pascal, unidade de pressão atmosférica
LACTEC	Instituto de Tecnologia Para o Desenvolvimento
µg	micro-grama, um milionésimo de um grama
µg/m ³	micro-grama por metro cúbico, concentração gravimétrica do poluente no ar
MP	Material Particulado
NH ₃	Amônia
NO	Monóxido de Nitrogênio
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
NO _x	Óxidos de Nitrogênio, entende-se como soma de NO + NO ₂
O ₃	Ozônio
PI	Partículas Inaláveis
PM10	Partículas até 10 µm de diâmetro que corresponde à fração inalável das partículas totais em suspensão
ppm	partes por milhão
PTS	Partículas Totais em Suspensão
REPAR	Refinaria Presidente Getúlio Vargas
RMC	Região Metropolitana de Curitiba
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SO ₂	Dióxido de Enxofre
TECPAR	Instituto de Tecnologia do Paraná
UEG	Usina Elétrica a Gás, denominação da estação de monitoramento UEG

1. INTRODUÇÃO

1.1. Qualidade do ar é uma responsabilidade coletiva

O ambiente do homem é a atmosfera, o homem vive nesta camada gasosa do nosso planeta, neste mar de ar, porém não pode enxergar o ar puro. É um gás invisível para ele. Mas quando o ar está em movimento pode ser sentido, como vento, por exemplo. Percebemos a existência do ar quando andamos de carro, de moto ou de bicicleta, porque sentimos uma resistência que aumenta com a velocidade. Porém, geralmente a constante presença do ar fica imperceptível, mesmo sendo tão essencial para nossa vida.

Sem comida o ser humano pode viver semanas, sem água, dias, mas sem ar apenas alguns minutos. Um adulto precisa para a sua respiração cerca de 10 mil litros de ar todo dia. Por muito tempo, a presença desta quantidade de ar, de boa qualidade, não era a preocupação do homem, pois a abundância de ar era natural. Hoje sabemos que todos os recursos naturais, inclusive o ar, são finitos. Mesmo que as atividades humanas não consumam o ar de forma a acabar com o gás, alteram a sua composição e a natureza precisa de tempo para recuperar-se, ou seja, depurar-se desta alteração. Semelhante aos rios e mares, a atmosfera também possui seus mecanismos de autopurificação, como a chuva, com a qual os poluentes são removidos. Somente podemos lançar poluentes na atmosfera na medida em que estas substâncias possam ser suportadas pelos processos purificadores, caso contrário haverá acumulação.

O ar puro e seco basicamente é composto de 78% de Nitrogênio e 21% de Oxigênio. Além dessas substâncias o ar contém mais alguns gases em quantidades pequenas, que juntos somam apenas 1%. Mesmo sendo tão importante para nossa sobrevivência, o ar que consumimos através da nossa respiração e dos processos técnicos, que consomem muito mais ar que a nossa respiração, continua sendo gratuito. Como exemplo pode citar que a queima de um litro de gasolina consome a quantidade de ar que um adulto respira durante 24 horas.

Já houve uma tentativa há aproximadamente três mil anos atrás de vender ar. Um funcionário egípcio fez esta proposta com o objetivo de sanear os cofres públicos, sabendo que o ar era um pressuposto básico para a vida e, portanto valioso. Porém, até hoje, o ar não foi comercializado e continua não pertencendo a ninguém. Em lugar de considerar que não seja de ninguém podemos, com a mesma razão, considerar que o ar é de todos. Dessa forma temos maior facilidade para entender que devemos nos responsabilizar por este insumo tão importante para a vida. O ar é de todos e, portanto, cuidar da sua qualidade é uma responsabilidade coletiva.

1.2. Poluição atmosférica

A Lei 6.938/81, Artigo 3º, inciso III), define poluição como: “A degradação da qualidade do ar resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, ou criem condições adversas às atividades sociais e econômicas, ou afetem desfavoravelmente a biota, ou afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente, ou emitam matéria ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”.

Não podemos considerar qualquer atividade que altera a composição da atmosfera como poluição. Entendemos poluição atmosférica como sendo a presença ou o lançamento de uma substância na atmosfera que se mantém acima de um limiar de aceitabilidade para o bem estar de seres humanos, animais, infraestrutura ou do ambiente em geral. Isso significa, também, que o conceito de poluição é algo dinâmico, porque nós definimos os limites. O que se considera permitido hoje, futuramente com padrões mais rígidos, poderá ser considerado poluição. Isto já é fato para as emissões veiculares. Para veículos novos são aplicados limites de emissão bem mais rigorosos do que há alguns anos atrás e as emissões de um veículo novo com os mesmos índices de 10 anos atrás, hoje, seriam consideradas poluição.

1.3. Poluentes atmosféricos

Poluentes atmosféricos são as substâncias gasosas, sólidas ou líquidas presentes na atmosfera, com potencial de causar poluição. Quando estas substâncias são diretamente emitidas pelos processos são chamadas de poluentes primários, como no caso do Monóxido de Carbono (CO), Monóxido de Nitrogênio (NO) ou Dióxido de Enxofre (SO₂). Concentrações altas de poluentes primários são registradas nas proximidades das fontes, por exemplo, na beira de rodovias movimentadas.

Outro tipo de poluente não é emitido diretamente por uma fonte, é formado na atmosfera com a influência de outras substâncias (chamadas precursores) e eventualmente da radiação solar. Neste caso, chama-se de poluente secundário. É o caso do Ozônio (O₃), da maior parte de Dióxido de Nitrogênio (NO₂) e de certas partículas muito finas. No caso de poluentes secundários, não podemos tão facilmente prever onde serão registradas altas concentrações. Mesmo em lugares afastados das fontes dos poluentes precursores, podemos encontrar altas concentrações. Em geral, problemas com poluentes secundários abrangem uma área maior do que no caso de poluentes primários.

1.4. Origem da poluição atmosférica

Poluentes atmosféricos presentes no ar podem ser tanto de origem natural quanto causado pelas atividades humanas, também chamadas antropogênicas. É importante saber que o monitoramento da qualidade do ar sempre analisa o conjunto das duas fontes. Porém, não podemos controlar fenômenos naturais que podem liberar grandes quantidades de substâncias para atmosfera. As principais fontes naturais são vulcanismo, maresia, evaporação da vegetação, decomposição de matéria orgânica, arraste de poeira e incêndios. Por outro lado, uma substância liberada por um incêndio natural de uma floresta não apresenta nenhuma diferença de uma substância

liberada por um incêndio causado pelo homem. Em ambos os casos o resultado é a liberação de poluentes. A diferença é que a natureza se adaptou e convive em equilíbrio com a quantidade de poluentes naturais, enquanto que as atividades antropogênicas podem causar um desequilíbrio.

Nos últimos anos, começando pela Alemanha, e posteriormente se estendendo por toda a Europa e também Estados Unidos tem surgido grande interesse no monitoramento preciso da concentração de compostos conhecidos como “Black Carbon”. Este termo é difícil de ser traduzido, mas pode se dizer que é basicamente o equivalente a fuligem fina. O grande interesse nesse tipo de monitoramento tem ocorrido porque esta nitidamente confirmada que, salvo algumas poucas exceções, a geração de “Black Carbon” é quase que exclusivamente devido à ação do homem, pois a sua origem é fundamentalmente dos processos de queima de combustíveis fósseis (FRONDISSE, 2008). As atividades industriais, o tráfego motorizado e as queimadas a céu aberto são as maiores fontes antropogênicas de emissões e merecem, portanto, a nossa atenção. De fato o tráfego, também chamado de fontes móveis, é a fonte predominante em todos os grandes centros urbanos atualmente. A frota motorizada no Paraná contou no ano de 2010 com 5.041.846 veículos, o que significa um aumento de 7,6 % em relação ao ano de 2009. Só na capital já temos 1.197.974 veículos motorizados, chegando a quase 70 veículos por 100 habitantes, o que corresponde a um aumento de 4,2 % em relação ao ano de 2009 [DETRAN - Coordenadoria de Veículos]. No Gráfico 1, podemos verificar a evolução dos veículos automotores na capital paranaense.

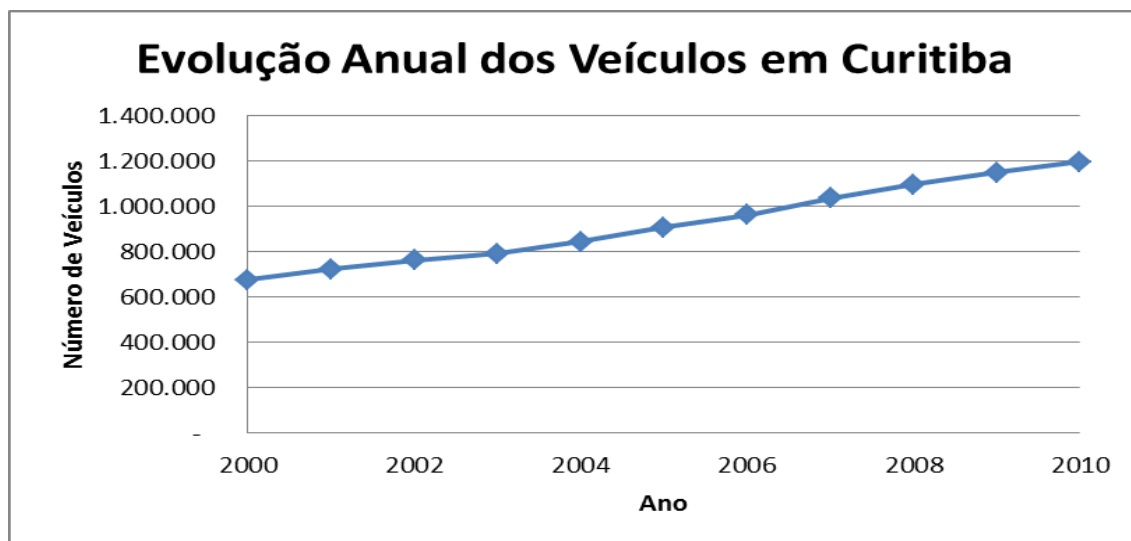


Gráfico 1 - Evolução dos veículos automotores em Curitiba nos últimos dez anos.
FONTE: DETRAN - Coordenadoria de Veículos dez 2010

Comparando as emissões industriais, a chamada fonte fixa, com as do tráfego, pode considerar dois pontos essencialmente diferentes. Primeiro, o número de veículos é muito maior do que o número de indústrias. É sempre mais difícil controlar um grande número de pequenos poluidores do que controlar alguns grandes poluidores. O segundo fator é que a maioria das indústrias está localizada fora dos perímetros urbanos e lançam seus efluentes através de chaminés na atmosfera, com certa distância da população, enquanto os veículos liberam os poluentes geralmente nos centros urbanos, praticamente a uma altura que possibilita a inalação direta pelos seres humanos. Logo, temos a convicção de que para melhorar a qualidade do ar nas cidades devemos nos concentrar com prioridade nas emissões veiculares.

Algo que está sendo colocado em prática desde alguns anos é a conversão de motores a álcool, a diesel e a gasolina para o funcionamento com GNV (gás natural veicular), com potencial menos poluente. A Região Metropolitana de Curitiba conta hoje com 35 postos de abastecimentos credenciados (www.compagas.com.br, 13/07/2010), sendo que 25 deles estão localizados em Curitiba. Em 2010, foram 29.335 veículos movidos a gás natural veicular no Estado [DETRAN-PR, 2010, frota cadastrada].

O Quadro 1 apresenta os principais poluentes do ar considerando os três tipos de fontes de emissão atmosférica, estacionária, móvel e natural.

Fontes		Poluentes
Fontes Estacionárias	Combustão	Material particulado, dióxido de enxofre e trióxido de enxofre, monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio.
	Processo Industrial	Material particulado (fumos, poeiras, névoas), gases – SO ₂ , SO ₃ , HCl, hidrocarbonetos, mercaptanas, HF, H ₂ S, NO _x .
	Queima de Resíduo Sólido	Material particulado, Gases - SO ₂ , SO ₃ , HCl, NO _x
	Outros	Hidrocarbonetos, material particulado.
Fontes Móveis	Veículos Gasolina/Diesel Alcool, Aviões, Motocicletas, Barcos, Locomotivas, Etc.	Material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos, dióxido de enxofre, ácido orgânicos.
Fontes Naturais		Material particulado – poeiras Gases - SO ₂ , H ₂ S, CO, NO, NO ₂ , hidrocarbonetos.
Reações Químicas na Atmosfera Ex: hidrocarbonetos + óxidos de nitrogênio (luz solar)		Poluentes secundários – O ₃ , aldeídos, ácidos orgânicos, nitratos orgânicos, aerossol fotoquímicos, etc.

Quadro 1 - Principais poluentes do ar e os tipos de fontes de emissão

Cabe ressaltar que a relação entre as concentrações de poluentes emitidos na atmosfera, a capacidade de depuração do meio e as condições meteorológicas, estão diretamente ligados com a qualidade do ar que respiramos.

1.5. Padrões e índice da qualidade do ar

A existência de padrões de qualidade do ar é muito importante, pois eles definem até que nível a presença de certa substância no ar que respiramos é legalmente tolerada. Eles representam, portanto, aquele limite de aceitabilidade acima do qual podemos chamar o ar de “poluído”.

Através da Portaria Normativa IBAMA nº 348, de 14/03/90 e Resolução CONAMA nº 03/90 foram estabelecidos os padrões nacionais de qualidade do ar. A Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná confirmou estes padrões através da Resolução SEMA nº 041/02, atualmente revisada e substituída pela Resolução SEMA nº 054/06. Portanto, os padrões paranaenses e nacionais são os mesmos. Ficaram assim estabelecidos, para todo território do Estado do Paraná, padrões primários e secundários de qualidade do ar para os sete seguintes parâmetros a seguir: Partículas Totais em Suspensão - PTS, Fumaça, Partículas Inaláveis - PI, (Obs: outra nomenclatura PM10 ou MP10), Dióxido de Enxofre - SO₂, Monóxido de Carbono - CO, Ozônio – O₃, Dióxido de Nitrogênio - NO₂.

Tabela 1 - Padrões primários e secundários de poluentes atmosféricos no Paraná (Resolução CONAMA nº 03/90, SEMA nº 054/06).

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário (µg/m ³) ¹	Padrão Secundário (µg/m ³) ¹
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas	240 ³	150 ³
	1 ano ²	80	60
Fumaça	24 horas	150 ³	100 ³
	1 ano ²	60	40
Partículas Inaláveis (PI)	24 horas	150 ³	150 ³
	1 ano ²	50	50
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	24 horas	365 ³	100 ³
	1 ano ²	80	40
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	40.000 ³	40.000 ³
	8 horas	10.000 ³	10.000 ³
Ozônio (O ₃)	1 hora	160 ³	160 ³
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	1 hora	320	190
	1 ano ²	100	100

Nota:

¹ Ficam definidas como condições de referência a temperatura de 25°C e a pressão de 101,32 kPa.

² Média geométrica para PTS; para as demais substâncias as médias são aritméticas.

³ Não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

O padrão primário de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas de um componente atmosférico que, ultrapassadas,

poderão afetar a saúde da população. O padrão primário pode ser entendido como nível máximo tolerável de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo. Não é uma proteção ampla, porque não considera toda a natureza. Este padrão expressa apenas o mínimo, uma proteção à saúde da população contra danos da poluição atmosférica, sem considerar as necessidades da fauna e flora.

Para uma proteção maior existe o padrão secundário. O padrão secundário de qualidade do ar define legalmente as concentrações abaixo das quais se prevê, baseado no conhecimento científico atual, o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Este padrão pode ser entendido como nível máximo desejado de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

Os padrões regulamentados pela Resolução SEMA nº 054/06 e os respectivos tempos de amostragem estão listados na Tabela 1. Para todos os poluentes há um padrão de curto prazo (horas) e outro que se aplica para longo prazo, exceto para Ozônio. Os padrões de curto tempo consideram os efeitos irritantes e agudos dos poluentes, enquanto aqueles de longo tempo consideram os efeitos acumuladores e crônicos. Os efeitos de curto prazo geralmente são reversíveis enquanto os de longo prazo não são.

O padrão (primário ou secundário) que deve ser aplicado dependendo da Classe da área do local. A Resolução CONAMA nº 05/89 estabeleceu as Classes I, II e III. Áreas de Classe I são áreas de preservação, lazer e turismo onde se devem manter as concentrações a um nível mais próximo possível do verificado sem a intervenção antropogênica, portanto, abaixo dos níveis do padrão secundário. Nas áreas da Classe II se aplica o padrão secundário e naquelas da Classe III o padrão menos rígido, o primário. Cabe ao Estado a definição das áreas de Classe I, II e III. Esta classificação foi feita no Paraná e consta no artigo 31 da Lei nº 13.806/02. Para episódios agudos de poluição do ar são estabelecidos os níveis de Atenção, Alerta e Emergência conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Resolução CONAMA nº03/90, SEMA nº 054/06).

Poluente	Tempo de amostragem	Nível de Atenção ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nível de Alerta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nível de Emergência ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas	375	625	875
Fumaça	24 horas	250	420	500
Partículas Inaláveis (PI)	24 horas	250	420	500
Dióxido de Enxofre (SO_2)	24 horas	800	1.600	2.100
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas	17.000 ¹	34.000 ²	46.000 ³
Ozônio (O_3)	1 hora	400	800	1.000
Dióxido de Nitrogênio (NO_2)	1 hora	1.130	2.260	3.000

Nota:

¹ Corresponde a uma concentração volumétrica de 15 ppm.

² Corresponde a uma concentração volumétrica de 30 ppm.

³ Corresponde a uma concentração volumétrica de 40 ppm.

Para facilitar a divulgação da informação sobre a qualidade do ar e ao mesmo tempo padronizar todas as substâncias em uma única escala, utilizamos o Índice de Qualidade do Ar, IQA. O índice é obtido através de uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar e os níveis de atenção, alerta e emergência. Para cada concentração gravimétrica ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a função atribui um valor para o índice, que é um número adimensional. Por definição, ao nível do padrão primário é atribuído um índice de 100, o de Atenção equivale a um índice de 200, o nível de Alerta a 300 e o nível de Emergência a 400. Por exemplo: se analisarmos uma média horária de Ozônio de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, isto seria exatamente o limite do padrão primário e, portanto corresponde a um índice de 100. Caso o resultado seja a metade, apenas $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, o correspondente índice seria 50. Este índice também é utilizado para classificar a qualidade do ar em seis categorias, de BOA até CRÍTICA como demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação da qualidade do ar através do Índice da qualidade do ar, IQA.

Índice da qualidade do ar	Classificação	PTS 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fumaça 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PI 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ 1 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO 8h (ppm)	NO ₂ 1h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0 – 50	BOA	0 – 80	0 – 60	0 – 50	0 – 80	0 – 80	0 – 4,5	0 – 100
> 50 – 100	REGULAR	> 80 – 240	> 60 – 150	> 50 – 150	> 80 – 365	> 80 – 160	> 4,5 – 9,0	> 100 – 320
> 100 – 150	INADEQUADA	> 240 – 307	> 150 – 200	> 150 – 200	> 365 – 400	> 160 – 280	> 9,0 – 12	> 320 – 885
> 150 – 200	INADEQUADA	> 307 – 375	> 200 – 250	> 200 – 250	> 400 – 800	> 280 – 400	> 12 – 15	> 885 – 1.130
> 200 – 300	MÁ	> 375 – 625	> 250 – 420	> 250 – 420	> 800 – 1.600	> 400 – 800	> 15 – 30	> 1.130 – 2.260
> 300 – 400	PÉSSIMA	> 625 – 875	> 420 – 500	> 420 – 500	> 1.600 – 2.100	> 800 – 1.000	> 30 – 40	> 2.260 – 3.000
> 400	CRÍTICA	> 875	> 500	> 500	> 2.100	> 1.000	> 40	> 3.000

1.6. Efeitos da poluição atmosférica

A poluição atmosférica tem efeitos sobre a natureza em geral, isto é, sobre o bem estar da população, da fauna, flora e também sobre materiais. Os efeitos podem se manifestar de forma aguda, como por exemplo, quando olhamos uma fogueira e a fumaça entra em nossos olhos causando uma forte irritação. A vantagem neste episódio é que ao nos afastarmos, os sintomas desaparecem porque são reversíveis. Os sintomas irritantes ou tóxicos, que acontecem para concentrações muito elevadas, são graves e por isso mais fáceis de estudar, porém são pouco frequentes.

O que acontece diariamente é que estamos respirando um ar que não irrita e não sentimos de imediato nenhum efeito tóxico. Mesmo assim tememos que possa existir algum efeito em longo prazo, e pior, algo irreversível. O conhecimento sobre os efeitos em longo prazo é muito mais difícil e geralmente é pesquisado através de estudos epidemiológicos. Os estudos epidemiológicos examinam a distribuição e frequência de morbidade (doenças) e mortalidade na população e pesquisam os fatores causadores.

Agora cabe a pergunta: por que há tanta necessidade de conhecer os efeitos da poluição atmosférica se temos padrões de qualidade do ar

exatamente para nos proteger contra esses efeitos? Realmente, abaixo do padrão primário podemos assumir, com certa razão, que não há efeito para a saúde da população, pois desta forma consta a definição do padrão primário na legislação. Por outro lado, sabemos que existe um padrão secundário, um padrão mais rigoroso que garante um menor nível de impacto adverso.

Vemos, então, que um padrão de qualidade do ar não é um limite abaixo do qual estamos absolutamente seguros e tampouco que adoeceremos automaticamente caso o padrão seja ultrapassado. Mas a probabilidade de adoecermos aumenta.

Isto vale especialmente para pessoas mais sensíveis a poluição, como crianças e idosos. Existe um estudo sobre crianças de São Paulo que relata que essas perderam parte da sua capacidade pulmonar [FOLHA DE S. PAULO, 18/09/2000]. Isso não significa que as crianças, necessariamente, estejam doentes, mas que se tornaram muito mais suscetíveis a problemas respiratórios no futuro.

Outro estudo em São Paulo demonstrou que um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da média diária de Partículas Inaláveis significou um aumento de 3% da mortalidade de pessoas acima de 65 anos [SALDIVA et al., 1995]. É estimado que na cidade de São Paulo cerca de 20.000 mortes adicionais por ano ocorram por um descontrole da poluição do ar [PAULO ARTAXO, 2001]. No Rio de Janeiro foi pesquisado um aumento da mortalidade infantil por pneumonia de 2,2 casos em cada 10.000 pessoas, para o acréscimo de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ da média anual de Partículas Totais em Suspensão [PENNA E DUCHIADE, 1991].

