

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Trabalho de Graduação Individual

ANA CLARA DIAS DE SOUSA

**Evolução histórica da qualidade do ar em Cubatão, SP: o papel da
legislação ambiental**

São Paulo
2018

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

Trabalho de Graduação Individual

ANA CLARA DIAS DE SOUSA

**Evolução histórica da qualidade do ar em Cubatão, SP: o papel da
legislação ambiental**

Trabalho de Graduação Individual apresentado para
conclusão do curso de Bacharelado em Geografia, pelo
Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de São
Paulo – DG – FFLCH-USP.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani

São Paulo
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Sousa, Ana Clara Dias.

Evolução histórica da qualidade do ar em Cubatão, SP:
o papel da legislação ambiental/ Ana Clara Dias de Sousa:
Orientador Emerson Galvani - São Paulo, 2018.

84 f.

Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Universidade
de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências
Humanas, Departamento de Geografia.

1. Poluição Atmosférica. 2. Climatologia Geográfica. 3.
Legislação Ambiental

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a minha mãe, Claudia Maria, por ser a minha companheira e maior incentivadora para que eu buscasse meus sonhos e continuasse os meus estudos, não importasse as dificuldades. Obrigada por ser meu porto seguro.

Agradeço a orientação do prof. Dr. Emerson Galvani, pela paciência enorme, pela disponibilidade e por ser sempre solícito não só a mim, mas a todos os alunos da Graduação. Obrigada pelas aulas, por nos ensinar que a Climatologia não é algo estático e sim extremamente próxima e cotidiana.

Agradeço em especial a um grupo de professores, prof. Dra. Sueli Angelo Furlan, prof. Dra. Glória da Anunciação Alves e prof. Dr. Elvio Rodrigues Martins, que em suas aulas me marcaram trazendo questionamentos, provocações, falas que estabeleceram sentidos para minha formação enquanto geógrafa e professora de geografia.

Gostaria de agradecer ao técnico do LCB, Rogério Rozolen Alves, aquele que não foi diretamente meu professor mas me ensinou, orientou e me ouviu bastante tanto nessa reta final como durante a graduação toda, obrigada por todas as ajudas e por fazer o LCB ser um lugar acolhedor aos alunos.

Agradeço ao projeto de extensão universitária “Semana de Geografia”, desde meu segundo mês dentro da Universidade de São Paulo esse lugar me acolheu, me formou e mostrou que era possível fazer um encontro horizontal entre a escola pública e a universidade, cada projeto, aluno, bairros e distâncias percorridas era a manifestação clara do que aprendia em sala de aula, foi uma troca de experiências únicas e essenciais para minha formação enquanto indivíduo.

Um agradecimento a todos meus amigos que me ajudaram a persistir com a Geografia e São Paulo. Aos conterrâneos do Vale do Paraíba, Vivi, Marinão, Cagol, Gabizinha e Carol. Aos parceiros de CRUSP e perrengues, Jú, Renatinho, Amanda e Maíra; as migas de todas as horas Clareana, Laila, Letícia e Ivys. E aqueles que me auxiliaram e incentivaram muito nessa reta final, Denise, Jackson, Ana Lígia, Larissa e aos invertidos Brunno, Thaís e Igor. No fim, nada é feito sozinho e vocês me ensinam a cada dia que a vida, só acontece na relação com o outro. Obrigada.

LISTA DE SIGLAS

CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
OMS	Organização Mundial da Saúde
WHO	World Health Organization
PQAr	Padrão de Qualidade do Ar
ETP	Evapotranspiração Potencial
ETR	Evapotranspiração Real
kW	Quilowatt
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
DEF	Deficiência hídrica
EXC	Excedente hídrico
ARM	Armazenamento de água no solo
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
DE	Decreto Estadual
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
PROCONVE	Programa de Controle de Emissões Veiculares
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
Mm	Milímetros
PESM	Parque Estadual da Serra do Mar
NIP	Núcleo Itutinga-Pilões
IF	Instituto Florestal
SCU	Sistema Clima Urbano
SO₂	Dióxido de enxofre
MP₁₀	Partículas inaláveis
MP_{2,5}	Partículas inaláveis finas
CO	Monóxido de carbono
O₃	Ozônio
NO₂	Dióxido de nitrogênio
NO_x	Óxidos de nitrogênio
PTS	Partículas Totais em Suspensão
µm	Micrômetro (1 x 10 ⁻⁶ metros)
MI	Metas Intermediárias
PF	Padrão Final
MMA	Média Aritmética Anual
MGA	Média Geométrica Anual
Pb	Chumbo
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
PRONAR	Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar
PQAr	Padrão de Qualidade do Ar