Um estudo de Marburg/Alemanha concluiu que concentrações elevadas de Ozônio aumentam a probabilidade em adoecer de alergia ou asma [SPIEGEL ONLINE, 2001]. O pesquisador do Laboratório de Poluição Atmosférica da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, Paulo Saldiva, afirma que o ozônio inibe a atividade das células que defendem os alvéolos dos pulmões, favorecendo o desenvolvimento de pneumonia. Outros

estudos trazem fortes evidências relacionando regiões com altas concentrações de ozônio com a incidência de câncer [Folha de São Paulo, 01/04/2005].

Podemos concluir que, mesmo abaixo dos padrões de qualidade do ar, o efeito da poluição atmosférica existe, embora estejam limitados a um nível aceitável pela sociedade. Portanto, um decréscimo das concentrações ambientais sempre significa um ganho na qualidade de vida.

Segundo relatório com padrões de aplicação mundial para a qualidade do ar, novos limites para poluição do ar foram fixados pela OMS (Organização Mundial de Saúde), impondo um alerta ao Brasil. Como a legislação nacional é menos exigente, o país pode estar respirando um ar mais comprometido do que se imagina. A iniciativa de definição de padrões mais rigorosos é justificada pela ligação cada vez mais comprovada entre ar poluído e danos a saúde pública, calcula-se que ele cause dois milhões de mortes prematuras no mundo a cada ano.

De acordo com os novos índices indicados pela OMS a média diária recomendada para material particulado inalável foi reduzida em um terço passando de 150 para 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (média de 24 horas). Com referência aos demais parâmetros o teor de ozônio baixou de 160 para 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (média de 1 hora máxima), o dióxido de enxofre teve a média reduzida de 100 para 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (média de 24 horas). Os outros poluentes não foram avaliados (GUIMARÃES, 2006).

2. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA (RMC)

2.1. Dados gerais

A RMC foi criada em 1973 e era composta por quatorze municípios. Atualmente conta com 26 municípios com uma área de 15.418 km² e uma população de 3.168.980 habitantes [IBGE – Censo 2010], apresentando uma taxa de crescimento da população de 49,9% em relação a 1996. A área urbana da RMC se estende a 1.051 km², o que corresponde a 8,1% da área total [COMEC, 2006]. Além de Curitiba existem outros seis municípios na RMC com uma população acima de 100.000 habitantes: São José dos Pinhais, Colombo, Pinhais, Almirante Tamandaré, Araucária e Campo Largo.

2.2. Aspectos climáticos e meteorológicos

A RMC está localizada no primeiro Planalto do Estado do Paraná, com um clima subtropical e úmido. Os invernos são brandos com geadas ocasionais e temperaturas mínimas de aproximadamente -3°C. No verão são registradas temperaturas até 35°C. A umidade relativa varia entre 75 e 85% (média mensal). As precipitações ocorrem durante o ano inteiro, com maior intensidade nos meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro) e menor no inverno (junho, julho, agosto). Na média são registradas chuvas de 150 mm/mês no verão e 80 mm/mês no inverno. Os ventos vêm geralmente do leste, como demonstrado no Gráfico 2.

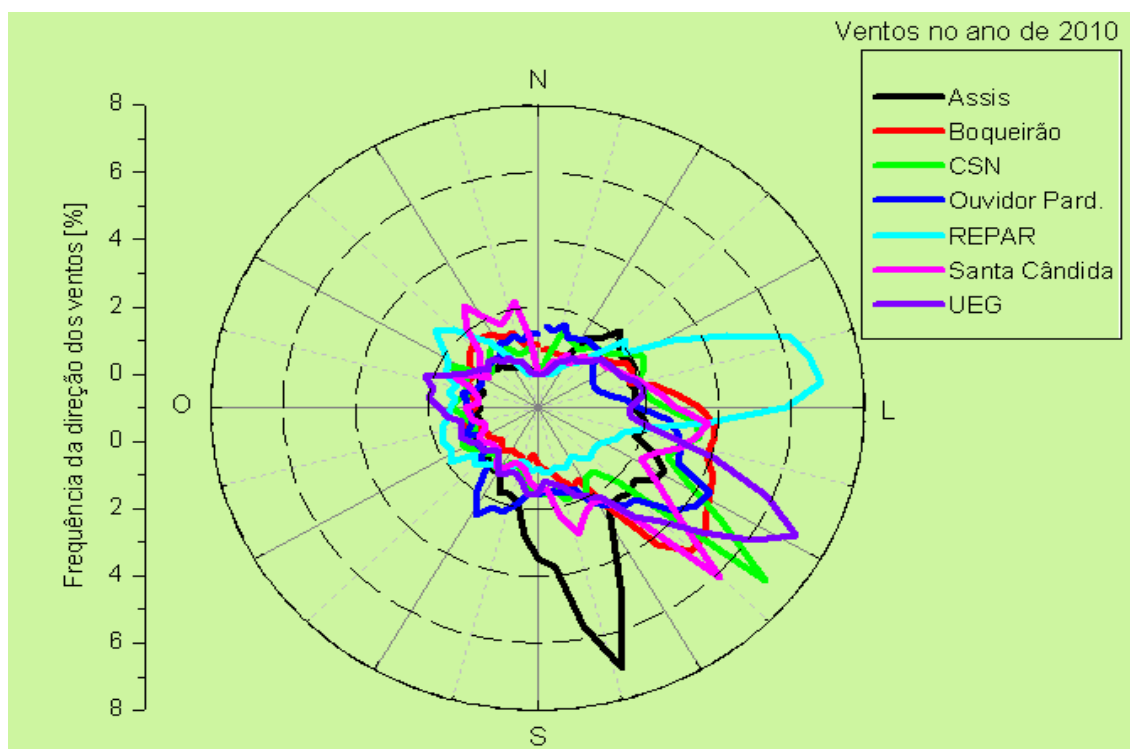


Gráfico 2 - Frequência dos ventos nas estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar.

A velocidade do vento e a estabilidade térmica da atmosfera são os parâmetros mais importantes para as condições de dispersão de poluentes. Boas condições de dispersão significam que os poluentes estão sendo dispersos pelos mecanismos de transporte, evitando assim uma acumulação dos mesmos próximos às fontes. Se as condições estão desfavoráveis à dispersão, observamos essa acumulação, que resulta em altas concentrações dos poluentes, que muitas vezes ultrapassam os padrões estabelecidos. É importante lembrar este detalhe quando interpretamos os resultados do monitoramento, onde uma concentração menor do que apresentada no ano anterior, de certo poluente, não significa necessariamente que foi lançado menos para a atmosfera. Isto também pode ser causado pelas condições mais favoráveis à dispersão.

No Gráfico 3 podemos observar como foram as condições de dispersão no período de janeiro a dezembro de 2010, considerando os dados meteorológicos coletados na RMC, utilizando as classes de estabilidade atmosférica de Pasquill. Entende-se como condição favorável, a soma das

classes A, B e C de Pasquill. A condição neutra equivale à classe D e a condição desfavorável à classe E de Pasquill.

As classes de estabilidade de Pasquill são obtidas a partir de grandezas meteorológicas das médias horárias, como a velocidade do vento e radiação solar ou cobertura de nuvens, medidas a poucos metros da superfície. Elas fornecem apenas uma idéia aproximada da estabilidade da subcamada superficial da camada limite atmosférica. A grandeza que mede corretamente a estabilidade na subcamada superficial é a variável de estabilidade de Obukhov, a qual pressupõe medições dos fluxos turbulentos de quantidade, de movimento e de calor sensível virtual, usualmente feita com anemômetro sônico.

Outro fator importante para a qualidade do ar, que não pode ser medido na superfície, é a espessura da camada limite atmosférica também chamada de camada de mistura. Para este cálculo são necessários perfis de temperatura do ar através da camada limite atmosférica, que corresponde até no mínimo 2000 metros acima da superfície. As condições reais de qualidade do ar na RMC dependerão tanto da estabilidade atmosférica avaliada na superfície quanto da espessura desta camada.

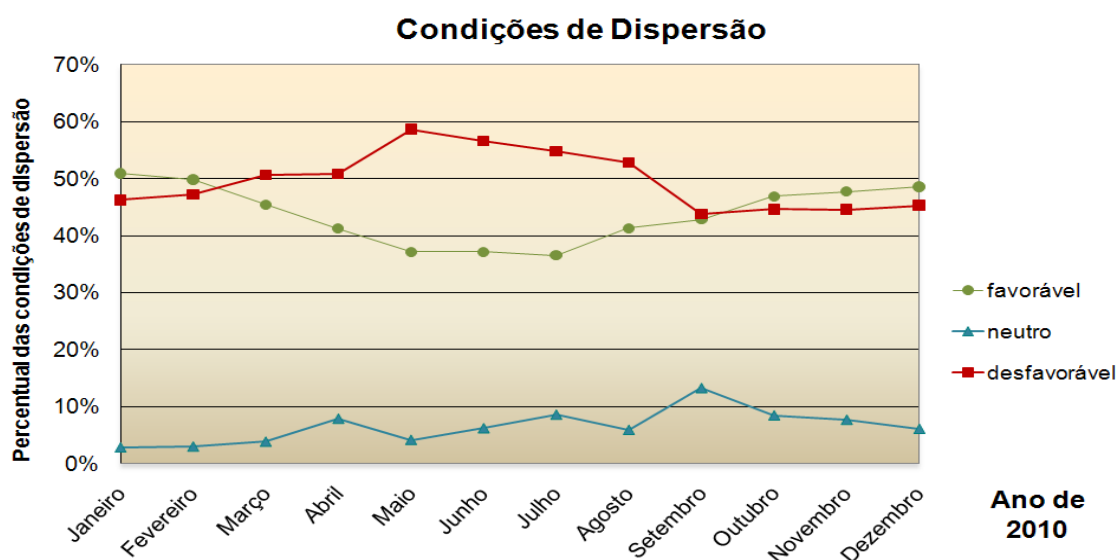


Gráfico 3 - Condições de dispersão na RMC no ano de 2010

Podemos observar que nos meses de Março a Agosto as condições desfavoráveis à dispersão prevaleceram, enquanto no restante do ano, encontramos geralmente condições favoráveis à dispersão.

2.3. Objetivos do monitoramento

O objetivo do controle da poluição atmosférica é baseado em três princípios importantes, proteção, prevenção e motivação ética. A proteção contra os comprovados impactos adversos, a prevenção contra os possíveis impactos adversos e a motivação ética que é o prazer de viver num ambiente limpo e saudável. O instrumento central deste controle é o monitoramento da qualidade do ar, o qual é realizado através de estações, que podem ser manuais ou automáticas. Cada estação automática possui instrumentos que analisam poluentes atmosféricos e parâmetros meteorológicos, já os equipamentos das estações manuais operam apenas em forma de coleta, por exemplo, coleta de PTS em filtro. A análise do filtro é realizada posteriormente em laboratório. Assim, diariamente um técnico visita as estações para instalar um filtro novo e recolher o filtro usado para análise em laboratório. As estações manuais podem desta forma, fornecer médias diárias de poluentes atmosféricos e com estas médias calcula-se a média anual. As estações automáticas operam com analisadores que fazem a coleta e análise dos poluentes ao mesmo tempo. Os resultados são armazenados por um sistema computadorizado na estação sendo estes dados transmitidos para uma central onde são tratados e validados conforme critérios já definidos. Desta forma obtemos as médias horárias dos poluentes. Como o monitoramento é todo automatizado, só é necessário visitar as estações automáticas para manutenção do equipamento.

2.4. Localização das estações e conceito de monitoramento

A localização geral das estações de monitoramento nos municípios de Curitiba, Araucária e Colombo, são mostradas na Figura 1. Uma informação mais precisa quanto à localização das estações, consta nos mapas do Anexo 1.

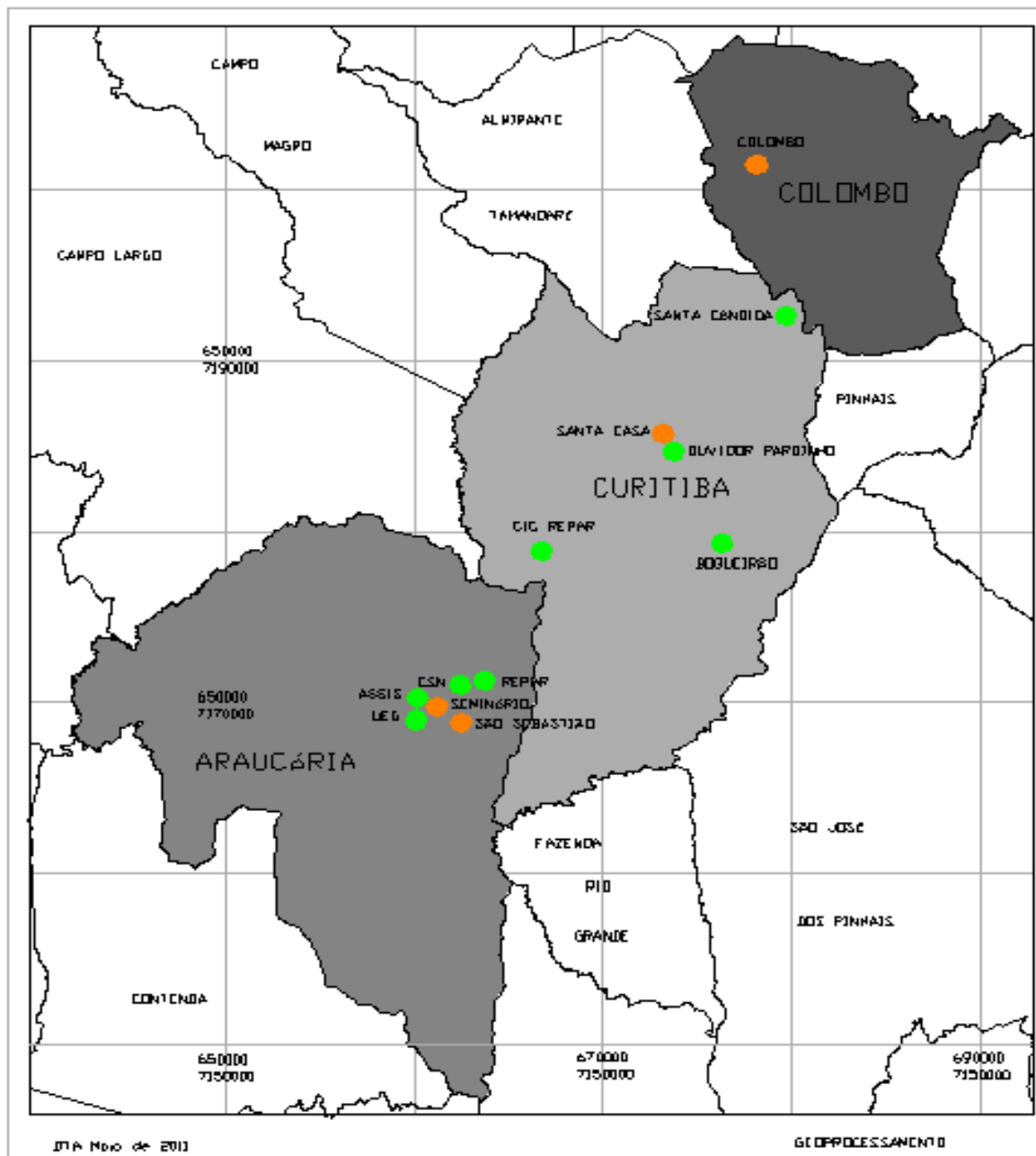


Figura 1 - Localização das estações de monitoramento da qualidade do ar na RMC.

O monitoramento da qualidade do ar na RMC começou no ano de 1985 com cinco estações manuais que analisavam as médias diárias dos poluentes

PTS, Fumaça, SO₂ e NH₃. Quatro delas se encontram em operação até hoje. No ano de 1998, foram instaladas em Curitiba, mais duas estações automáticas de monitoramento do ar, Estações CIC e Santa Cândida, que medem médias horárias dos poluentes NO₂, O₃, SO₂ e diversos parâmetros meteorológicos. No início de 2000 foi instalada uma nova estação automática em Araucária, equipada para o monitoramento de parâmetros meteorológicos e dos componentes NO₂, O₃, SO₂ e PTS. Em setembro de 2001 entrou em operação a estação automática no bairro do Boqueirão e em agosto de 2002, outras duas estações automáticas, sendo uma em Curitiba próxima ao Centro, na Praça Ouvidor Pardinho, e outra no município de Araucária, no bairro Sabiá, no terreno da empresa CSN.

Em maio de 2003 foi instalada mais uma estação automática no centro de Araucária chamada de UEG e em julho do mesmo ano a estação REPAR, localizada temporariamente no terreno da refinaria Presidente Vargas em Araucária.

Em 2006 foi instalada uma estação manual em área central de Colombo, que monitora o parâmetro PTS e em 2007 esta estação passou a monitorar também o parâmetro PI.

As estações CIC e Boqueirão tiveram a operação interrompida em junho de 2006 e outubro de 2007, respectivamente em função de ações de vandalismo. A Estação Boqueirão teve seu retorno de sua operação no início de agosto de 2009. A previsão de retomada da operação para a estação CIC era para o início do segundo semestre de 2010. Devido a problemas na instalação, esta estação terá sua efetiva operação reprogramada para o primeiro semestre de 2011.

Na Tabela 4, verificamos os parâmetros de cada estação que compõem a rede de monitoramento da qualidade do ar da RMC, sua localização e categoria, os parâmetros medidos em 2010, a data de início da operação e as instituições e empresas responsáveis pelos custos de operação e manutenção.

Tabela 4 - Estações de monitoramento da qualidade do ar na RMC no ano de 2010.

Tipo	Estação	Localização/ Categoria ¹	Parâmetros medidos no ano de 2010		Período de funcionamento /Responsável pelo custo operacional
			Químicos	Meteorológicos	
Automáticas	Curitiba, Santa Cândida (STC)	Nordeste de Curitiba, Bairro Santa Cândida / Bairro	SO ₂ , O ₃ , NO e NO ₂	Todas as estações: Temperatura, Umidade Relativa, Radiação Global, Pressão, Velocidade e Direção do Vento. Exceções: BOQ e ASS: sem UVA e UVB CSN: sem RADG, UVA e UVB. RPR: sem Pressão, UVA e UVB.	Desde 1998 / LACTEC
	Curitiba, Cidade Industrial (CIC)	Oeste de Curitiba, Bairro Cidade Industrial / Industrial	SO ₂ , O ₃ , NO e NO ₂		Desde 1998 – Desativada em 06/06 / LACTEC
	Curitiba, Ouvidor Pardinho (PAR)	Região Central de Curitiba, Bairro Rebouças / Urbano	SO ₂ , O ₃ , NO, NO ₂ , CO, PTS e PI		Agosto de 2002 / IAP
	Curitiba, Boqueirão (BOQ)	Sudoeste de Curitiba, Bairro Boqueirão / Bairro	SO ₂ , O ₃ , CO, PTS, PI		Setembro de 2001 – Reativada em 08/09 / IAP
	Araucária, Assis (ASS)	Norte de Araucária, Bairro Fazenda Velha / Industrial	SO ₂ , O ₃ , NO, NO ₂ e PTS		Abril de 2000 / SMMA Araucária
	Araucária, NIS (UEG)	Região Central de Araucária, Bairro Centro / Industrial e Urbano	SO ₂ , O ₃ , NO, NO ₂ e PI		Maio de 2003 / IAP
	Araucária, CSN (CSN)	Nordeste de Araucária, Bairro Sabiá / Industrial	SO ₂ , O ₃ , NO, NO ₂ , CO, PTS e PI		Agosto de 2002 / CSN
	Araucária, REPAR (RPR)	Nordeste de Araucária, Bairro Sabiá / Industrial	SO ₂ , O ₃ , NO, NO ₂ , CO, PTS e PI		Julho de 2003 / Petrobras - REPAR
Manuais	Curitiba, Santa Casa (SC)	Região Central de Curitiba, Bairro Centro / Urbano	Fumaça, SO ₂ , PTS e NH ₃	Sem medição de parâmetros meteorológicos	1985 / IAP
	Araucária, São Sebastião (SS)	Leste de Araucária, Bairro Tindiquera / Bairro	Fumaça, SO ₂ , PTS e NH ₃		1985 / IAP
	Araucária, Seminário (SEM)	Região Central de Araucária, Bairro Centro / Industrial e Urbano	Fumaça, SO ₂ , PTS e NH ₃		1985 / IAP
	Colombo (COL)	Região Central de Colombo / Industrial e Centro	PTS e PI	Direção e Velocidade do Vento	2006 / IAP

Nota: ¹ Categoria de área de monitoramento (ver Tabela 5).

Baseando-se na Diretiva Européia 1999/30/CE, chega-se à conclusão que a RMC com uma população entre 2,75 e 3,75 milhões deveria contar com três a sete pontos de monitoramento da qualidade do ar em função do grau de comprometimento da bacia aérea.

Quanto à localização das estações para a proteção da saúde humana, as estações devem estar localizadas em áreas de modo a:

- “Fornecerem dados em áreas, dentro das zonas e aglomerações, nas quais é provável que a população esteja direta ou indiretamente exposta aos níveis mais elevados durante um período significativo em relação ao período de amostragem dos valores limite”;

- “Fornecerem dados sobre os níveis em outras áreas, dentro das zonas e aglomerações, que sejam representativas da exposição da população em geral”.

Em outras palavras, pode-se dizer que as estações de monitoramento devem fornecer dados de três tipos de áreas de impacto:

- INDUSTRIAL: onde se esperam violações em áreas dominadas por emissões industriais, fontes fixas.
- CENTRO: onde se esperam violações em áreas dominadas por emissões do tráfego, fontes móveis.
- BAIRRO: onde mora a maior parte de população e consequentemente passa uma boa parte da sua vida.

Atribuindo este sistema de classificação de localização para todos os poluentes analisados pelas estações de monitoramento chega-se a conclusão apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Monitoramento da Qualidade do Ar nas Áreas: Industrial, Centro e Bairro.

Poluente	Nº de Monitores nas Estações de Monitoramento (Final de 2010)	Nº de Monitores nas Áreas				Conclusão
		Industrial	Industrial e Centro	Centro	Bairro	
PTS	7	3	1	2	1	Suficiente
Fumaça	3	1	1	1	0	Insuficiente
PI	6	2	1	2	1	Suficiente
SO ₂	10	4	2	2	2	Suficiente
CO	2	1	0	0	1	Insuficiente
O ₃	7	3	1	1	2	Suficiente
NO, NO ₂ e NO _x	6	3	1	1	1	Suficiente

No ano de 2010 a Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar da RMC contou com onze de suas doze estações, sendo oito estações automáticas e quatro manuais. Embora o número de estações se encontre suficiente em relação à Diretiva Européia, é importante que sejam complementadas para a medição da maior parte dos parâmetros indicados na Legislação.

3. RESULTADO DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

3.1. Representatividade e disponibilidade dos dados

Na operação de uma rede de estações de monitoramento, tanto automática quanto manual, sempre acontecem lacunas na obtenção de dados, podendo ser devido à calibração ou manutenção dos analisadores ou simplesmente por falta de energia. Isto não significa um problema para o cálculo das médias diárias ou anuais, se os valores válidos não ficarem abaixo de um limite estabelecido de representatividade. No presente relatório foram adotados os critérios de representatividade, Tabela 6, que são amplamente usados.

Tabela 6 - Critério de representatividade dos dados gerados.

Médias Utilizadas	Critério de Representatividade
Horária	Pelo menos uma média de 30 minutos válida.
Oito Horas	Pelo menos seis médias horárias válidas.
Diária (24 horas)	Pelo menos 16 médias horárias válidas.
Mensal	Pelo menos 2/3 das médias diárias válidas.
Quadrimestral	Pelo menos a metade das médias diárias válidas.
Anual	Todas as três médias quadrimestrais válidas (janeiro-abril, maio-agosto, setembro-dezembro).

Assim, sempre que uma média horária não atinge o critério de representatividade, cria-se uma lacuna na planilha das médias horárias. Dizer que a disponibilidade para 1 hora foi, por exemplo, de 80 % significa que do total de 8760 horas do ano, 80 % ou 7008 valores são válidos.

Da mesma forma, se para um dia não se obteve pelo menos 16 médias horárias válidas, cria-se uma lacuna na planilha das médias diárias. Dizer que a disponibilidade para 24 horas foi, por exemplo, de 80% significa que das 365 médias diárias do ano, 80 % ou 292 estão válidas.

A informação sobre a disponibilidade do equipamento é de suma importância, especialmente quando se comparam resultados de um ano com outro. Isso porque a probabilidade de monitorar uma violação fica cada vez menor, na medida em que a indisponibilidade de dados aumenta. Portanto, um número menor de violações pode também ser causado pela menor disponibilidade de informações e não significa necessariamente que a qualidade do ar melhorou nesta proporção. Devido a isto, a disponibilidade do equipamento consta nas tabelas seguintes deste capítulo.

3.2. Parâmetros de qualidade do ar

Nos capítulos seguintes estão apresentados os resultados do monitoramento em forma de médias de curto prazo (horária ou diária) e de longo prazo (anual) conforme a exigência legal, CONAMA n° 03/90 e SEMA n° 054/06, ver Tabela 1. Informações mais detalhadas encontram-se nos Anexos 2 e 3.

O Anexo 2 contém os gráficos da variação das médias aritméticas diárias das sete estações automáticas. Estes gráficos mostram a dependência das concentrações de poluentes de processos regulares como, por exemplo, o tráfego de automóveis ou a radiação solar.

No Anexo 3 são apresentadas as rosas dos ventos correlacionados com as concentrações dos poluentes. Estas bússolas demonstram de qual direção os poluentes foram transportados para as estações de monitoramento e ajudam então a localizar as fontes dominantes.

3.2.1. Partículas totais em suspensão (PTS)

O PTS foi monitorado em sete localidades, sendo as estações Santa Casa, manual, Boqueirão e Ouvidor Pardinho em Curitiba, as estações Assis, CSN e REPAR em Araucária e uma estação na cidade de Colombo, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados do monitoramento do poluente PTS.

Monitoramento de PTS no ano de 2010				
PTS Estação: Araucária, Assis (ASS) Disponibilidade 24h: 74,2%	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 234	REGULAR: 37	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 37,0 µg/m³			
	Média diária máxima: 223 µg/m³ (em 27 de agosto de 2010)			
PTS Estação: Curitiba, Boqueirão (BOQ) Disponibilidade 24h: 85,5%	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 287	REGULAR: 25	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 30,7 µg/m³			
	Média diária máxima: 174 µg/m³ (em 04 de setembro de 2010).			
PTS * Estação: Araucária, CSN (CSN) Disponibilidade 24h: 38,6%	Nº de classificações das médias diárias (julho – dezembro)			
	BOA: 112	REGULAR: 29	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 50,8 µg/m³			
	Média diária máxima: 229 µg/m³ (em 02 de setembro de 2010).			
PTS Estação: Curitiba, Ouvidor Pardinho (PAR) Disponibilidade 24h: 90,7%	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 318	REGULAR: 13	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 17,7 µg/m³			
	Média diária máxima: 135 µg/m³ (em 22 de agosto de 2010).			
PTS Estação: Araucária, REPAR (RPR) Disponibilidade 24h: 95,6%	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 284	REGULAR: 59	INADEQUADA: 6	MÁ: 0
	Média anual: 39,4 µg/m³			
	Média diária máxima: 348 µg/m³ (em 20 de agosto de 2010).			
PTS Estação: Colombo (COL) Disponibilidade 24h: 83,0 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 182	REGULAR: 110	INADEQUADA: 7	MÁ: 4
	Média anual: 62,4 µg/m³			
	Média diária máxima: 539 µg/m³ (em 25 de agosto de 2010).			
PTS Estação: Curitiba, Santa Casa (SC) Disponibilidade 24h: 88,5 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 218	REGULAR: 102	INADEQUADA: 2	MÁ: 1
	Média anual: 62,5 µg/m³			
	Média diária máxima: 473 µg/m³ (em 04 de junho de 2010).			

*Não atende ao critério de representatividade

No Gráfico 4, observamos as classificações das médias diárias na estação SC, no ano de 2010. Foram observadas três violações, sendo duas classificadas como INADEQUADA e uma como MÁ.

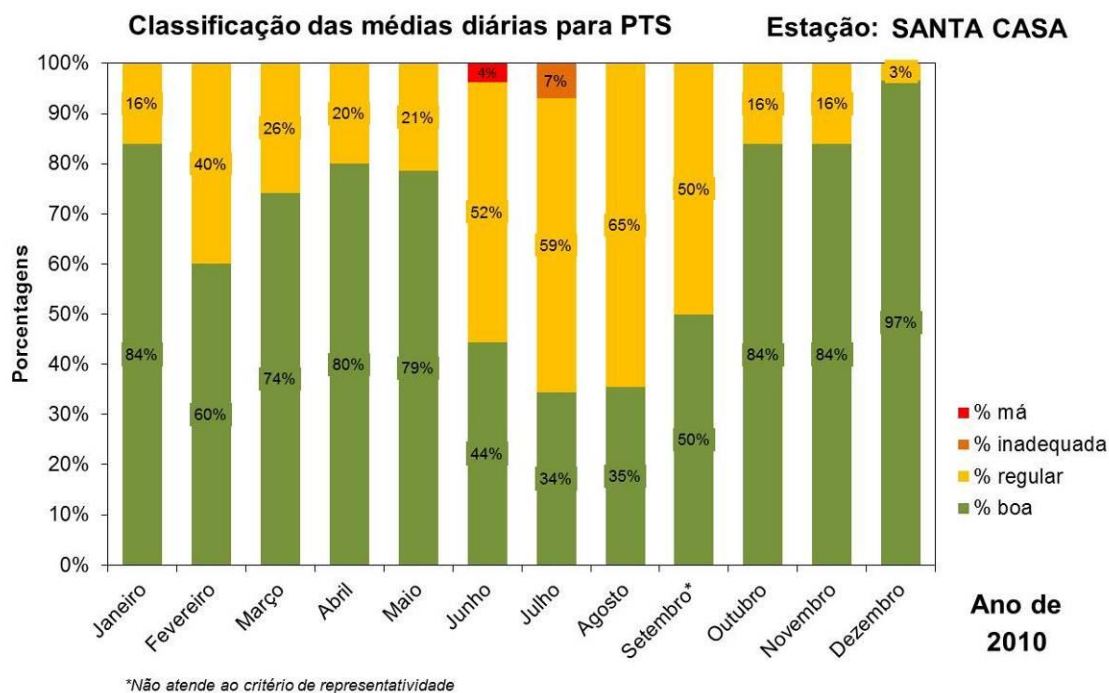


Gráfico 4 - Classificação das médias diárias para PTS na estação Santa Casa no ano de 2010.

A estação ASS, localizada no Município de Araucária, não foi observado nenhuma violação do padrão da média de 24 horas, Gráfico 5, permanecendo em todo o período do ano de 2010 classificadas como BOA e REGULAR.

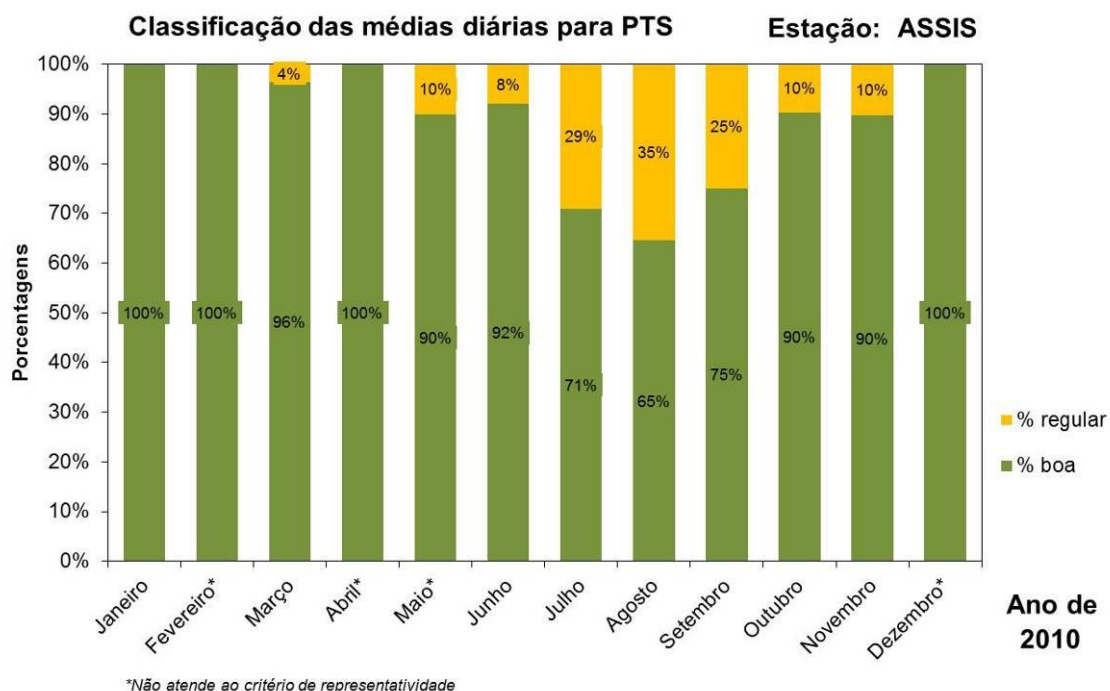


Gráfico 5 - Classificação das médias diárias para PTS na estação automática Assis no ano de 2010.

No Gráfico 6, observamos as classificações das médias diárias na estação COL, onde foi observado o maior número de violações no ano de 2010 para este poluente em toda a RMC. Foram sete violações classificadas como INADEQUADA e quatro classificadas como MÁ.

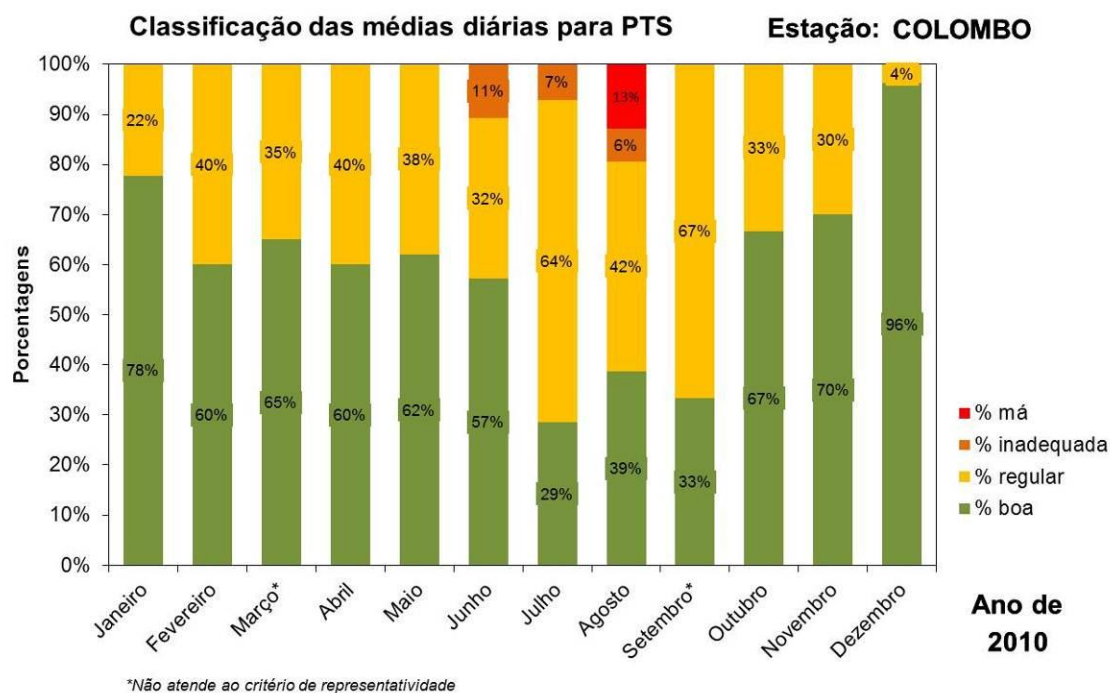


Gráfico 6 - Classificação das médias diárias para PTS na estação Colombo no ano de 2010.

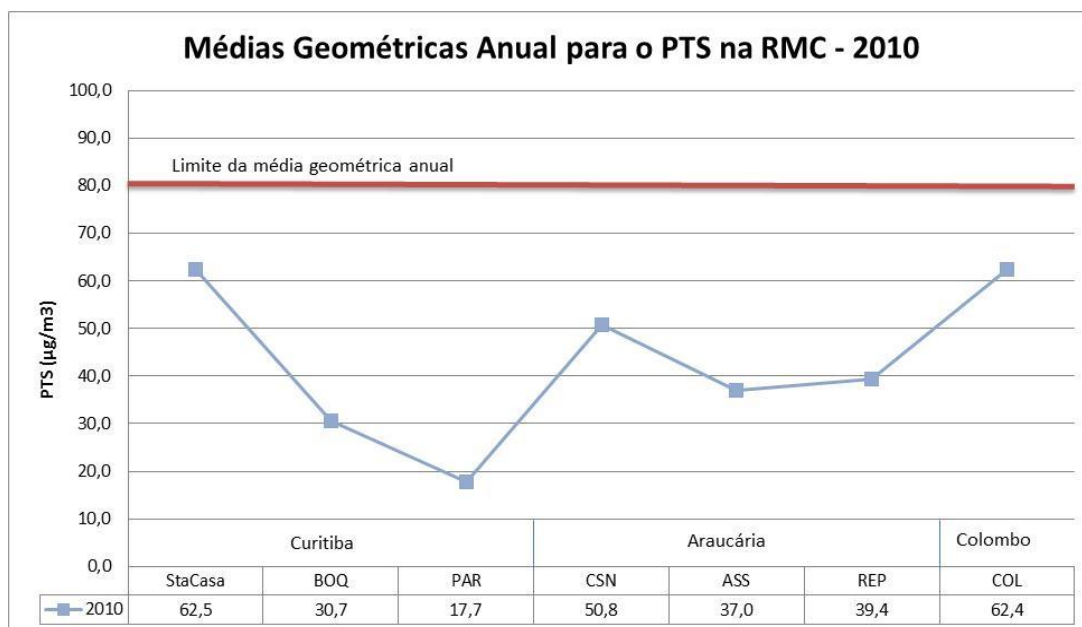


Gráfico 7 - Comportamento do poluente PTS na RMC no ano de 2010.

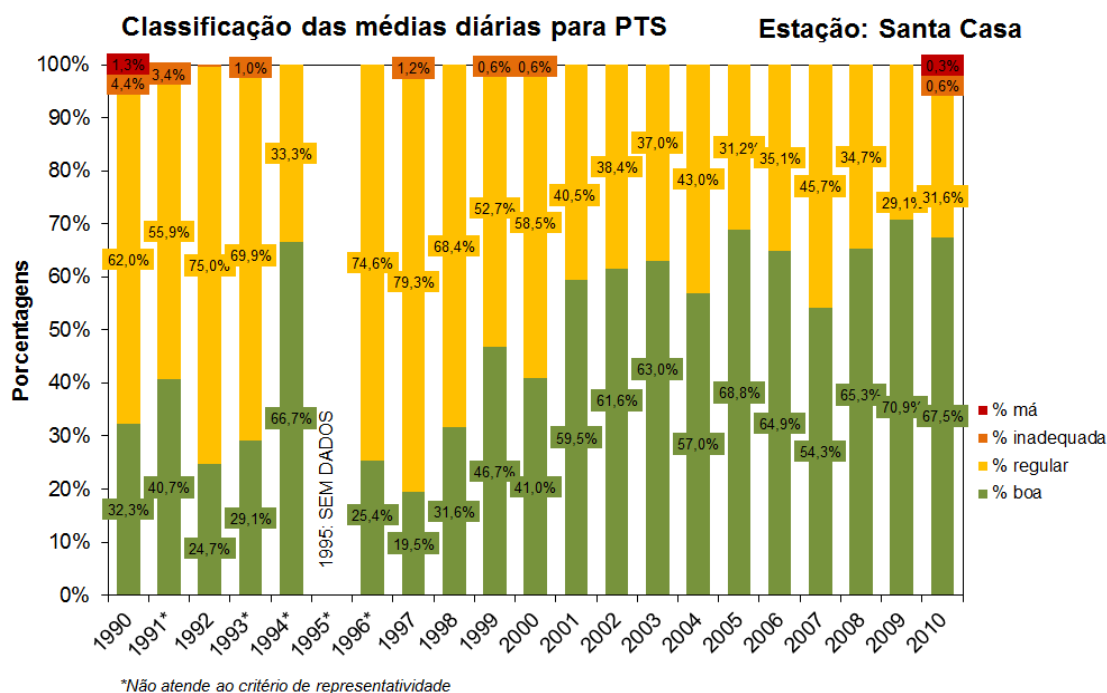


Gráfico 8 - Classificação das médias diárias para PTS na estação Santa Casa entre 1990-2010.

A média geométrica anual máxima, Gráfico 7, entre todas as estações, apresentou valor $62,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na estação Santa Casa, SC, em Curitiba, ficando abaixo do limite da média anual que é de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Este valor também é inferior à máxima apresentada no ano de 2009, também na estação Santa Casa, que foi de $67,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para a média diária foram ultrapassados em 20 vezes o padrão diário da qualidade do ar de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para este poluente, ver Tabela 7. Todas as ultrapassagens ocorreram no período de junho a agosto de 2010, período onde a dispersão dos poluentes é menos favorável, ver Gráfico 3. No Gráfico 8 observamos o histórico das classificações das médias diárias para o PTS na estação Santa Casa, SC, de 1990 a 2010, foi observada uma pequena variação nos últimos dez anos, variando de 31% mínimo a 37% máximo para classificação regular e de 54% mínimo a 69% máximo para a classificação boa.

3.2.2. Fumaça

O poluente Fumaça foi monitorado em três localidades, uma na cidade de Curitiba na estação Santa Casa, SC, e duas em Araucária, nas estações Seminário, SEM, e São Sebastião, SS. A Tabela 8 mostra os resultados das classificações das médias diárias, as médias anuais e as médias diárias máximas do período monitorado.

Tabela 8 - Resultados do monitoramento de Fumaça.

Monitoramento de Fumaça no ano de 2010				
Fumaça Estação: Curitiba, Santa Casa (SC) Disponibilidade 24h: 88,2 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 321	REGULAR: 1	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 7,07 µg/m³			
	Média diária máxima: 70 µg/m³ (em 26 de agosto de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			
Fumaça Estação: Curitiba, São Sebastião (SS) Disponibilidade 24h: 99,2 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 361	REGULAR: 1	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 3,37 µg/m³			
	Média diária máxima: 72,0 µg/m³ (em 25 de agosto de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			
Fumaça Estação: Araucária, Seminário (SEM) Disponibilidade 24h: 100,0 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 362	REGULAR: 3	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 4,98 µg/m³			
	Média diária máxima: 73,0 µg/m³ (em 25 de agosto de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			

Na estação SC em Curitiba a concentração de fumaça apresentou uma média anual de 7,07 µg/m³, valor abaixo do padrão primário de 60 µg/m³ estabelecido na Resolução CONAMA 03/90. Este valor também é menor que o apresentado no ano de 2009 que foi de 15,7 µg/m³. Para as estações da cidade de Araucária os valores apresentados foram para a estação SS de 3,37 µg/m³ e para a estação SEM de 4,98 µg/m³, valores também abaixo do padrão da mesma resolução. Os valores apresentado para o ano de 2009 foram maiores, apresentando concentrações de 3,8 µg/m³ e 7,9 µg/m³ respectivamente.

No Gráfico 9 observamos o histórico das classificações das médias diárias para o poluente Fumaça na estação Santa Casa, SC, de 1990 a 2010.

Observa-se uma melhoria a partir do ano 2000, similar o que acontece com o poluente PTS.

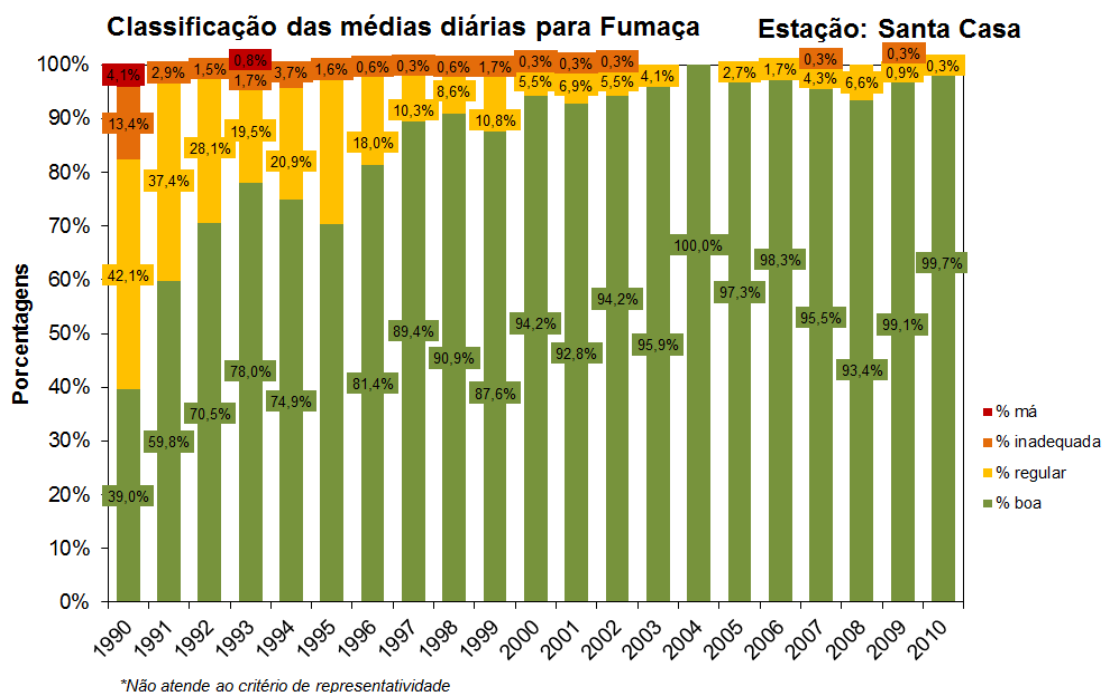


Gráfico 9 - Classificação das médias diárias para fumaça na estação Santa Casa de 1990 - 2010.