RESUMO

SOUSA, A. C. D. **Evolução histórica da qualidade do ar em Cubatão, SP: o papel da legislação ambiental.** 2018. 84 f. Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Cubatão, na Baixada Santista, São Paulo, ficou conhecida como "Vale da Morte" na década de 1970 pelos altos níveis de poluição atmosférica. O objetivo deste trabalho é avaliar a evolução histórica da qualidade do ar em Cubatão e a influência das legislações ambientais instituídas no período de 1981 a 2017. Para isso foram analisadas as concentrações anuais e mensais dos poluentes atmosféricos: dióxido de enxofre, partículas totais em suspensão, partículas inaláveis, ozônio e dióxido de nitrogênio, usados como padrões de qualidade do ar no período citado. Também foram consideradas quantas vezes esses padrões foram ultrapassados ao longo dos anos. Os dados foram extraídos das estações de medições Vila Parisi, Centro, Vale do Mogi na Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). A melhora na qualidade do ar pode constatar-se comparando os períodos de 1981 a 1997 com 1998 a 2017, as concentrações anuais dos poluentes diminuíram consideravelmente e o mesmo pode ser observado para os números de ultrapassagens que, à exceção dos materiais particulados, estão em tendência progressiva de quedas anuais. A partir de 1990, pelo cumprimento da legislação estadual e dos planos de controle da poluição industrial, a CETESB declarou que a poluição atmosférica em Cubatão estava sob controle. Mas essa visão de “problema controlado” é muito perigosa quando se tem conhecimento que mesmo em níveis mínimos as emissões de substâncias à atmosfera são danosas à vida humana.

Palavras-chave: poluição atmosférica; climatologia geográfica; legislação ambiental.

ABSTRACT

SOUSA, A. C. D. **Historical evolution of air quality in Cubatão, SP: the role of environmental legislation**. 2018. 84 f. Individual Graduation Work (TGI) - Faculty of Philosophy, Letters and Human Sciences, University of São Paulo, São Paulo, 2018.

Cubatão, in Baixada Santista, São Paulo, was known as the "Death Valley" in the 1970s due to the high levels of atmospheric pollution. The purpose of this work is to evaluate the historical evolution of air quality in Cubatão and the influence of the environmental legislations established between 1981 and 2017 in it. For this, the annual and monthly concentrations of air pollutants were analyzed: sulfur dioxide, total suspended particles, inhalable particles, ozone and nitrogen dioxide, which are used as air quality standards in the mentioned period. Also, it was regarded how many times these standards were exceeded over the years. The data were extracted from the measurement stations Vila Parisi, Centro, Vale do Mogi at Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). The improvement in air quality can be observed while comparing the periods from 1981 to 1997 with 1998 to 2017: the annual concentrations of pollutants have decreased considerably and the same can be observed on the numbers of exceedances which, with the exception of particulate matter, are in a progressive tendency of annual drops. Since 1990, by complying with state legislation and plans to control industrial pollution, CETESB declared that the air pollution in Cubatão was under control. But this notion of "managed problem" is very dangerous when it is known that even at minimum levels the emissions of substances into the atmosphere are harmful to human life.

Keywords: atmospheric pollution; geographical climatology; environmental legislation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização do município de Cubatão, SP, Brasil. Org: Ana Clara Dias.

Figura 2 – Balanço Hídrico Normal Mensal do município de Cubatão, SP. Fonte: BHBRASIL - Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras.

Figura 3 – Extrato do Balanço Hídrico Mensal no município de Cubatão, SP. Fonte: BHBRASIL - Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras.

Figura 4 – Fluxo de vento observado na área de Cubatão no período noturno (esfriamento) sob condições de alta pressão (anticiclone). Fonte: CETESB, 1986, p. 23

Figura 5 – Fluxo de vento observado na área de Cubatão no período diurno (aquecimento) sob condições de alta pressão (anticiclone). Fonte: CETESB, 1986, p. 24

Figura 6 – Configuração da rede automática e manual das estações de medições em Cubatão, SP. Fonte: CETESB, 1986; CETESB, 2018.