3.2.3. Partículas Inaláveis (PI)

O poluente PI foi monitorado em cinco localidades, sendo duas na cidade de Curitiba, estações Boqueirão, BOQ e Ouvidor Pardinho, PAR e três na cidade de Araucária estações CSN, RPR e UEG. O equipamento da estação da cidade de Colombo não operou neste período. Os resultados da classificação das médias diárias e médias diárias máximas estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados do monitoramento de PI.

Monitoramento de partículas inaláveis (PI) no ano de 2010				
PI Estação: Curitiba, Boqueirão (BOQ) Disponibilidade 24h: 83,8 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 277	REGULAR: 29	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 26,4 µg/m³			
	Média diária máxima: 129 µg/m³ (em 04 de setembro de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			
PI Estação: Araucária, CSN (CSN) Disponibilidade 24h: 87,4 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 282	REGULAR: 37	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 25,9 µg/m³			
	Média diária máxima: 101 µg/m³ (em 14 de setembro de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero			
PI Estação: Curitiba, Ouvidor Pardinho (PAR) Disponibilidade 24h: 97,8 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 341	REGULAR: 16	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 17,2 µg/m³			
	Média diária máxima: 116 µg/m³ (em 22 de agosto de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero			
PI Estação: Araucária, REPAR (RPR) Disponibilidade 24h: 90,4 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 287	REGULAR: 42	INADEQUADA: 1	MÁ: 0
	Média anual: 29,1 µg/m³			
	Média diária máxima: 185 µg/m³ (em 27 de agosto de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: uma			
PI Estação: Araucária, UEG (UEG) Disponibilidade 24h: 85,8 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 244	REGULAR: 66	INADEQUADA: 3	MÁ: 0
	Média anual: 35,1 µg/m³			
	Média diária máxima: 199 µg/m³ (em 26 de agosto de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: três.			

No Gráfico 10 podemos observar que na maior parte do período avaliado apresenta classificação boa e regular, com médias anuais em Curitiba de 24,6 µg/m³ na estação BOQ e 17,2 µg/m³ na estação PAR, valores abaixo do padrão primário de 50 µg/m³ estabelecido na Resolução do CONAMA 03/90. Neste período não se verificou violações dos valores de 24 horas em nenhuma estação de monitoramento.

Para a cidade de Araucária verificamos um aumento do período avaliado na condição regular, Gráfico 10, apresentando médias anuais de 25,9 µg/m³ na estação CSN, 29,1 µg/m³ na estação RPR e 35,1 µg/m³ na estação UEG. Estes valores também estão abaixo da média anual de 50 µg/m³. Para as médias de 24 horas foram verificadas violações em quatro dias, sendo um na estação RPR e três na estação UEG, conforme Gráfico 10 e Tabela 9.

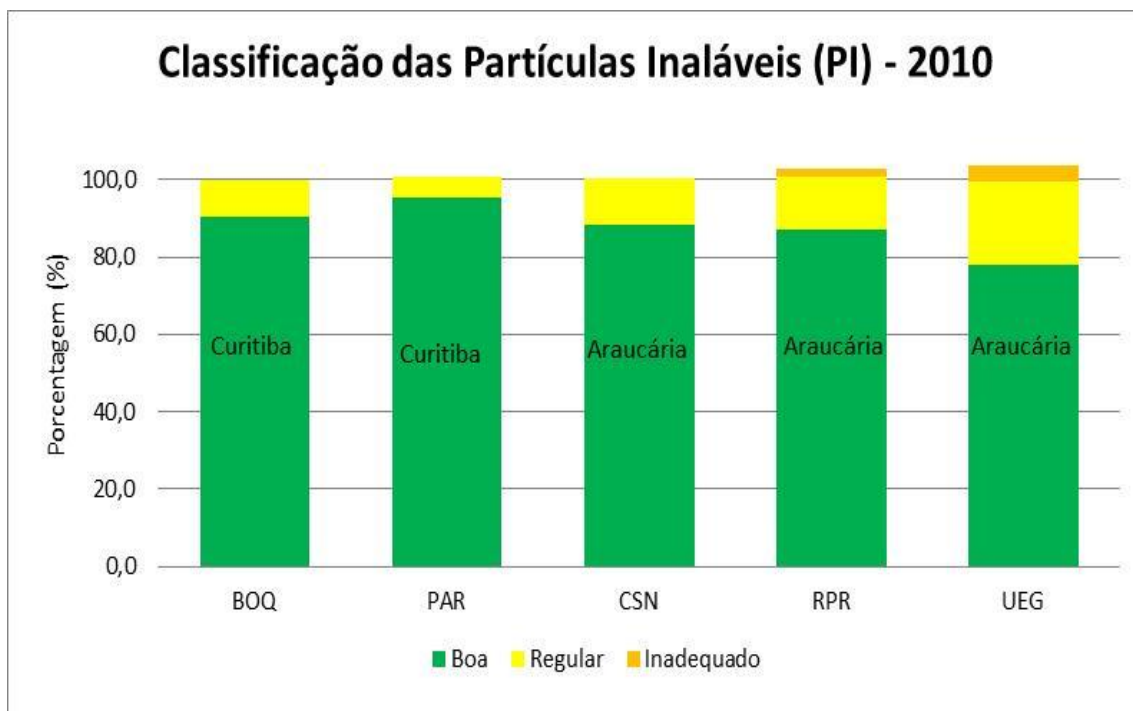


Gráfico 10 - Classificação das médias diárias para PI nas estações de monitoramento.

3.2.4. Dióxido de enxofre (SO₂)

O dióxido de enxofre, SO₂, é a substância com o maior número de pontos monitorado na RMC. Este parâmetro foi monitorado nas dez estações de monitoramento no ano de 2010, sendo sete automáticas e três manuais. As classificações das médias diárias, médias anuais e as médias diárias máximas estão apresentadas na Tabela 10 para as estações automáticas e na Tabela 11 para as estações manuais.

Tabela 10 - Resultados do monitoramento de SO₂ nas estações automáticas.

Monitoramento de dióxido de enxofre (SO₂) no ano de 2010				
SO₂ Estação: Araucária, Assis (ASS) Disponibilidade 24h: 84,9 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 310	REGULAR: 0	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 7,9 µg/m³			
	Média diária máxima: 63,5 µg/m³ (em 18 de julho de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			
SO₂ Estação: Curitiba, Boqueirão (BOQ) Disponibilidade 24h: 89,0 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 325	REGULAR: 0	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 7,8 µg/m³			
	Média diária máxima: 31,0 µg/m³ (em 07 de abril de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			
SO₂ Estação: Araucária, CSN (CSN) Disponibilidade 24h: 61,6 %	Nº de classificações das médias diárias (fevereiro – dezembro)			
	BOA: 214	REGULAR: 11	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 26,1 µg/m³			
	Média diária máxima: 193,3 µg/m³ (em 18 de julho de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			
SO₂ Estação: Curitiba, Ouvidor Pardinho (PAR) Disponibilidade 24h: 89,9 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 328	REGULAR: 0	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 3,7 µg/m³			
	Média diária máxima: 27,7 µg/m³ (em 16 de setembro de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			
SO₂ Estação: Araucária, REPAR (RPR) Disponibilidade 24h: 98,4 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 339	REGULAR: 20	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 15,4 µg/m³			
	Média diária máxima: 339,2 µg/m³ (em 15 de dezembro de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			
SO₂ Estação: Curitiba, Santa Cândida (STA) Disponibilidade 24h: 100,0 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 365	REGULAR: 0	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 3,8 µg/m³			
	Média diária máxima: 7,1 µg/m³ (em 31 de maio de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			
SO₂ Estação: Araucária, UEG (UEG) Disponibilidade 24h: 85,5 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 312	REGULAR: 0	INADEQUADO: 0	BOA: 0
	Média anual: 2,4 µg/m³			
	Média diária máxima: 17,9 µg/m³ (em 24 de julho de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			

Tabela 11 - Resultados do monitoramento de SO₂ nas estações manuais.

Monitoramento de dióxido de enxofre (SO₂) no ano de 2010				
SO₂ Estação: Curitiba, Santa Casa (SC) Disponibilidade 24h: 88,5 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 323	REGULAR: 0	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 12,7 µg/m³			
	Média diária máxima: 55 µg/m³ (em 18 de fevereiro de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			
SO₂ Estação: Araucária, São Sebastião (SS) Disponibilidade 24h: 96,2 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 350	REGULAR: 1	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 9,9 µg/m³			
	Média diária máxima: 100 µg/m³ (em 29 de julho de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			
SO₂ Estação: Araucária, Seminário (SEM) Disponibilidade 24h: 97,0 %	Nº de classificações das médias diárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 354	REGULAR: 0	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média anual: 10,2 µg/m³			
	Média diária máxima: 79 µg/m³ (em 14 de abril de 2010).			
	Nº de ultrapassagens das médias diárias: zero.			

Em Curitiba todas as médias diárias obtidas no período enquadram-se na classificação BOA. As médias anuais obtiveram valores apresentados nas Tabelas 10 e 11, sendo que todas estão abaixo do limite do padrão primário que é de 80 µg/m³, estabelecido na Resolução do CONAMA 03/90.

Para a cidade de Araucária observamos neste período que a maior parte, aproximadamente 90%, dos dias monitorados permaneceu na condição BOA e 10% na condição REGULAR, não havendo ultrapassagens do padrão estabelecido na legislação.

No Gráfico 11 podemos observar as médias anuais e as máximas em todas as estações de monitoramento para o poluente SO₂.

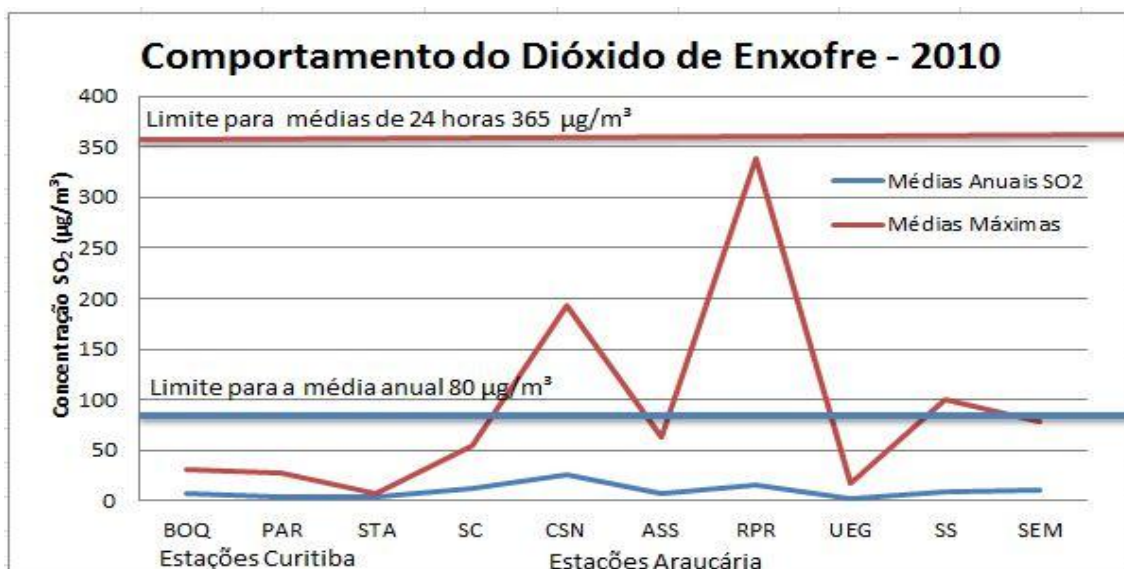


Gráfico 11 - Médias anuais para o Dióxido de Enxofre em toda a rede da RMC

Pelo Gráfico 11 podemos observar a diferença das concentrações de SO₂ nas regiões monitoradas. Na cidade de Curitiba observamos concentrações bem abaixo dos padrões tanto para as médias diárias quanto para as médias anuais. Na cidade de Araucária observamos concentrações mais altas principalmente para as médias de 24 horas, indicando as diferenças regionais, sendo uma característica de emissão urbana, predominando as emissões veicular e outra com emissões provenientes de emissões de fontes fixas, industrial.

Para verificarmos a evolução do poluente SO₂, Fumaça e PTS, em função do tempo, são apresentadas no Gráfico 12 as concentrações destes compostos nos últimos 21 anos. Podemos observar que estes poluentes, considerados poluentes primários, emitidos diretamente pela fonte emissora, apresentam uma diminuição progressiva de suas emissões nos últimos 4 anos. Em relação a estes poluentes essa melhora aconteceu em função de três fatores principais. Uma importante ação foi o maior controle das fontes fixas por parte da indústria, com vista à legislação específica do Paraná (Resolução SEMA 054/06). Outro fator importante foi às melhorias tecnológicas dos veículos a combustão e em específico ao SO₂ à redução do teor de enxofre dos combustíveis, tanto industrial como automotivo.

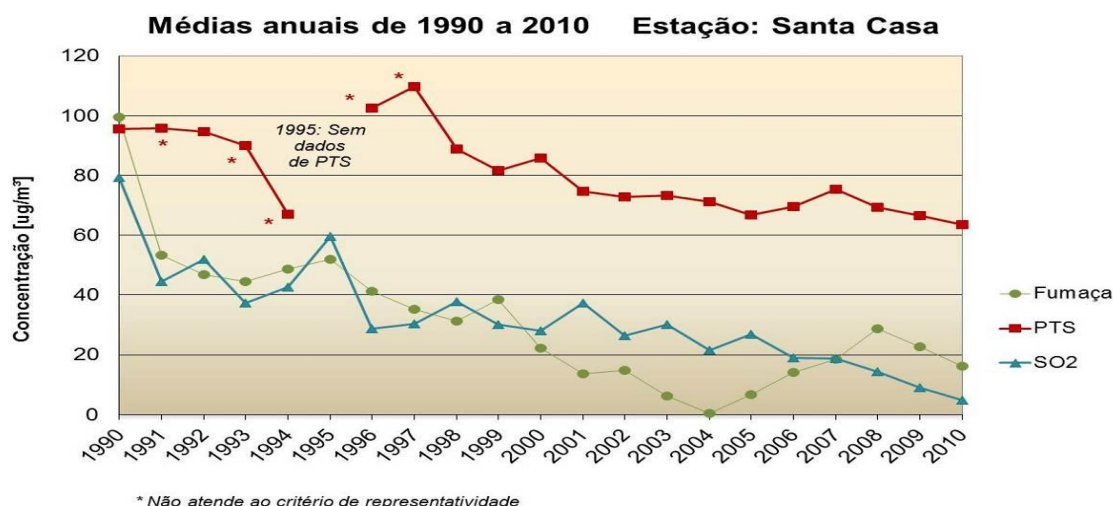


Gráfico 12 - Médias anuais para SO₂, Fumaça e PTS no período de 1990/2010 na estação Santa Casa.

3.2.5. Monóxido de Carbono (CO)

A primeira estação a monitorar esta substância foi à estação Boqueirão que registrou as concentrações de CO a partir de 2001. Desde agosto de 2002 é monitorado o parâmetro CO também nas estações Ouvidor Pardinho e CSN. Em maio e junho de 2003 entraram mais duas estações em operação a UEG e REPAR. Até este período a grande maioria das concentrações se enquadrava na categoria BOA.

No ano de 2004, obtivemos 15 casos na categoria REGULAR e 1 na categoria INADEQUADO.

Em 2005, o analisador de CO da estação Ouvidor Pardinho apresentou problemas não sendo possível apresentar resultados. Nas demais estações obtiveram oito casos de categoria REGULAR e um caso na categoria INADEQUADO, estação REPAR.

Em 2006 o poluente CO foi monitorado em cinco localidades, em Curitiba nas estações Ouvidor Pardinho e Boqueirão, e em Araucária nas estações UEG, REPAR e CSN. Os resultados apresentaram 23 casos na categoria REGULAR, sendo onze na estação BOQ, seis na estação PAR, duas na UEG e quatro na estação REPAR.

No ano de 2007 o CO foi monitorado em cinco estações, em Curitiba, nas estações Ouvidor Pardinho e Boqueirão, e em Araucária nas estações UEG, REPAR e CSN. Os resultados indicaram que 96,4% foram classificados na categoria BOA e 3,6% na categoria REGULAR. Em todas as outras estações os resultados apresentados se enquadram na categoria BOA.

Em 2008 o poluente CO foi monitorado em duas estações em Araucária, REPAR e UEG. Nas duas estações os resultados obtidos se enquadram na categoria BOA.

Para o ano de 2009 o poluente CO foi monitorado em três localidades, sendo uma em Curitiba, na estação Boqueirão e duas em Araucária, estações REPAR e UEG. Os resultados apresentaram classificação REGULAR em quatro situações, sendo que os demais resultados apresentaram classificação BOA.

No ano de 2010 o poluente monóxido de carbono, CO, foi monitorado em duas estações, sendo uma em Curitiba, estação Boqueirão, e outra em Araucária estação REPAR. Na Tabela 12 é apresentada a classificação das médias de 8 horas, médias anuais e máximas no período. Observamos que todas as classificações, nas duas estações monitoradas, se caracterizam na categoria BOA.

Tabela 12 - Resultados do monitoramento de CO.

Monitoramento de monóxido de carbono (CO) no ano de 2010				
CO Estação: Curitiba, Boqueirão (BOQ) Disponibilidade 8h: 96,3 %	Nº de classificações das médias para 8 horas(janeiro – dezembro)			
	BOA: 1054	REGULAR: 0	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média máxima 8 horas: 4481 µg/m³ (em 24 de junho de 2010 às 16-24 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias de 8 horas: zero.			
CO Estação: Araucária, REPAR (RPR) Disponibilidade 8h: 98,6 %	Nº de classificações das médias para 8 horas(janeiro – dezembro)			
	BOA: 1080	REGULAR: 0	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média máxima 8 horas: 2434 µg/m³ (em 22 de agosto de 2010 às 00-08 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias de 8 horas: zero.			

3.2.6. Ozônio (O₃)

As concentrações de O₃ foram registradas em sete estações, sendo três em Curitiba, estações BOQ, PAR e STC, e quatro em Araucária, estações

ASS, UEG, CSN e RPR. A Tabela 13 apresenta os resultados e as classificações das médias horárias e as médias máximas no período. No ano de 2010 foram registradas dez violações da média horária máxima, sendo oito na cidade de Curitiba, e duas na cidade de Araucária.

Tabela 13 - Resultados do monitoramento de O₃.

Monitoramento de ozônio (O ₃) no ano de 2010				
O₃ Estação: Araucária, Assis (ASS) Disponibilidade 1h: 80,9 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 6748	REGULAR: 336	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média horária máxima: 157,9 µg/m ³ (em 29 de agosto de 2010, às 14-15 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: zero.			
O₃ Estação: Curitiba, Boqueirão (BOQ) Disponibilidade 1h: 97,2 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 8034	REGULAR: 482	INADEQUADA: 2	MÁ: 0
	Média horária máxima: 186,9 µg/m ³ (em 21 de outubro de 2010, às 13-14 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: duas.			
O₃ Estação: Araucária, CSN (CSN) Disponibilidade 1h: 95,5 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 8253	REGULAR: 114	INADEQUADA: 1	MÁ: 0
	Média horária máxima: 163,0 µg/m ³ (em 27 de dezembro de 2010, às 12-13 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: uma.			
O₃ Estação: Curitiba, Ouvidor Pardinho (PAR) Disponibilidade 1h: 99,8 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 8377	REGULAR: 362	INADEQUADA: 4	MÁ: 0
	Média horária máxima: 190,9 µg/m ³ (em 19 de outubro de 2010, às 14-15 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: quatro.			
O₃ Estação: Araucária, REPAR (RPR) Disponibilidade 1h: 98,7 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 8488	REGULAR: 156	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média horária máxima: 159,5 µg/m ³ (em 21 de outubro de 2010, às 13-14 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: zero.			
O₃ Estação: Curitiba, Santa Cândida (STC) Disponibilidade 1h: 99,7 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 8430	REGULAR: 306	INADEQUADA: 2	MÁ: 0
	Média horária máxima: 179,5 µg/m ³ (em 28 de dezembro de 2010, às 13-14 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: duas.			
O₃ Estação: Araucária, UEG (UEG) Disponibilidade 1h: 85,9 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 7425	REGULAR: 100	INADEQUADA: 1	MÁ: 0
	Média horária máxima: 169,3 µg/m ³ (em 20 de outubro de 2010, às 15-16 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: uma.			

No Gráfico 13, podemos observar o histórico das violações de ozônio no período de 2000 a 2010.

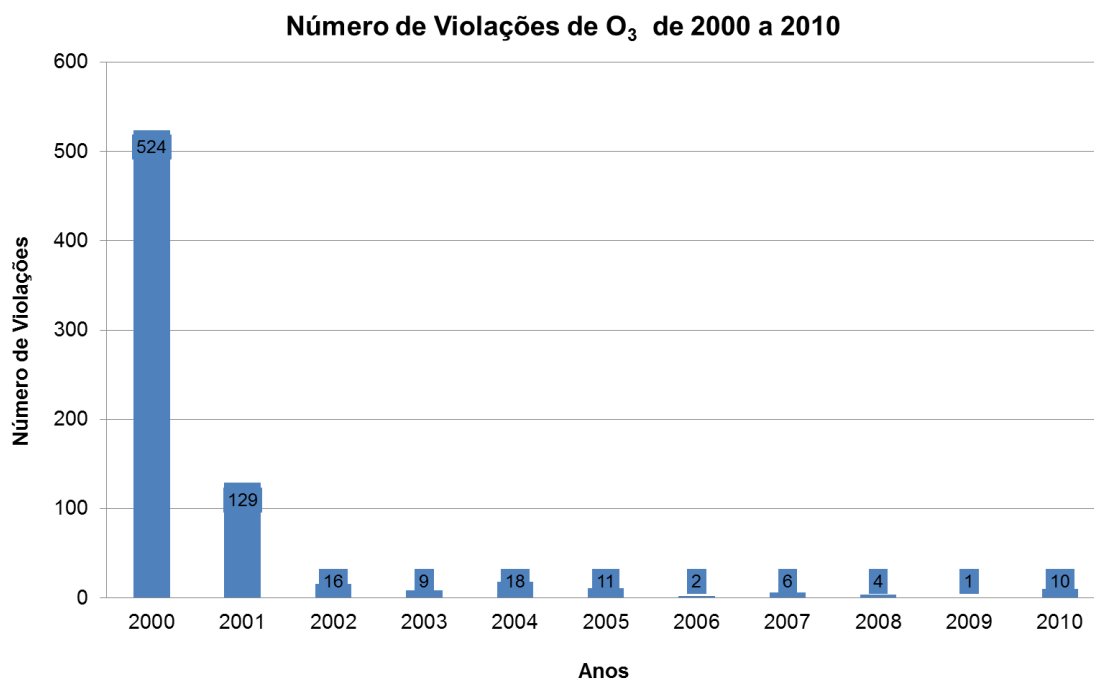


Gráfico 13 - Número de registros de violações de O₃ no período de 2000-2010.