Figura 7 – Localização da estação Cubatão – Centro em setembro de 2009 e maio de 2007. Fonte: Cetesb e Google Earth.

Figura 8 – Mapa de localização das estações de amostragem da CETESB em Cubatão, SP. Org: Ana Clara Dias.

Figura 9 – Localização da estação Cubatão – Centro em setembro de 2009 e maio de 2007. Fonte: CETESB (site) e Google Earth.

Figura 10 – Localização da estação Cubatão – Vila Parisi e Vale do Mogi em setembro de 2009. Fonte: CETESB (site).

Figura 11 – Concentrações anuais dos poluentes do Padrões de Qualidade do Ar (PQAr) de 1981 a 1997 em Cubatão, SP.

Figura 12 – Número de ultrapassagens do PQAR Diário de 1981 a 1997

Figura 13 – Concentrações anuais dos poluentes do PQAr de PTS e MP10 entre 1998 e 2017 em Cubatão, SP.

Figura 14 – Concentrações anuais dos poluentes do PQAr de SO₂ entre 1998 e 2017 em Cubatão, SP.

Figura 15 – Concentrações anuais dos PQAr de NO₂, O₃ entre 1998 e 2017 em Cubatão, SP.

Figura 16 – Número de ultrapassagens do PQAr Anual para MP10 e PTS entre 1998 e 2017.

Figura 17 – Número de ultrapassagens do PQAr Anual para para SO₂ entre 1998 e 2017.

Figura 18 – Número de ultrapassagens do PQAr Anual para para O₃ entre 1998 e 2017.

Figura 19 – Dias desfavoráveis a dispersão entre os meses de 1981 e 2017.

Figura 20 – Concentração mensal de MP₁₀ entre 1998 e 2017 em Cubatão, SP.

Figura 21 – Concentração mensal de SO₂ entre 1999 e 2017 em Cubatão, SP.

Figura 22 – Concentração mensal de NO₂ entre 1999 e 2017 em Cubatão, SP.

Figura 23 – Concentração mensal de O₃ na Estação Centro entre 1999 e 2017 em Cubatão, SP.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação química de poluentes atmosféricos

Tabela 2 – Fontes de emissões atmosféricas e poluentes associados

Tabela 3 – Índice de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo. Fonte: CETESB, 2013

Tabela 4 – Série histórica para dados de concentrações anuais

Tabela 5 – Série histórica para dados de ultrapassagens diárias e anuais

Tabela 6 – Padrão de Qualidade do Ar – Decreto Estadual N° 8.468/76 (Lei N° 997/76)

Tabela 7 – Padrão Nacional de Qualidade do Ar – Resolução CONAMA N° 03/1990

Tabela 8 – Padrões de qualidade do ar estabelecidos no DE N° 59113/13

Tabela 9 – Comparação entre os padrões de qualidade estipulados na Resolução CONAMA (1990), OMS (2005) e DE N° 59113 (2013).

Tabela 10 – Comparação dos padrões de qualidade do ar entre Resolução CONAMA N°03 e Decreto Estadual N°59113/2013