O Gráfico 14 demonstra às classificações para o ozônio nos meses de janeiro a dezembro de 2010 da estação PAR em Curitiba, estação onde houve o maior número de violações de toda a rede de monitoramento.

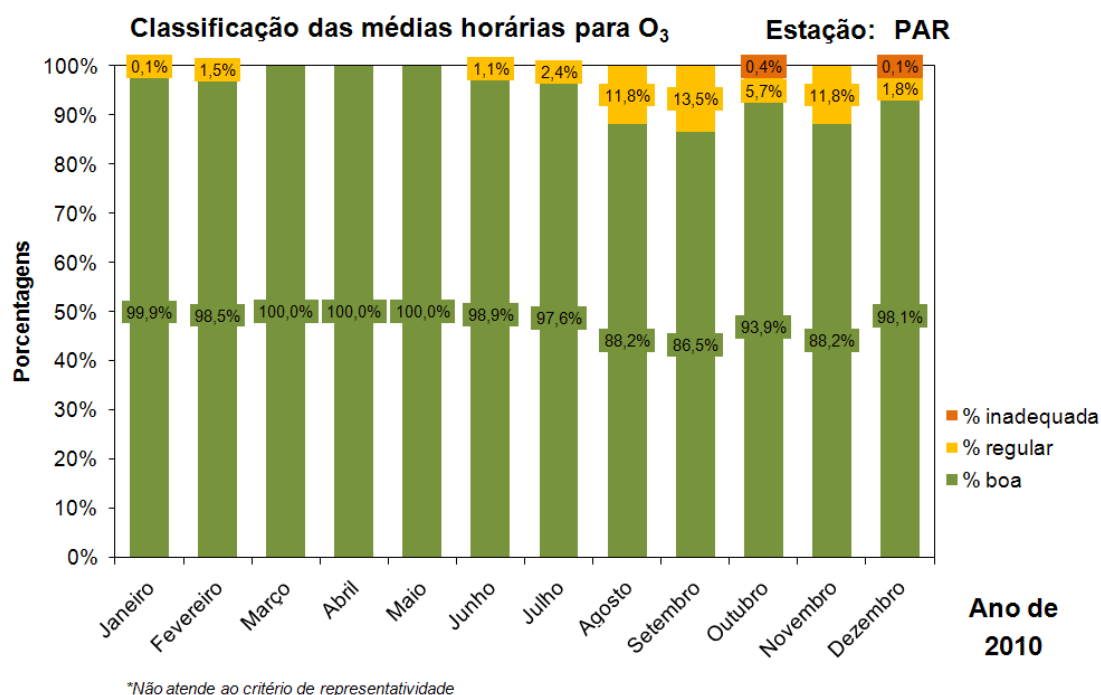


Gráfico 14 - Classificação das médias horárias para O₃ na estação PAR em 2010.

3.2.7. Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

As concentrações de NO₂ foram registradas em seis estações automáticas, sendo em Curitiba a estação PAR e STC e em Araucária as estações ASS, CSN, UEG e RPR. Na Tabela 14 são apresentadas as médias horárias, as médias horárias máximas e as médias anuais.

Tabela 14 - Resultados do monitoramento de NO₂.

Monitoramento de dióxido de nitrogênio (NO₂) no ano de 2010				
NO₂ Estação: Araucária, Assis (ASS) Disponibilidade 1h: 76,1 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 6656	REGULAR: 8	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média Anual: 21,3 µg/m³			
	Média horária máxima: 187,0 µg/m³ (em 08 de junho de 2010, às 10-11 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: zero.			
NO₂ Estação: Araucária, CSN (CSN) Disponibilidade 1h: 78,8 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – novembro)			
	BOA: 6813	REGULAR: 88	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média Anual: 31,6 µg/m³			
	Média horária máxima: 287,4 µg/m³ (em 08 de junho de 2010, às 8-9 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: zero.			
NO₂ Estação: Curitiba, Ouvidor Pardinho (PAR) Disponibilidade 1h: 93,2 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 8128	REGULAR: 39	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média Anual: 31,7 µg/m³			
	Média horária máxima: 193,6 µg/m³ (em 07 de junho de 2010, às 9-10 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: zero.			
NO₂ Estação: Araucária, REPAR (RPR) Disponibilidade 1h: 88,8 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 7644	REGULAR: 135	INADEQUADA: 4	MÁ: 0
	Média Anual: 24,9 µg/m³			
	Média horária máxima: 430,9 µg/m³ (em 29 de julho de 2010, às 15-16 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: quatro.			
NO₂ Estação: Curitiba, Santa Cândida (STC) Disponibilidade 1h: 94,2 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 8229	REGULAR: 27	INADEQUADA: 0	MÁ: 0
	Média Anual: 20,0 µg/m³			
	Média horária máxima: 162,6 µg/m³ (em 15 de junho de 2010, às 9-10 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: zero.			
NO₂ Estação: Araucária UEG (UEG) Disponibilidade 1h: 69,2 %	Nº de classificações das médias horárias (janeiro – dezembro)			
	BOA: 5296	REGULAR: 768	INADEQUADA: 1	MÁ: 0
	Média Anual: 52,9 µg/m³			
	Média horária máxima: 353,8 µg/m³ (em 27 de agosto de 2010, às 15-16 hs).			
	Nº de ultrapassagens das médias horárias: uma.			

No Gráfico 15 podemos observar as médias anuais e as médias máximas horárias em todas as estações que monitoram este poluente na RMC. Nas estações de Curitiba a média anual e as médias horárias foram atendidas. Nas estações da cidade de Araucária observamos que a média anual atende ao padrão, sendo detectadas quatro violações das médias horárias na estação RPR e 1 violação na estação UEG, todas apresentando classificação INADEQUADA. Estas violações foram registradas nos meses de julho e agosto

de 2010. No Gráfico 16 são apresentadas as classificações das médias horárias da estação RPR no ano de 2010.

A estação de monitoramento REPAR- RPR possui uma peculiaridade, ela esta instalada dentro da área industrial da refinaria, muito próximo das fontes emissoras dos processos desse empreendimento, não representando adequadamente a qualidade do ar do entorno. Em função disso, foi realizado um estudo para a definição da localização mais adequada. A estação será realocada até o final de 2011.

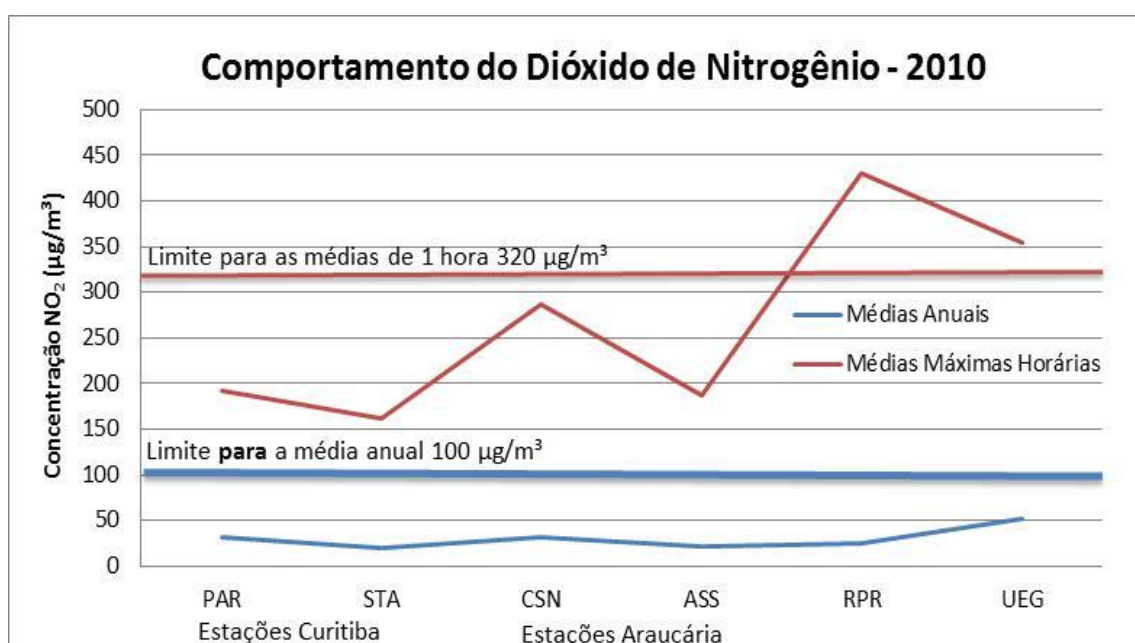


Gráfico 15 - Comportamento do Dióxido de Nitrogênio no ano de 2010 na RMC.

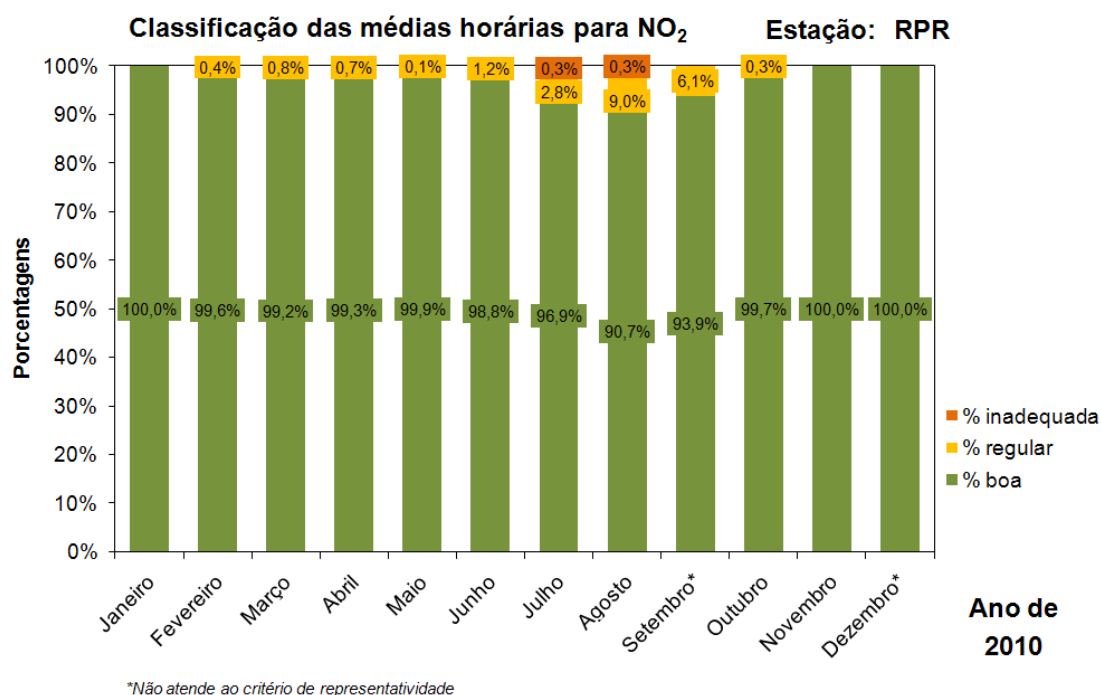


Gráfico 16 - Classificação das médias horárias para NO₂ na estação REPAR 2010.

3.3. Registro de violações aos padrões diários de qualidade do ar

Na Tabela 15, podemos observar as violações ocorridas no ano de 2010, por município, estação, e por parâmetro monitorado. Foram observadas 39 violações dos limites estipulados pela Resolução do CONAMA 03/90, considerando as médias de 24 horas e as médias horárias.

Tabela 15 - Quantidade de violações por parâmetros observados em 2010.

Município	Estação	PTS	Fumaça	PI	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂	Total
Curitiba	Boqueirão (BOQ)	0	*	0	0	0	2	*	2
	Ouvidor Pardinho (PAR)	0	*	0	0	*	4	0	4
	Santa Cândida (STC)	*	*	*	0	*	2	0	2
	Santa Casa (SC)	3	0	*	0	*	*	*	3
Araucária	Assis (ASS)	0	*	*	0	*	0	0	0
	CSN (CSN)	0	*	0	0	*	1	0	1
	REPAR (RPR)	6	*	1	0	0	0	4	11
	São Sebastião (SS)	*	0	0	0	*	*	*	0
	Seminário (SEM)	*	0	*	0	*	*	*	0
	UEG (UEG)	*	*	3	0	*	1	1	5
Colombo	Colombo (COL)	11	*	*	*	*	*	*	11
Por Município	Curitiba	3	0	0	0	0	8	0	11
	Araucária	6	0	4	0	0	2	5	17
	Colombo	11	*	*	*	*	*	*	11
Total		20	0	4	0	0	10	5	39

* Poluente não monitorado na estação.

No Gráfico 17 podemos verificar as violações ocorridas por mês e qual o poluente que predominou no período. Podemos observar que para cada estação do ano há poluentes distintos que qualificam a qualidade do ar.

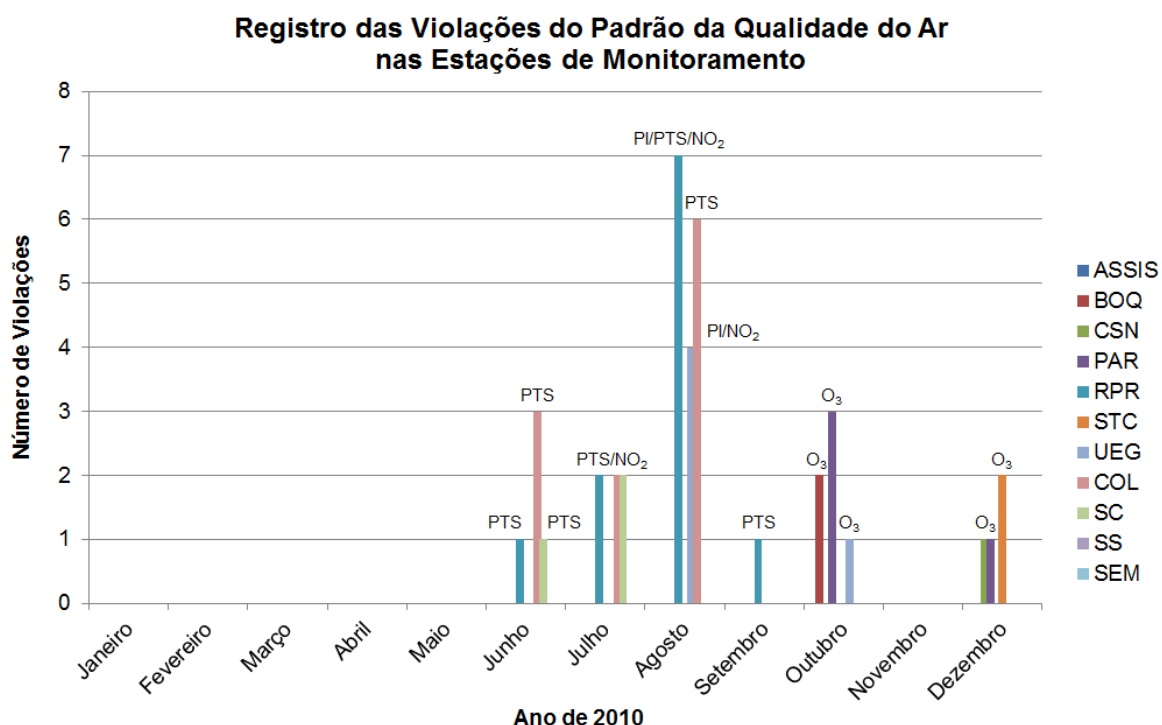


Gráfico 17 – Número de violações ocorridas no ano de 2010

No Gráfico 18, observamos as violações do padrão primário ocorridas nos anos de 2000 a 2010. Pelos dados apresentados não verificamos uma tendência, e sim uma variação ano a ano aumentado e diminuindo. Estas variações não são necessariamente aumento da emissão, podem ser em virtude das condições meteorológicas que variam ano a ano, havendo períodos prolongados sem chuvas, temperaturas mais elevadas em relação ao ano anterior. Todos estes fatores e outros podem tornar a qualidade do ar melhor ou pior, mesmo não havendo aumento das emissões.

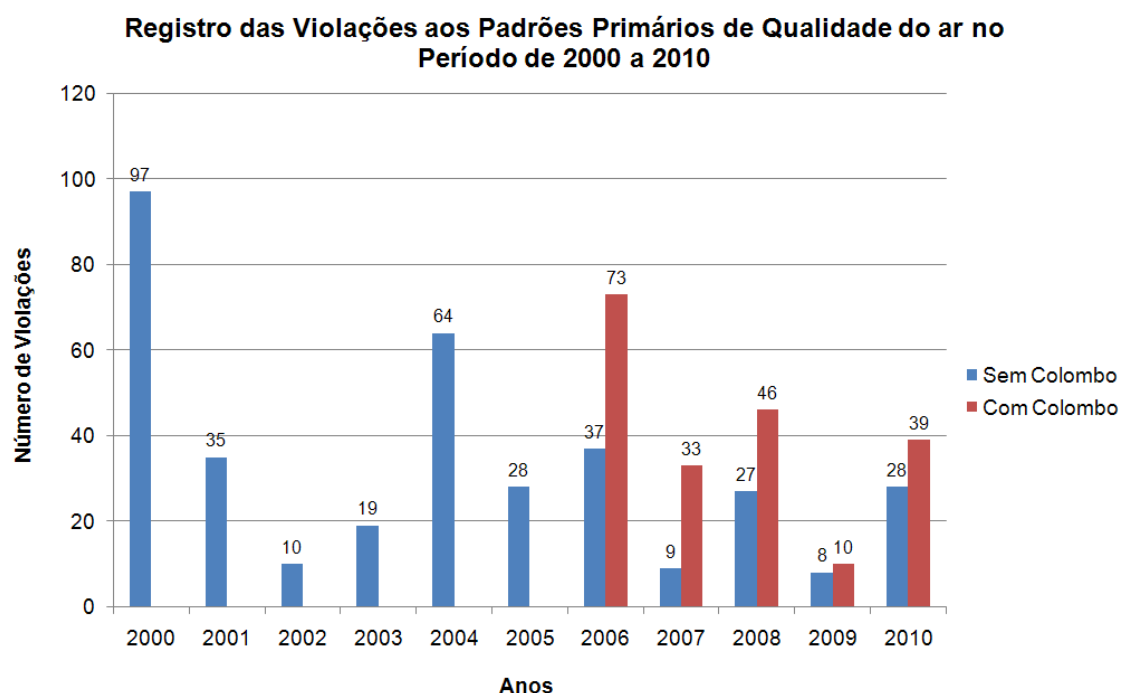


Gráfico 18 - Registro do número de dias das violações do padrão diário no período de 2000 a 2010.

Para verificarmos melhor como se comportou o clima no ano de 2010, o Gráfico 19 apresenta o índice pluviométrico ocorrido nos meses de janeiro a dezembro, indicando o número de dias em que ocorreu precipitação e a altura da mesma. Observamos que nos períodos mais frios, maio a agosto, há os menores volumes de chuva do ano, período que também se verifica o maior número de ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar, principalmente o material particulado, PTS e PI. A ocorrência de precipitação pluviométrica, além de ser um indicador de que a atmosfera está instável, ou seja, com movimento de ar que favorecem a dispersão de poluentes, promove a remoção dos mesmos, pois uma parcela significativa desses poluentes é incorporada à água da chuva. Além disso, o solo úmido evita que haja ressuspensão das partículas para a atmosfera.

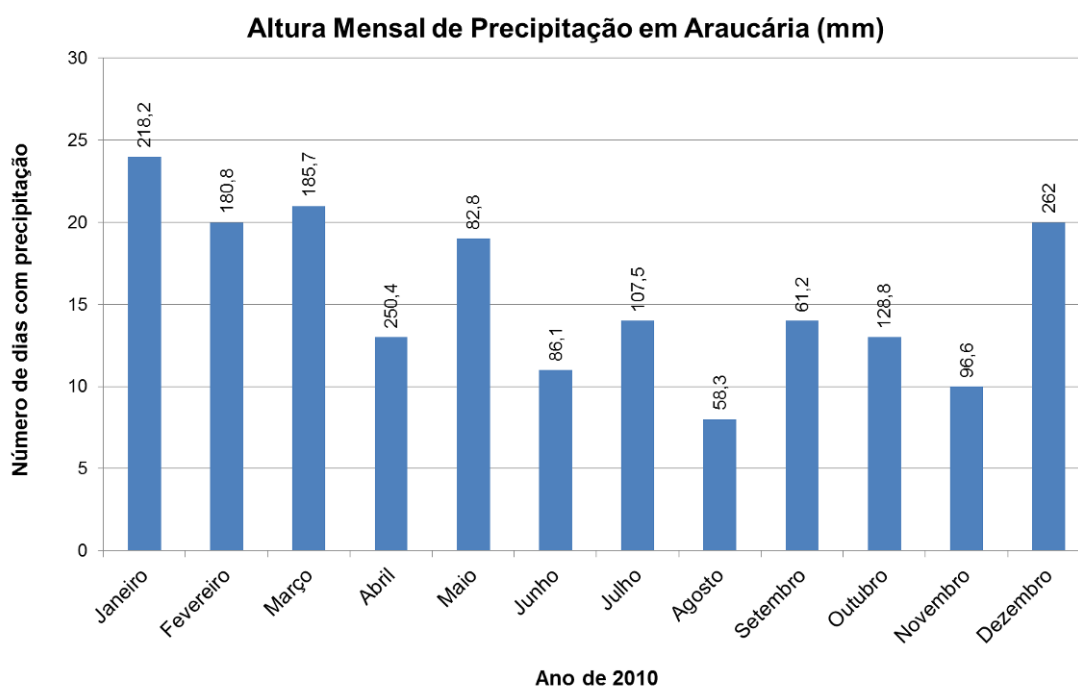


Gráfico 19 - Registro de dias e altura de precipitação (mm) no ano de 2010

4. GESTÃO DA QUALIDADE DO AR

O monitoramento é um elemento central da gestão de qualidade do ar, porém passivo. Para haver uma melhora nas condições do ar que respiramos é necessário, também, a utilização de elementos ativos, como o levantamento das fontes emissoras, controle das fontes móveis, controle das fontes fixas e planejamento das metas e medidas.