Tabela 11 – Padrão de emissões para processos industriais de Cubatão

Tabela 12 – Fontes industriais inventariadas em Cubatão, SP em 1985

Tabela 13 – Níveis para episódios agudos de poluição – DE N° 8.468/1976

Tabela 14 – Número de episódios agudos de poluição entre 1984 e 1997

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	12
1.1. Poluição atmosférica	13
1.2. Controles de episódios agudos de poluição e os padrões de qualidade do ar	15
1.3. Efeito da poluição atmosférica sobre a saúde humana	18
1.4. Objetivo da pesquisa	19
2. ÁREA DE ESTUDO	19
2.1. Localização e breve histórico de ocupação	19
2.2. Geomorfologia e pedologia	24
2.3. Climatologia	25
2.4. Vegetação	29
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	32
3.1. Climatologia Urbana, Poluição Atmosférica e Cubatão	32
3.2. Efeitos da poluição atmosférica na saúde	36
3.2.1. Material Particulado: partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (MP ₁₀) e partículas inaláveis finas (MP _{2,5})	38
3.2.2. Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	39
3.2.3. Ozônio (O ₃)	39
3.2.4. Dióxido de enxofre (SO ₂)	40
3.2.5. Monóxido de carbono (CO)	40
4. MATERIAIS E MÉTODOS	40
4.1. Caracterização da fonte de dados	41
4.2. Padrões de Qualidade do Ar	46
4.3. Métodos de amostragem	47
4.3.1. Amostrador de Grandes Volumes (Hi-Vol)	47
4.3.2. Pararosanilina	47
4.3.3. Quimiluminescência	48
4.3.4. Separação Inercial/Filtração	48
4.3.5. Infravermelho não dispersivo	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.1. Antecedentes legislativos	49
5.2. Planos de controle de poluição atmosférica	60
5.3. Análise da poluição atmosférica de 1981 a 1997	63
5.4. Análise da poluição atmosférica de 1998 a 2013	66
5.4. Variabilidade sazonal dos poluentes	71
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A humanidade é histórica, e por que não dizer, geográfica? Somos o que somos, porque além de inúmeros fatores, somos *onde* estamos. Em primeiro momento, o ser humano buscou apropriar-se da natureza em nome da sobrevivência e na ação efetiva de apropriar, pensou esse ato. Deram-se nomes a lugares que se habitavam, aos frutos que colhiam, aos animais que domesticavam, escolheu o lugar de dormir, o de caçar e o de reproduzir, e o faziam pela proximidade da mata, do rio, do abrigo.

Esses conjuntos de “ondas” deram condições para estabelecer ordens tópicos como elementos de apropriação, é o início da Geografia. Mas apenas a ordem tópica não foi suficiente para se dar em Geografia constituída, o mundo apropriado precisou assumir localizações, distribuições, distâncias, densidades e escalas, para dar sentido a organização social e espacial do homem (MARTINS, 2007).

A Geografia, portanto, é um dado constitutivo da realidade e por assim ser, pode ser colocada como uma categoria de existência, uma vez que as coisas são que o são e estão onde estão, porque existem em uma relação de tempo e espaço. Nela encontrou as tentativas de respostas para perguntas como “o *quê?*” e “*onde está?*” um fenômeno, assim como transcender a aparência do empírico, investigando o “*porquê está onde está?*”, “*porque aqui e não outro lugar?*” Nas respostas a essas perguntas é que estão as tramas específicas da relação da natureza e sociedade que se constrói.

A Ciência Geográfica buscou na análise integrada dos seus diversos elementos componentes, colocar que as relações entre sociedade e natureza não são apenas seu objeto de estudo principal, mas também sua vantagem metodológica, pois mais importante que as tramas específicas de cada fragmento da Geografia, é o resultado das interações entre elas (MARTINS, 2007).

A transformação de sociedades primitivas às sociedades urbano-industriais atuais fez com que o olhar da Ciência Geográfica se tenha focado nos processos que alteraram as paisagens existentes e sua ordem espacial.

Os estudos dos fenômenos atmosféricos são compartilhados entre a Climatologia e a Meteorologia, ambas estão em várias interfaces da Ciência Moderna. Mas é na Geografia, principalmente a Climatologia, que encontra uma produção de conhecimento potencialmente interdisciplinar e integrada com as Ciências Naturais e Sociais. Uma definição muito difundida de Climatologia é a de Julius Hann, que a conceitua como o estudo dos fenômenos meteorológicos que definem o estado médio da atmosfera em um ponto da superfície da Terra. Uma visão contestada por autores como Max Sorre, Pierre Pédélaborde e Carlos Augusto F. Monteiro, porque segundo eles, essa conceituação apresenta uma ideia muito estática e superficial das dinâmicas atmosféricas, omitindo o desenvolvimento dos fenômenos em um dado espaço e sucessão de tempos. Pédélaborde, rompe com a ideia de estados médios da atmosfera ao propor o clima como um estudo das características atmosféricas em contato com a superfície terrestre e distribuição espacial e Sorre vai além ao dizer que o clima é uma série de estados atmosféricos sobre um lugar em sua sucessão habitual. O autor traz um dinamismo e ritmo, ao conceito de clima (UGEDA; AMORIM, 2016).

Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, geógrafo brasileiro que na década de 60, ao analisar as concepções de Sorre e Pédélaborde, absorve essas contribuições à circulação e dinâmica atmosférica na América do Sul. Ele também buscou em seus estudos, discussões e novas perspectivas para estudar o clima nas cidades, fazendo surgir uma nova metodologia para isso: o sistema clima urbano. O trabalho de Monteiro propiciou o nascimento de uma Climatologia verdadeiramente geográfica, ao incorporar o papel dinâmico da atmosfera no entendimento das relações entre natureza e sociedade, analisando como as variações temporais e espaciais dos fenômenos atmosféricos se reproduzem no espaço urbano (CONTI, 2006).

1.1. Poluição atmosférica

A atmosfera é um dos elementos mais degradados pelas alterações das atividades humanas. As transformações das cidades na Era Industrial mudaram não somente suas paisagens e a relação do homem com a produção econômico-social, alterou também a composição química da atmosfera presente.

A poluição atmosférica é um tema pertinente a Climatologia Geográfica no espaço urbano, pois ela é produto atmosférico das dinâmicas que caracterizam as cidades urbano-industriais, e expressa justamente as alterações nas relações sociedade e natureza que a Primeira Revolução Industrial no século XVIII desencadeou. A Geografia pode contribuir não apenas por ser uma ciência interdisciplinar às áreas que envolvem a poluição atmosférica, mas por ser uma ciência que se coloca em discussão o espaço transformado pela ação destas áreas.

Considera-se poluição atmosférica qualquer condição atmosférica em que certas substâncias alcancem concentrações suficientemente elevadas que seu nível ambiental normal e produzam efeitos nocivos aos homens, animais, vegetação e materiais. Por substâncias, entende-se como qualquer elemento químico natural ou artificial capaz de ser arrastado pelo ar (SEINFELD, 1978).

As fontes de poluição atmosféricas podem ser fixas (processo industrial, usinas termoeletricas) ou móveis (combustão de veículos automotores). Os controles das fontes emissoras estão diretamente associados aos aparatos ou procedimentos operativos que impedem que os poluentes atmosféricos cheguem em grande quantidade na atmosfera.

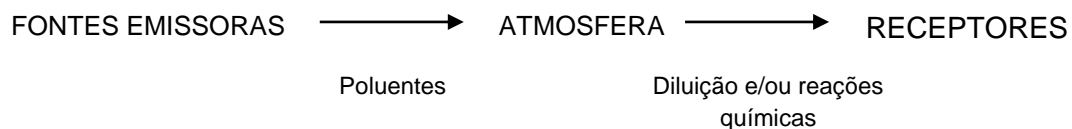
Os poluentes atmosféricos podem ser divididos em relação a sua formação, sendo dois grandes grupos: *poluentes primários*, aqueles procedentes diretamente das fontes de emissão e *poluentes secundários*, aqueles originados por interação química de poluentes primários e de componentes naturais da atmosfera. Podem ser divididos quanto seu estado físico, há os poluentes *sólidos* ou *líquidos* que são chamados de partículas aerossóis, e há poluentes no estado *gasoso* ou de *vapor*. Assim como ser divididos por sua composição química ou física:

Tabela 1: Classificação química de poluentes atmosféricos

Compostos de Enxofre	SO ₂ , SO ₃ , H ₂ S, Sulfatos
Compostos de Nitrogênio	NO, NO ₂ , NH ₃ , HNO ₃ , Nitratos
Compostos Orgânicos de Carbono	Hidrocarbonetos, Álcoois, Aldeídos, Cetonas, Ácidos Orgânicos
Monóxidos de Carbono e Dióxidos de Carbono	Monóxidos de Carbono e Dióxidos de Carbono
Compostos Halogenados	HCl, HF, Cloretos, Fluoretos

(Adaptado de SEINFELD, 1978, p.6)

Para se determinar o nível de concentração de um poluente na atmosfera, mede-se o grau de exposição dos receptores (seres humanos, animais, vegetação e materiais) como o resultado do processo de lançamento do poluente, a partir das suas fontes de emissão e das interações do ponto de vista físico (diluição) ou químico (reações). O sistema pode ser visualizado a seguir:



(Adaptado de CETESB, 2018, p.25)

A percepção dos sensores humanos, por exemplo, pode ser uma irritação nos olhos, na mucosa ou no trato respiratório. Como resultado destes efeitos, o controle das fontes de emissões precisa ser realizado no momento que elas são emitidas, para que quantidades cada vez menores ou quimicamente menos nocivas, cheguem a atmosfera. Como por exemplo, o uso de instrumentos em indústrias para a limpeza de partículas poluentes, substituição de um combustível que origina grandes emissões por outro que cause menores emissões ou por mudanças nos próprios processos geradores de poluição. Mesmo que as emissões se mantenham constantes, os fatores meteorológicos e topográficos são determinantes para a maior ou menor dispersão dos poluentes atmosféricos (SEINFELD, 1978).