4.1. Levantamento das Fontes Emissoras

O levantamento das fontes emissoras é importante porque através dele podemos responder as principais perguntas sobre a gestão da qualidade do ar: Qual é a maior fonte? Onde está localizada? Quais as substâncias emitidas? Qual o potencial para melhorar? Sabemos hoje que as principais fontes

emissoras são as fontes móveis, veículos automotores em geral e as atividades industriais.

O IAP realizou um levantamento preliminar das emissões industriais, trabalho que subsidiou o estabelecimento dos padrões de emissão para uma grande variedade de processos industriais e que constam na Resolução nº 054/06 da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

4.2. Controle das Fontes Móveis

Já contamos no Brasil, há algum tempo, com os critérios e controles para a emissão de poluentes para veículos novos, definidos pela União. É de responsabilidade dos Estados o controle das emissões de veículos em uso. O Plano de Controle de Poluição Veicular do Paraná – PCPVPR, em sua magnitude e importância procurou acatar ao contido na Resolução CONAMA nº 418/2009 em consonância com a Normativa nº 8 do IBAMA. Os ajustes e os objetivos direcionados irão proporcionar melhorias da qualidade de vida da população paranaense, buscando uma preservação na qualidade do ar e a sustentabilidade ambiental.

4.3. Controle das fontes fixas

As fontes industriais devem também ser controladas. A melhor solução para esta tarefa é a participação ativa da indústria.

O monitoramento das emissões muitas vezes é de interesse da indústria, porque além de fornecer informações ambientais, informa sobre o desempenho e a eficiência dos processos.

O auto monitoramento das emissões atmosféricas passou a ser obrigatório no Paraná, a partir da publicação da Lei Estadual 13.806/02 e está regulamentado pela Resolução SEMA nº 054/06. As atividades potencialmente poluidoras terão que atender aos padrões estaduais de emissão e realizar e informar periodicamente ao IAP suas medições.

O procedimento está em plena execução e alimentando um banco de informações sobre as emissões das fontes de poluição, que alimentará o inventário estadual, instrumento indispensável à gestão da qualidade do ar.

O Paraná é o único Estado brasileiro a contar com uma legislação completa para gestão da qualidade do ar, inclusive com padrões de emissão atmosférica para fontes fixas. Esse trabalho pioneiro contribuiu para a Resolução 382 do CONAMA de dezembro de 2006 e esta contribuindo para a Resolução CONAMA para fontes existentes, atualmente em discussão.

4.4. Planejamento de metas e medidas

O Relatório anual de Qualidade do AR é um instrumento onde metas e medidas para melhorar a qualidade do ar são apresentadas e avaliadas. O trabalho de levantamento das fontes emissoras iniciado pelo IAP vai contribuir para o planejamento destas medidas. Uma questão fundamental será como limitar as emissões veiculares. A implantação do Programa de Inspeção e Manutenção de Emissões e Ruídos de Veículos em Uso, seguramente vai contribuir nesta tarefa. Em paralelo, e de forma geral, será necessário pensar como podemos incentivar as formas menos poluentes de transporte, como por exemplo:

- Planejamento urbano com o foco de evitar congestionamentos;
- Incentivar o uso do transporte público;
- Incentivar o uso de combustíveis limpos;

- Incentivar a carona solidária, compartilhando o veículo particular com colegas no caminho para o trabalho ou para a escola;
- Incentivar o uso da bicicleta.

Todos estes itens e outros que possam ser utilizados melhoram a mobilidade urbana, tornando os percursos mais rápidos diminuindo as emissões atmosféricas.

A melhoria da rede de monitoramento da qualidade do ar da RMC e a ampliação da rede para todo o estado também deve ser considerada.

5. CONCLUSÕES

No ano de 2010 a Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar da RMC contou com onze de suas doze estações, sendo oito estações automáticas e quatro manuais. Embora o número de estações se encontre suficiente em relação à Diretiva Européia, é importante que sejam complementadas para a medição da maior parte dos parâmetros indicados na Legislação.

- Curitiba

Considerando os poluentes primários monitorados, poluentes emitidos diretamente pelas fontes emissoras, que são os PTS, Fumaça, PI, SO₂ e CO, foram observados na cidade de Curitiba, no ano de 2010, três violações dos padrões de qualidade do ar estipulado na Resolução CONAMA 03/90. Todas as violações ocorreram na estação Santa casa, SC, e o poluente foi o PTS, sendo que para os outros poluentes não foram observados violações. Já para os poluentes considerados secundários, poluentes formados a partir de reações na atmosfera com os poluentes primários, NO, hidrocarbonetos voláteis e a radiação solar, como o O₃ e NO₂, foram observadas oito violações, todas para o poluente ozônio, observado nas estações, BOQ, PAR e STC, com duas, quatro e duas violações respectivamente. Para o poluente NO₂ não se observou nenhuma violação.

Todas as médias anuais dos poluentes monitorados, primários e secundários, no período atenderam aos padrões estipulados na Resolução 03/90.

- Araucária

Da mesma forma considerando a cidade de Araucária foram observadas 10 violações para os poluentes primários, sendo seis para PTS na estação RPR e quatro violações para o poluente PI, uma na estação RPR, e três na estação UEG. Para os poluentes secundários, O₃ e NO₂, foram observadas sete violações duas violações para o O₃ uma na estação CSN e uma na UEG e

o poluente NO₂ foram observadas cinco violações sendo quatro na estação RPR e uma na estação UEG.

Todas as médias anuais dos poluentes monitorados tanto para os poluentes primários quanto para os secundários atenderam aos padrões estipulados na Resolução CONAMA 03/90.

- Colombo

No caso específico da cidade de Colombo, esta estação foi instalada em 2006, após estudo preliminar que confirmou denúncias feita ao IAP sobre a poluição gerada por material particulado. Após várias ações de controle realizadas nos empreendimentos, inclusive com a interdição temporária das atividades de algumas empresas, a situação ainda exige monitoramento e atenção especial. Esta estação operou no ano de 2010 somente com o equipamento PTS, e apresentou onze violações do padrão para este poluente, sendo sete classificadas como INADEQUADA e quatro como MÁ. No ano de 2009 foram registradas treze violações no período. A média anual apresentou valor de 62,4 µg/m³ em 2010 e 65,1 µg/m³ no ano de 2009, atendendo ao padrão da Resolução do CONAMA 03/09, que é de 80 µg/m³.

- Região Metropolitana de Curitiba - RMC

Considerando toda RMC, a qualidade do ar durante 95% do período monitorado apresentou classificação BOA e 4,8% classificação REGULAR, o que significa que em 99,8% do período permaneceu dentro dos padrões nacionais de qualidade, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03/90. Em apenas 0,2% do período monitorado apresentou classificação como INADEQUADA e MÁ. Entretanto temos que estar alerta, pois os estudos mais recentes da OMS pressionam o país a uma revisão dos padrões atuais para limites mais rigorosos.

Embora a maior parte do tempo a Qualidade do Ar da RMC seja BOA, não podemos deixar de investir no seu controle, onde sempre existe um potencial para melhorar.

6. REFERÊNCIAS

PARANÁ - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Art. 1^o – Definir critérios para o Controle da Qualidade do Ar como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para a proteção da saúde e bem estar da população e melhoria da qualidade de vida. Resolução n. 054 de 22 de dezembro de 2006. 69 p.

COMEC: Página da Internet “O que é a RMC”, junho de 2011

DETRAN-PR, COORDENADORIA E VEÍCULOS; IBGE/IPARDES: ÍNDICE DE MOTORIZAÇÃO NO ESTADO DO PARANÁ - 1998 a 2010.

DETRAN-PR, COORDENADORIA DE VEÍCULOS: FROTA DE VEÍCULOS CADASTRADOS NO ESTADO DO PARANÁ, POR TIPO DE COMBUSTÍVEL, NO ANO DE 2010.

FRONDIZE, C. A. Monitoramento da Qualidade do Ar – Teoria e Prática – Rio de Janeiro 2008.

FEEMA, DETRAN-RJ: Poluição veicular no Estado do Rio de Janeiro, ano 2001
FOLHA DE SÃO PAULO: Crianças perdem capacidade pulmonar; edição 18 de setembro de 2000, página C3.

FOLHA DE SÃO PAULO: Gás agrava doenças respiratórias; edição 01 de abril de 2005, página C1.

GAZETA DO POVO: Artigo do Professor Aurélio Bolsanello: Biodiversidade, questão moral; edição 08 de outubro de 2000, Especial.

GUIMARÃES, Thiago, 2006. Disponível em: www.riosvivos.org.br. Acesso: 14/11/2006

IPARDES: Paraná – Projeções das Populações Municipais por Sexo e Idade 2000 a 2010.

IPPUC: Curitiba digital - Mapa de Arruamento - 2000 IPPUC - Prefeitura de Curitiba.

NOBRE, CARLOS; MARENGO, JOSÉ. O NASCIMENTO DO HOMO PLANETARIS. SÃO PAULO. FOLHA DE SÃO PAULO, 03/02/2007.

PAULO ARTAXO: Poluição do ar: Das questões globais ao meio ambiente urbano. 5. Congresso Internacional de Direito Ambiental, de 4 a 7 de junho 2001 – São Paulo, 191-192.

PENNA MLF, DUCHIADE MP: Contaminación del aire y mortalidad infantil for neumonia. Boletín Oficial Sanidad Panamericana 110, 199-206, 1991.

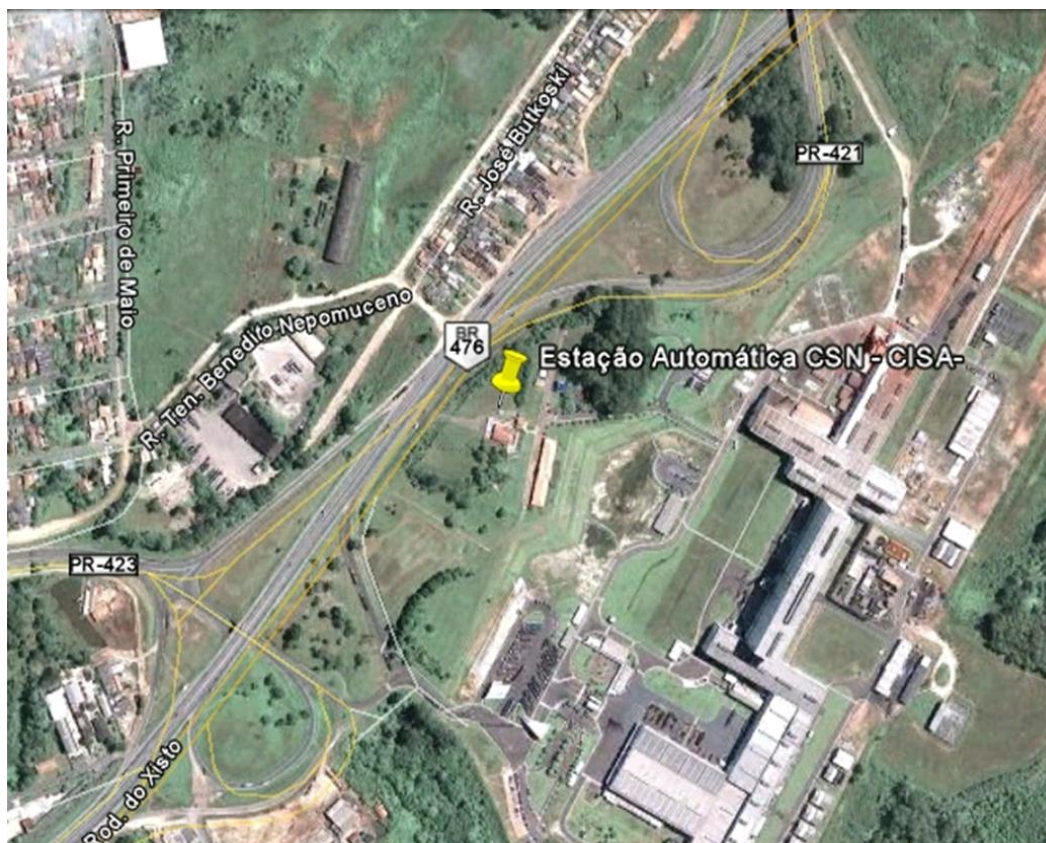
SALDIVA PHN, POPE CA III, SCHWARTZ J, DOCKERY DW, LICHTENFELDS AJ, SALGE JM BARONE Y, BOHM GM: Air pollution and mortality in elderly people: a time series study in São Paulo, Brazil. Archives of Environmental Health 50: 159-164, 1995.

SECRETARIA MUNICIPAL DE URBANISMO DE ARAUCÁRIA: Planta básica de Arruamento, Escala 1/12.500; Base cartográfica – 1998 – Paraná Cidade/COMEC, atualizada em 14/06/2005.

SPIEGEL ONLINE: Studie: Ozon fördert Allergien und Asthma; edição 20 de junho de 2001.

ANEXO 1 – Localização das estações de monitoramento da RMC

Figura 1 - Estação automática Boqueirão (BOQ), Fonte: *Google Earth*. Acesso em: 17 Maio 2011.



Coordenada UTM: 7171032.57 m S; 662466.62 m E.

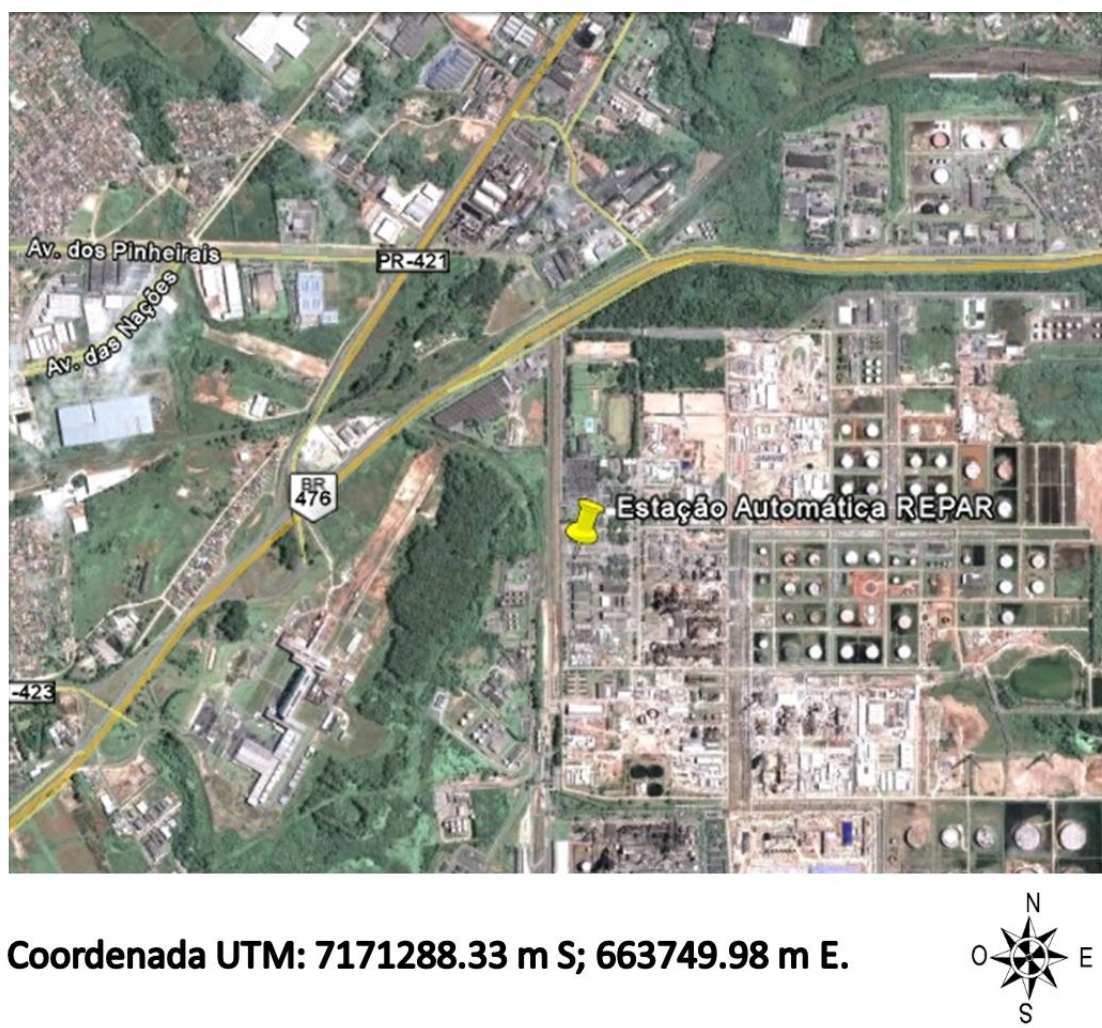


Figura 2 – Estação automática CSN – CISA, Fonte: *Google Earth*. Acesso em: 17 Maio 2011.



Figura 3 – Estação automática Ouvidor Pardino (PAR).

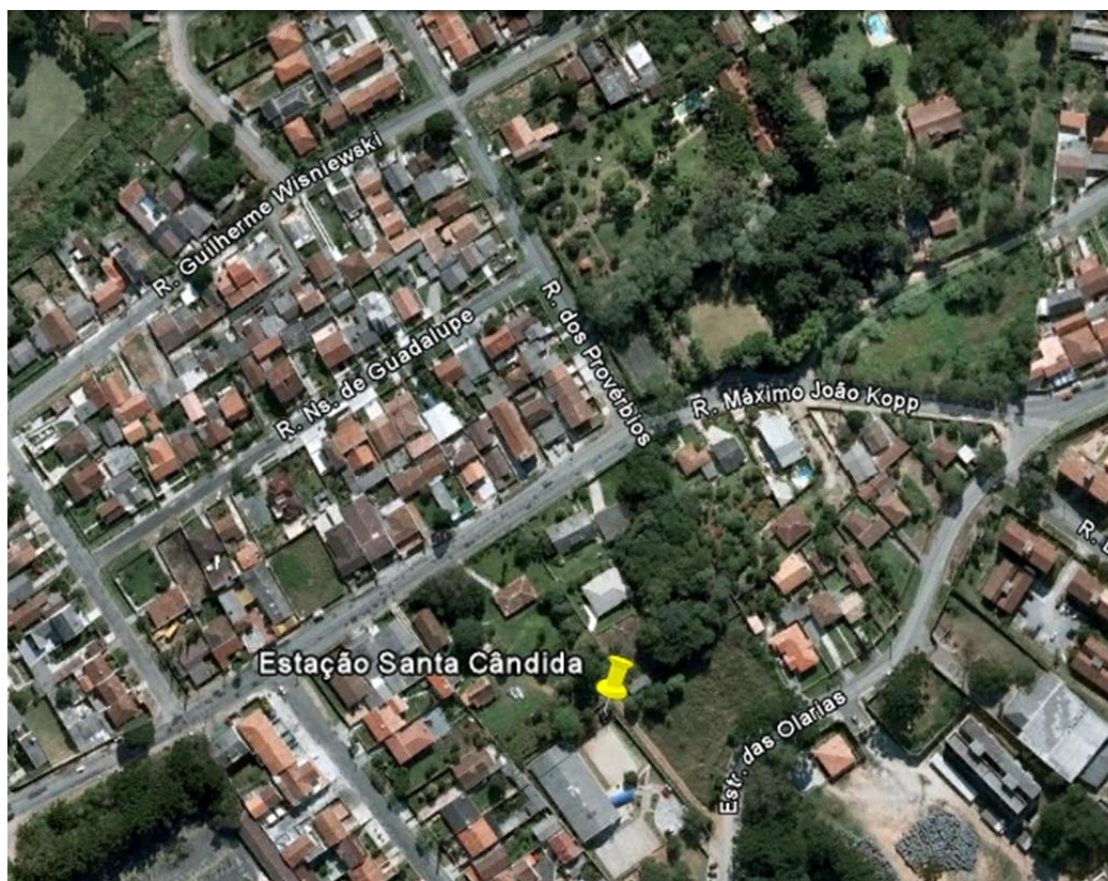
Fonte: *Google Earth*. Acesso em: 17 Maio 2011.



Coordenada UTM: 7171288.33 m S; 663749.98 m E.

Figura 4 – Estação automática REPAR (RPR).

Fonte: Google Earth. Acesso em: 17 Maio 2011.

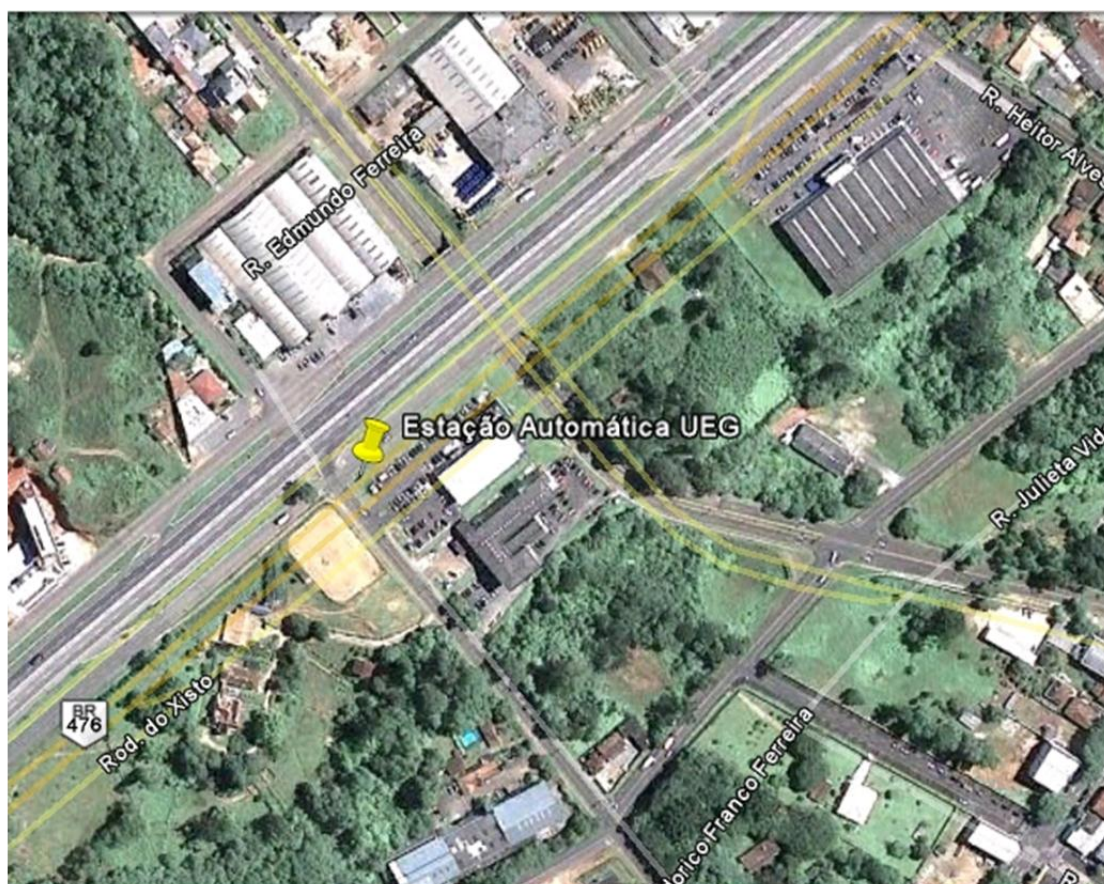


Coordenada UTM: 7192459.19 m S; 679787.19 m E.



Figura 5 – Estação automática Santa Cândida (STC).

Fonte: Google Earth. Acesso em: 17 Maio 2011.



Coordenada UTM: 7168978.09 m S; 660092.79 m E.



Figura 6 – Estação automática UEG.

Fonte: Google Earth. Acesso em: 17 Maio 2011.



Figura 7 – Estação automática Assis (ASS) e manual Assis (ASS man.).

Fonte: *Google Earth*. Acesso em: 17 Maio 2011.

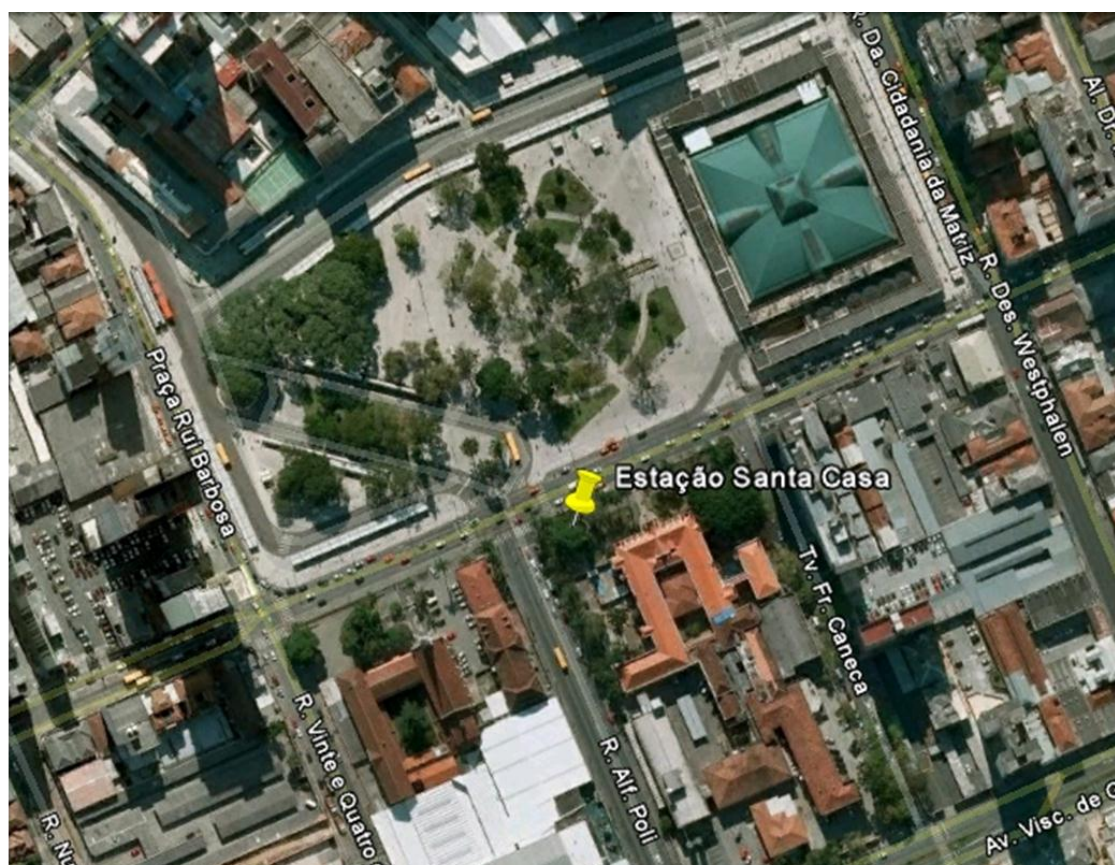


Coordenada UTM: 7201411.43 m S; 678137.53 m E.



Figura 8 – Estação manual Colombo (COL).

Fonte: Google Earth. Acesso em: 17 Maio 2011.



Coordenada UTM: 7185566.47 m S; 673650.52 m E.



Figura 9 – Estação manual Santa Casa (SC).

Fonte: Google Earth. Acesso em: 17 Maio 2011.

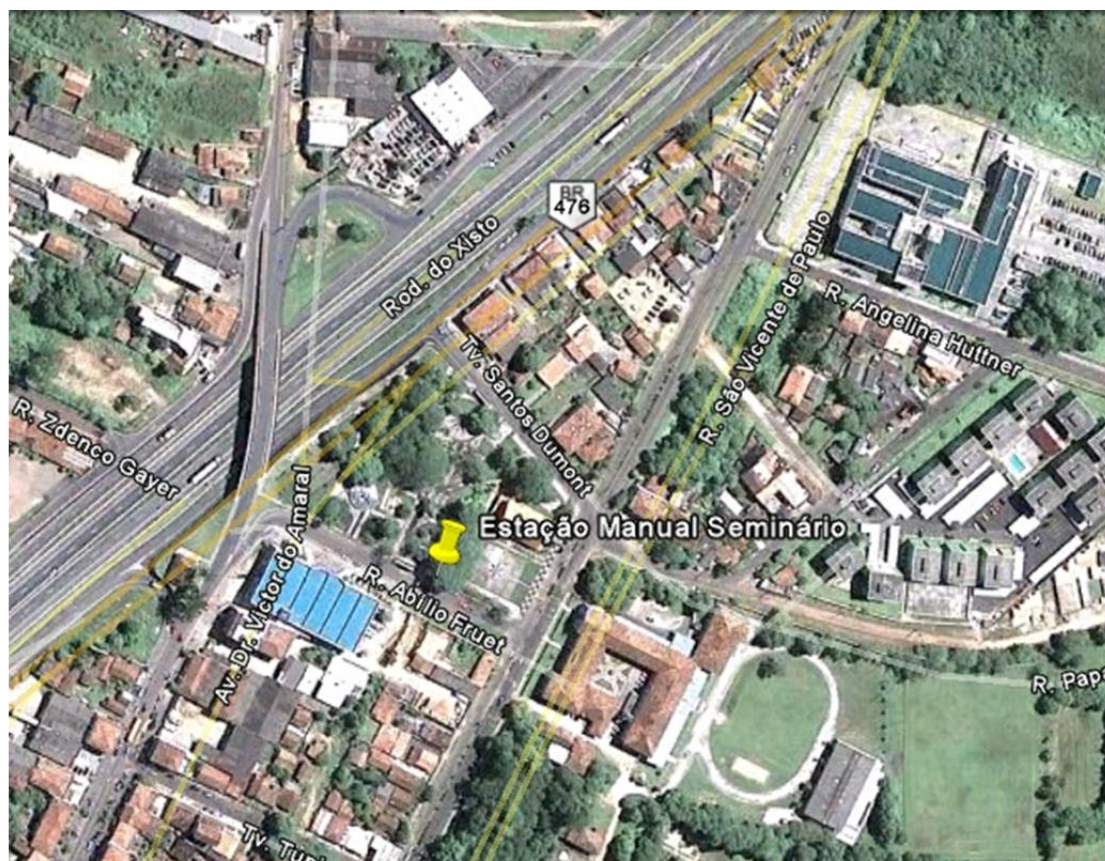


Coordenada UTM: 7169148.25 m S; 662479.63 m E.



Figura 10 – Estação manual São Sebastião (SS).

Fonte: Google Earth. Acesso em: 17 Maio 2011.



Coordenada UTM: 7169748.18 m S; 661180.72 m E.



Figura 11 – Estação manual Seminário (SEM).

Fonte: Google Earth. Acesso em: 17 Maio 2011.

ANEXO 2 – Variação média diária dos poluentes SO₂, NO, NO₂, O₃, CO, PI e PTS

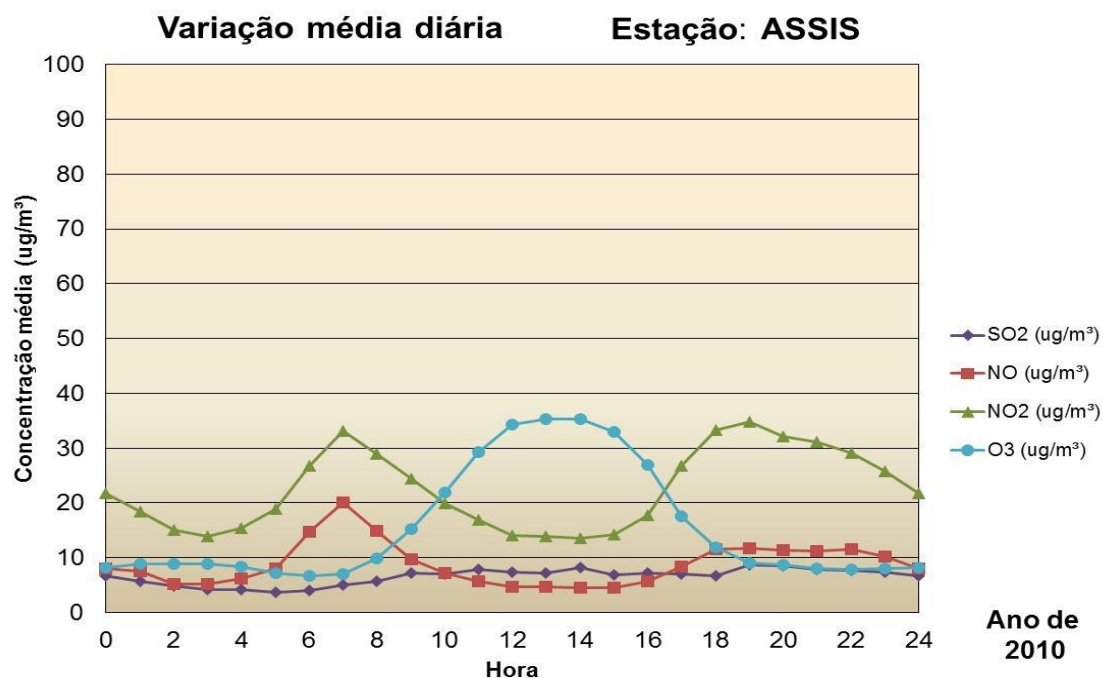


Figura 1 – Estação automática Assis – Araucária.

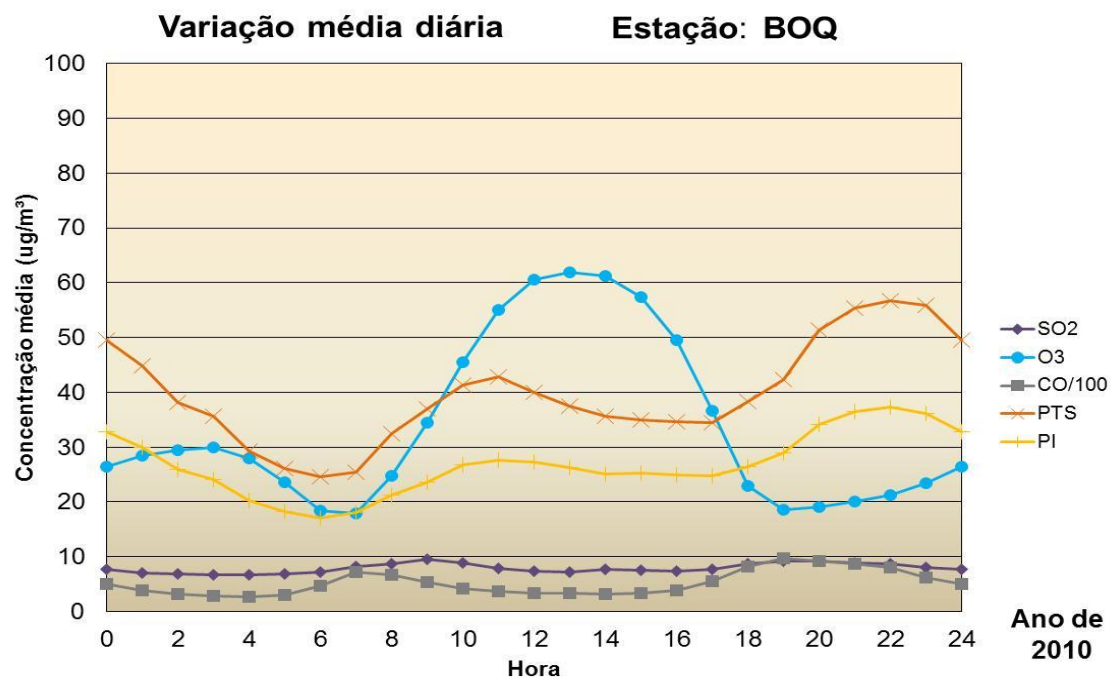


Figura 2 – Estação automática Boqueirão – Curitiba.

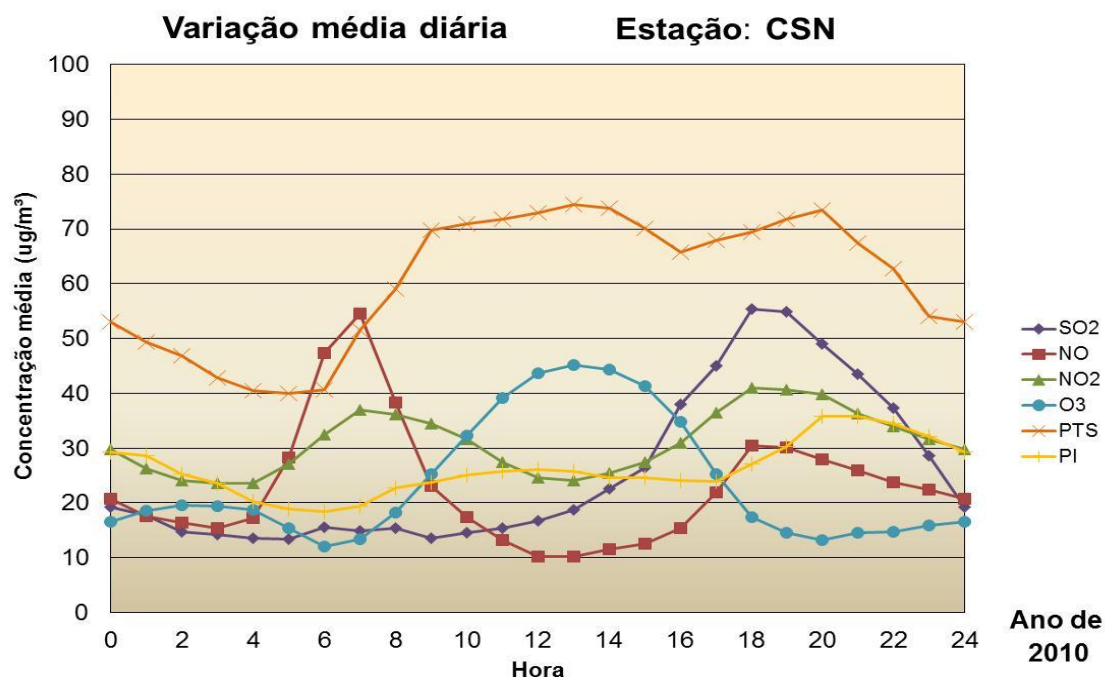


Figura 3 – Estação automática CSN / CISA – Araucária.

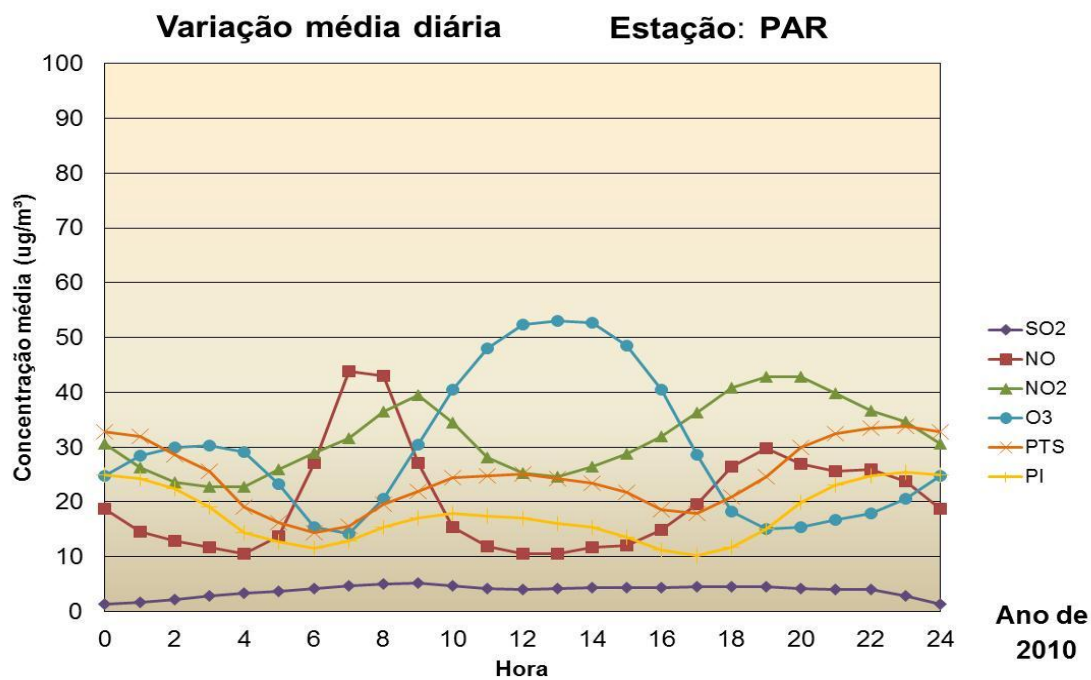


Figura 4 – Estação automática Ouvidor Pardinho – Curitiba.

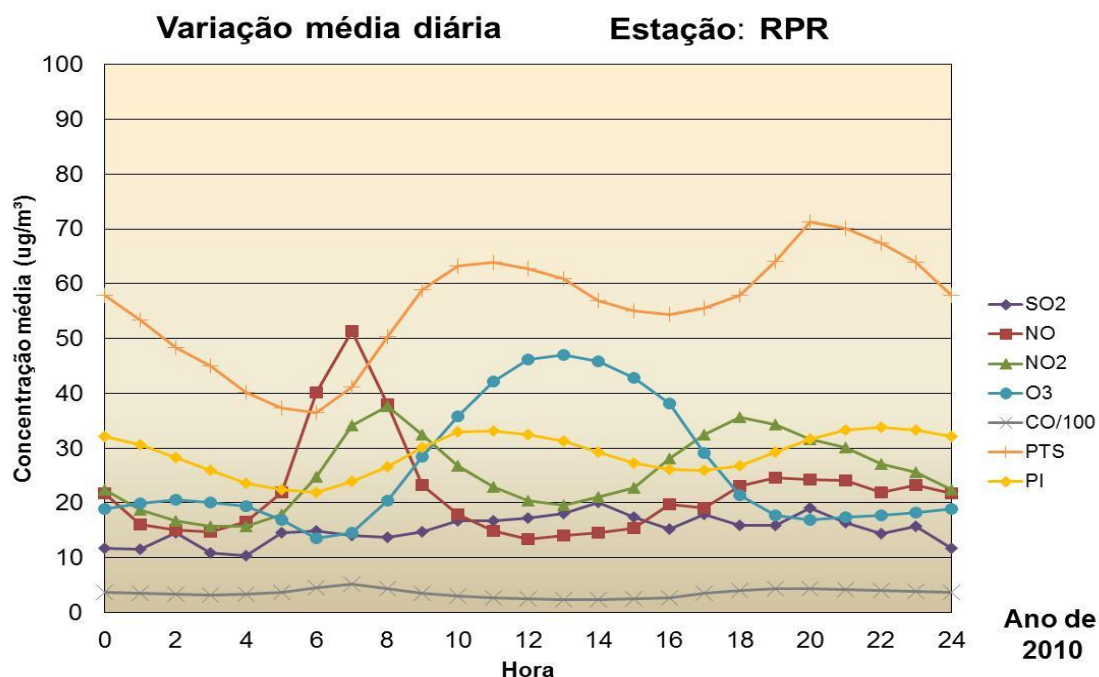


Figura 5 – Estação automática REPAR – Araucária.

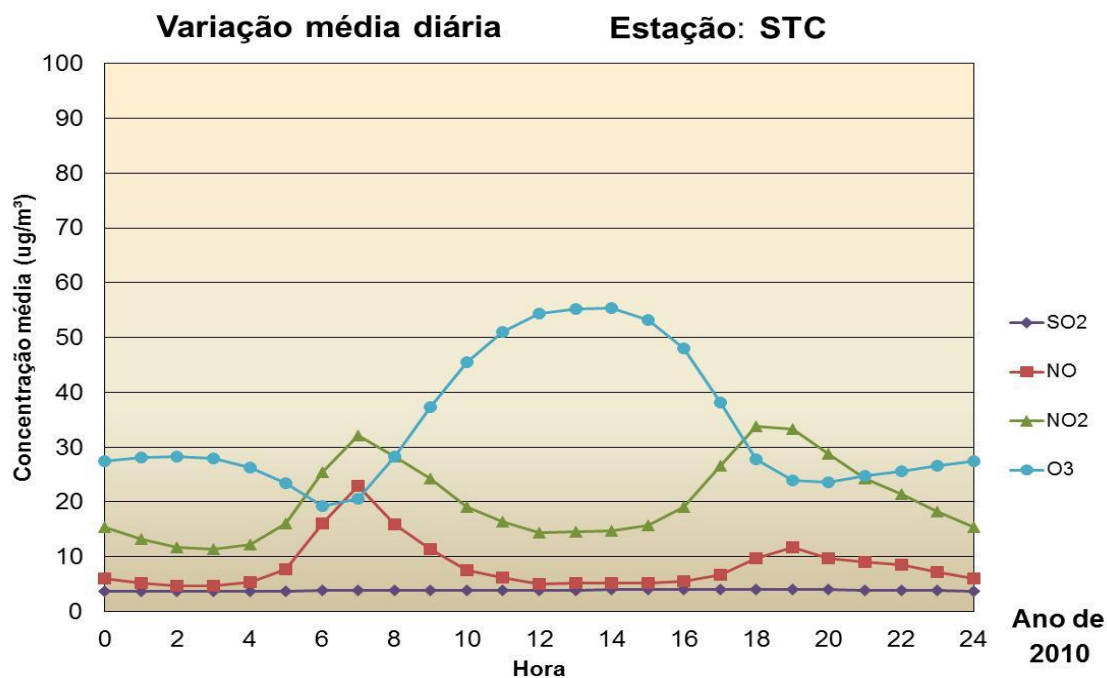


Figura 6 – Estação automática Santa Cândida – Curitiba.

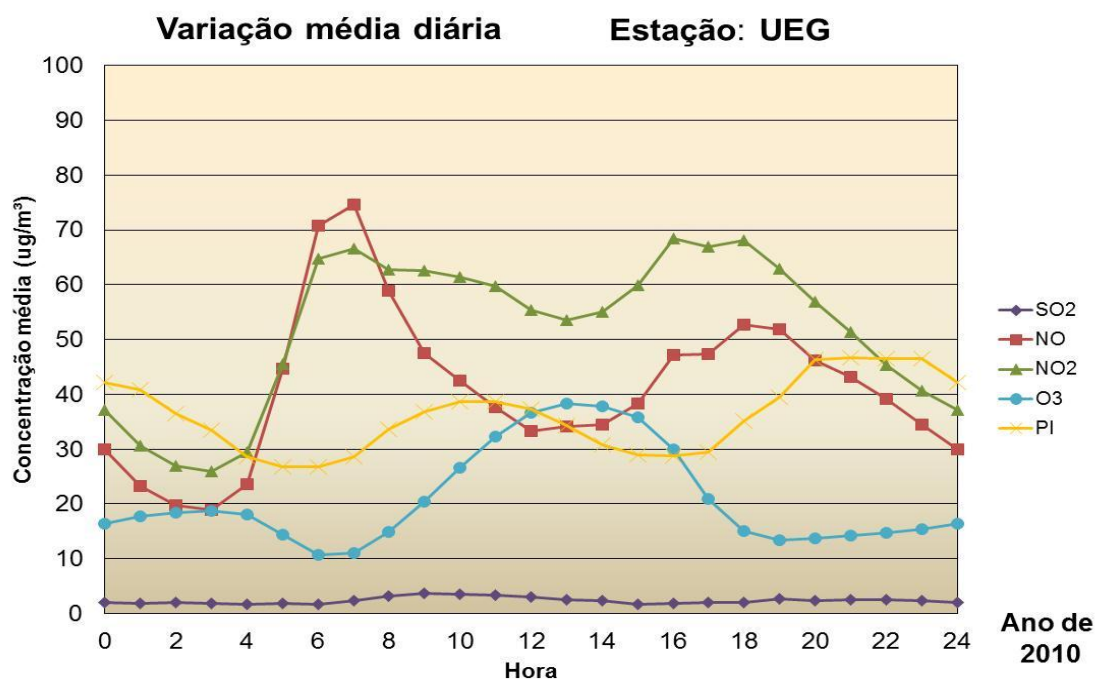


Figura 7 – Estação automática UEG – Araucária.

ANEXO 3 – Concentração média em função da direção do vento.

Estação: Araucária Assis

Concentrações médias, ano de 2010

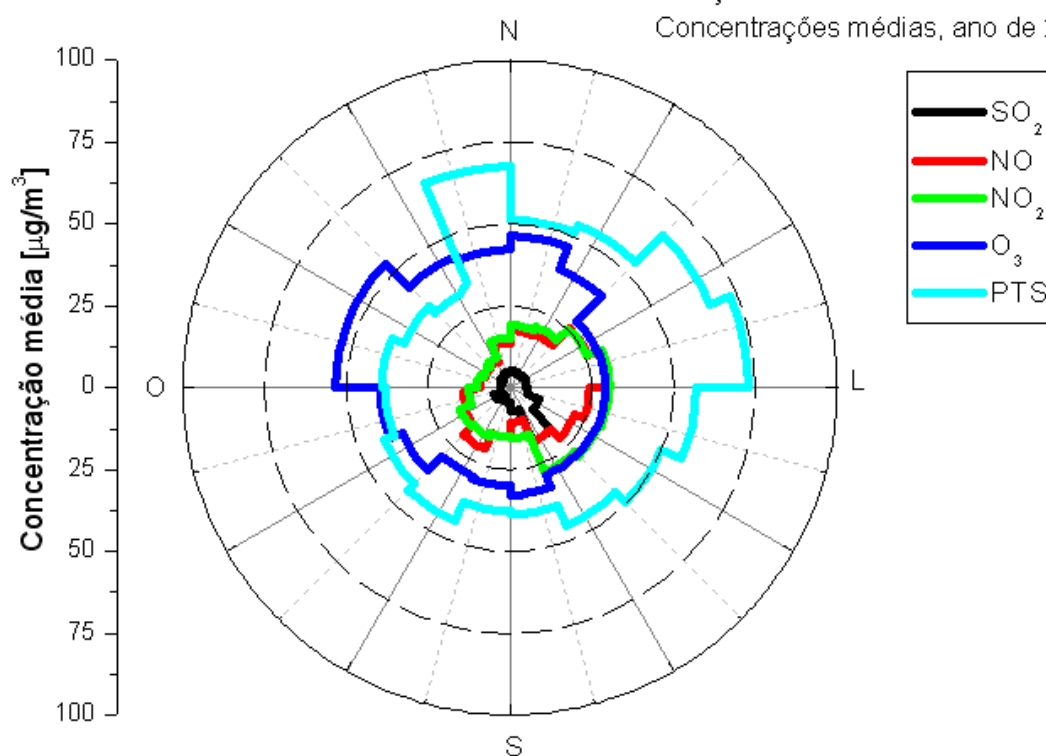


Figura 1 – Estação automática Assis – Araucária.

Estação: Boqueirão

Concentrações médias, ano de 2010

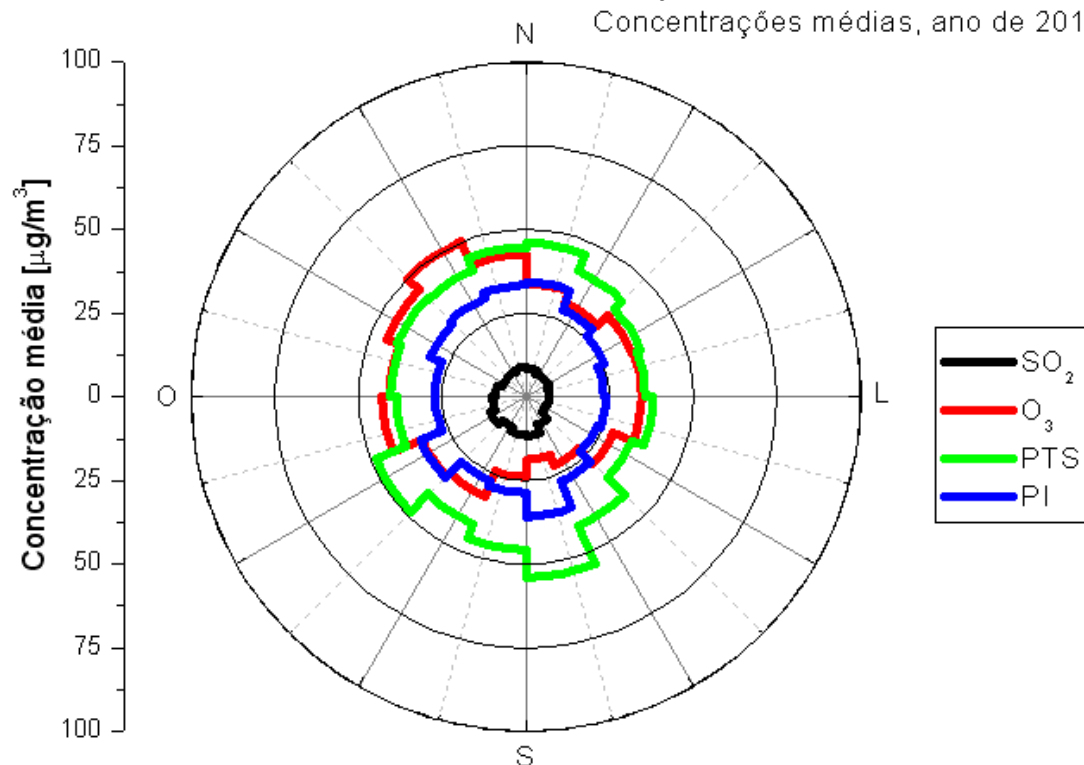


Figura 2 – Estação automática Boqueirão – Curitiba.

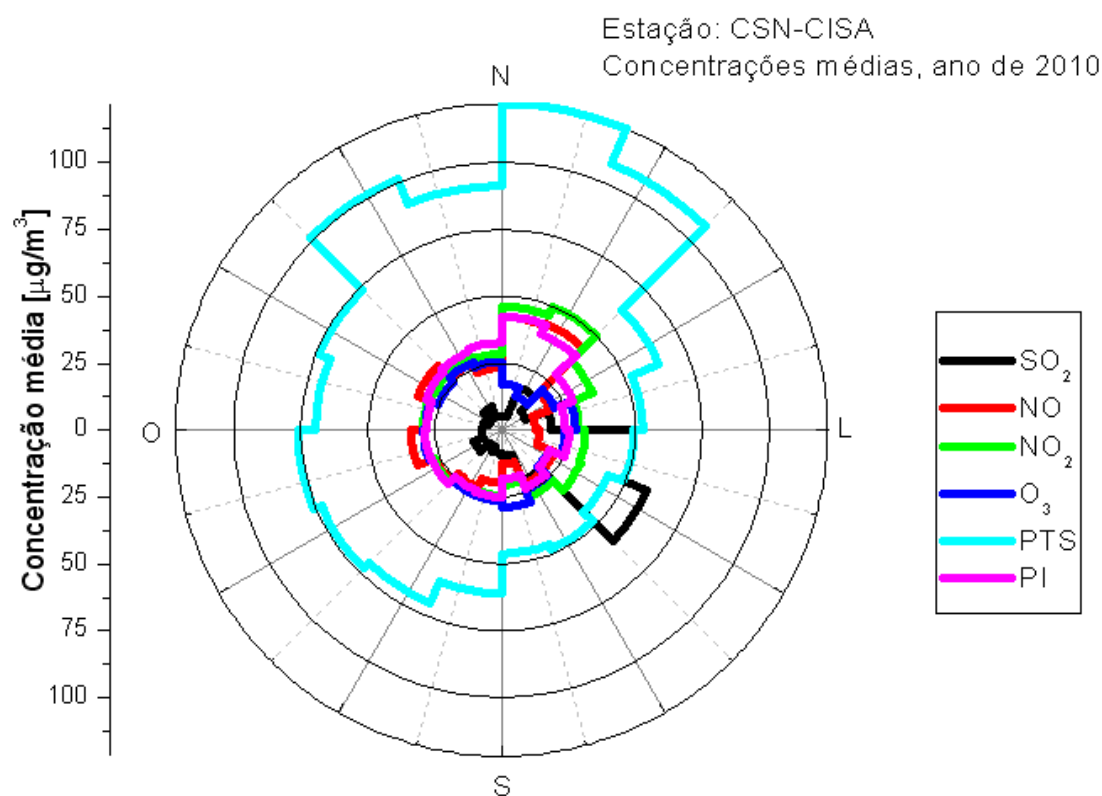


Figura 3 – Estação automática CSN / CISA – Araucária.

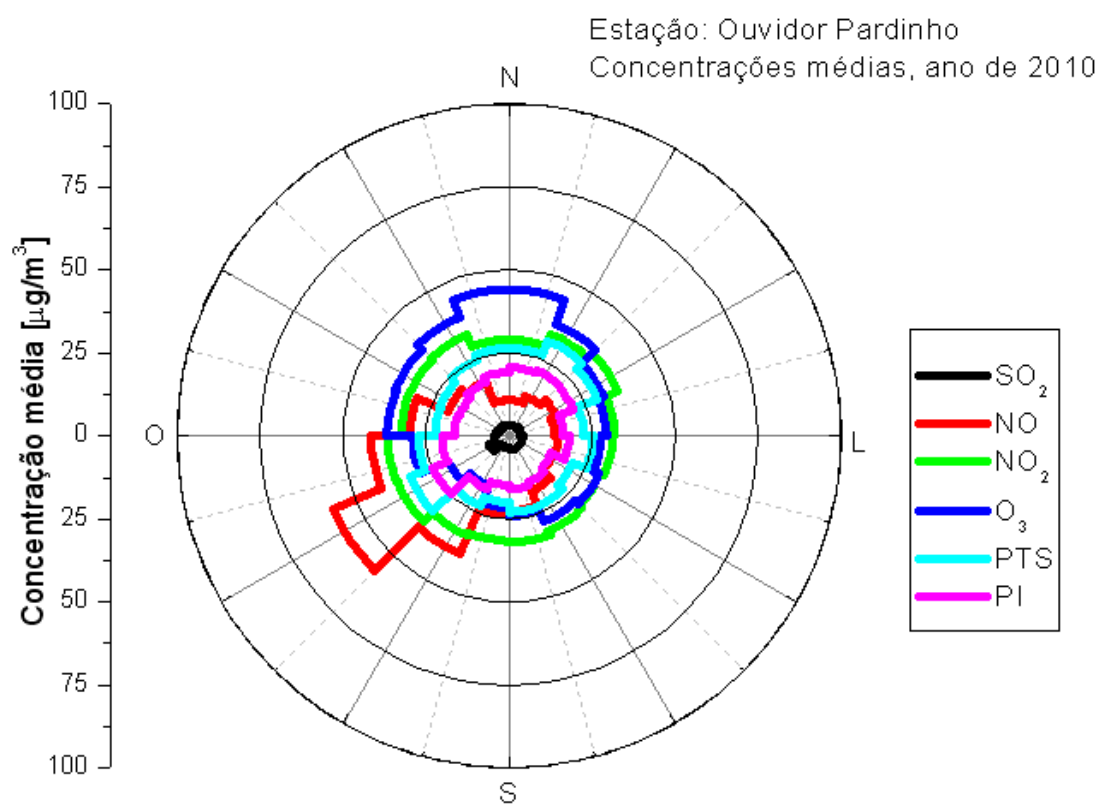


Figura 4 – Estação automática Ouvidor Pardiniho – Curitiba.

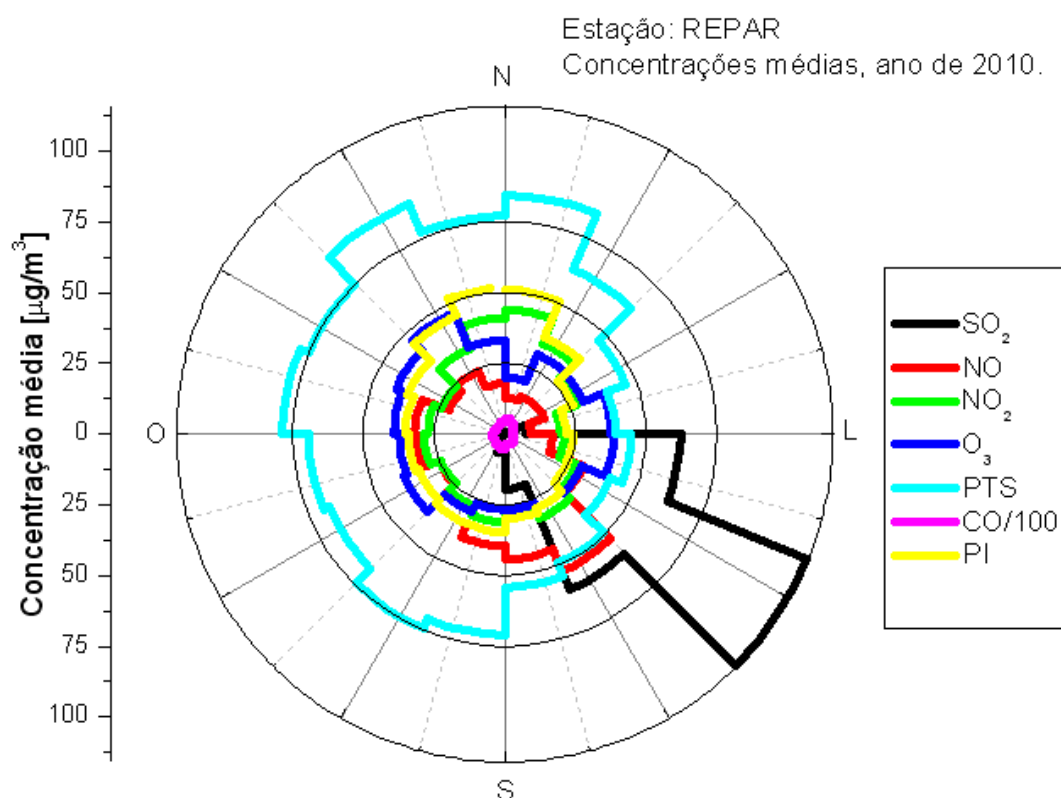


Figura 5 – Estação automática REPAR – Araucária.

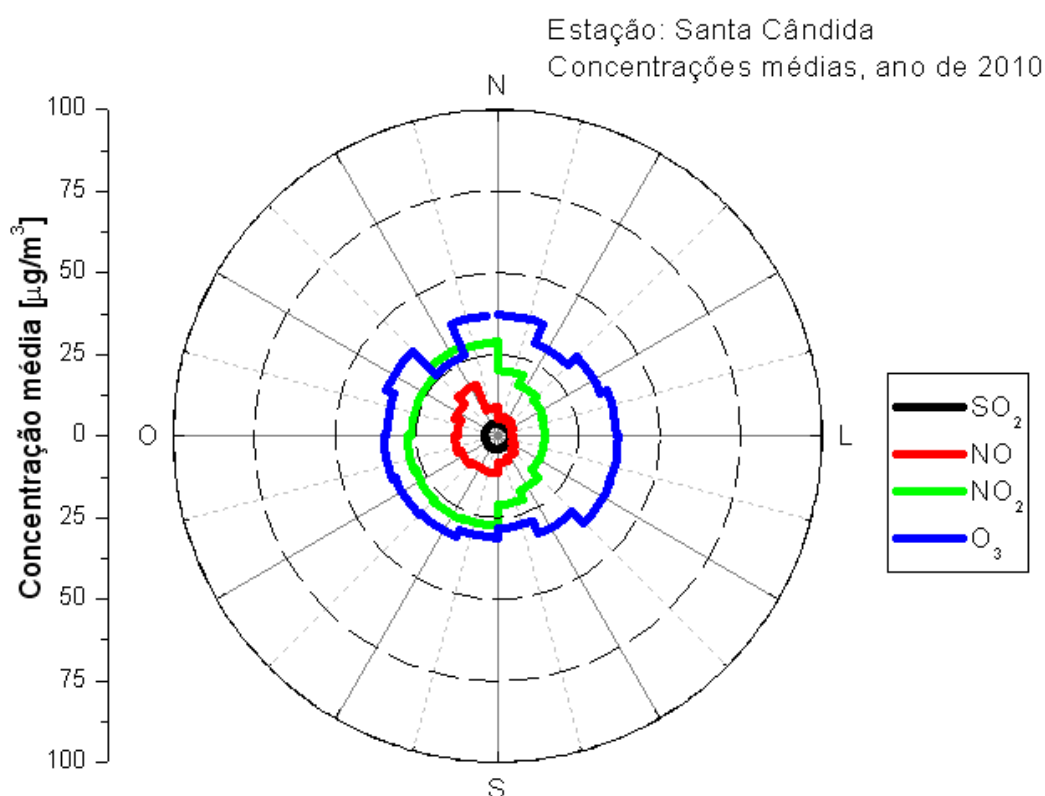


Figura 6 – Estação automática Santa Cândida – Curitiba.

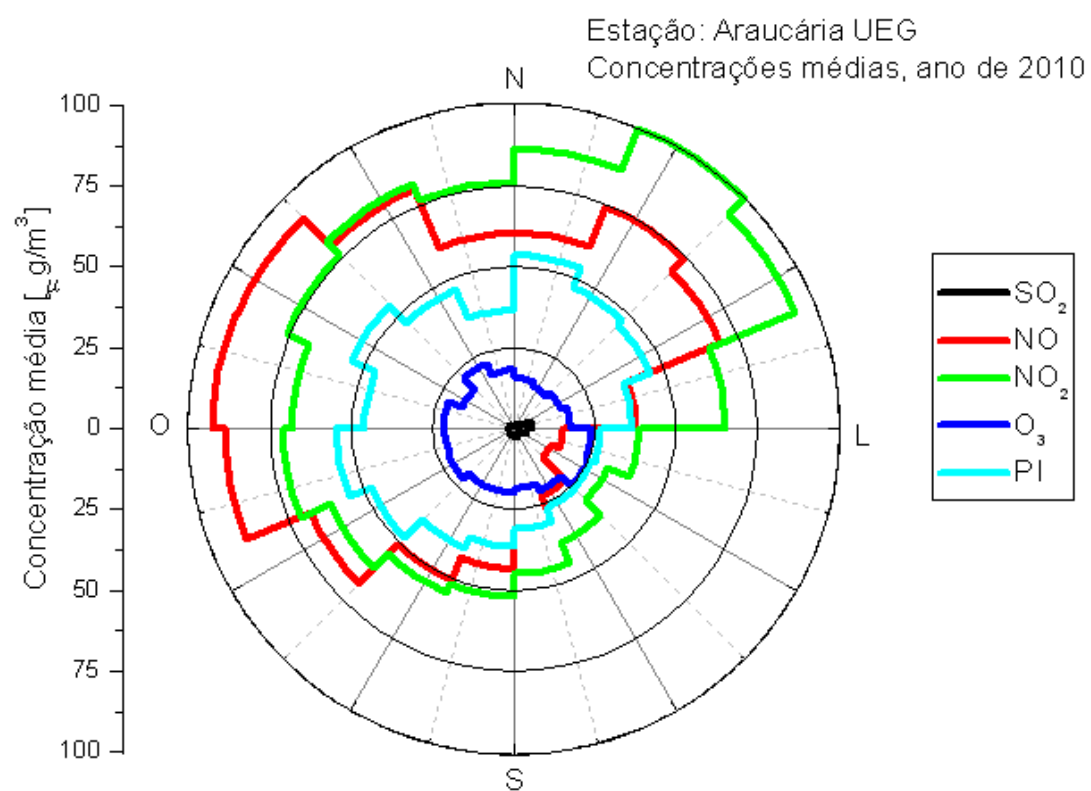


Figura 7 – Estação automática UEG – Araucária.