1.2. Controles de episódios agudos de poluição e os padrões de qualidade do ar

Na Idade Média já existiam relatos de incômodos e tentativas de controles relacionados à poluição atmosférica, no século XIII na Inglaterra, propuseram uma lei para controle da fumaça, e em 1661, John Evelyn publica o primeiro livro sobre poluição do ar, *Fumifugium* - a inconveniência do ar e a fumaça de Londres dissipada. Entretanto, foi somente no século XX que ações mitigadoras para controle da poluição ambiental começaram a ser realizadas, à medida que casos graves de poluição do ar acometeram cidades industriais (JACOBI; SEGURA, 1996).

O primeiro episódio grave foi no Vale do Meuse, na Bélgica em 1930. Entre as cidades de Huy e Liège, uma região que concentrava indústrias

siderúrgicas, metalúrgicas, fábrica de ácido sulfúrico, entre outros; e durante o mês de dezembro, devido a condições meteorológicas desfavoráveis (ausência de ventos dificultam a dispersão dos poluentes), poluentes ficaram estacionados na região. Em seguida foram identificados um aumento de doenças respiratórias e mortes até dois dias após o início do episódio. O episódio mais perigoso foi registrado em Londres, no inverno de 1952, uma inversão térmica impediu que dissipassem os poluentes gerados pelas indústrias, aquecedores domiciliares que usavam carvão como combustível, com isso uma nuvem de material particulado e enxofre tomou a cidade por três dias, acarretando ao aumento de quatro mil pessoas ao número de óbitos em períodos semelhantes. Episódios trágicos de poluição como esses, fizeram com que autoridades buscassem pesquisas para o controle da poluição do ar. O exemplo dos Estados Unidos, que no início da década de 60 estipulou diretrizes para efetuar o controle da poluição, ficando a cargo dos estados da federação proporcionar o controle. Tendo em vista que muitos estados não tinham estrutura nem preparação para realizar uma agenda de controle efetivo, os episódios agudos de poluição continuaram. Uma das situações mais marcantes, foi em 1966, em Nova Iorque, em quatro dias do mês de novembro a cidade foi tomada por fortes poluições e oito mortes aconteceram, tornando a pressão midiática sobre o ocorrido um forte ímpeto para medidas efetivas contra a poluição no país (BONM et al, 2001).

A pressão internacional da Comunidade Europeia sobre a Inglaterra na década de 60, deram incentivo para as cidades inglesas decrescerem suas concentrações de poluentes para a entrada do país no Mercado Comum Europeu. A Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (EPA) e o *Clean Air Acts* feito pelo parlamento inglês, ambos criados ainda na década de 60, foram as primeiras medidas de peso para o controle da poluição nesses países.

As medidas de controle de poluição na Europa e nos Estados Unidos foram pioneiras no debate sobre qualidade do ar. Conforme as regularizações, a fiscalização ambiental também aumentou nesses países, muitas indústrias foram se fixar em lugares onde as legislações fossem mais brandas ou inexistentes.

Entre as décadas de 60 e 70, inúmeros países periféricos economicamente, ávidos por novas fontes de recursos e desenvolvimento, receberam indústrias multinacionais de produtos de base, principalmente na área petroquímica. Muitas dessas indústrias tinham como sede países onde a legislação ambiental determinava a realização de altos investimentos em tecnologia, principalmente para a prevenção de possíveis acidentes ambientais (BONM et al, 2001, p.60).

Com os episódios graves de poluição atmosférica sendo cada vez mais recorrentes em cidades para além dos Estados Unidos e Europa Ocidental partir da metade do século XX, políticas preventivas e legislações federais sobre poluição atmosférica começaram a ser discutidas amplamente. A preocupação com os efeitos agravantes na sociedade e meio-ambiente instigaram estudos que monitorassem o grau de impacto dos poluentes nos ambientes citadinos.

Os padrões de legislações sobre a qualidade do ar dos países são baseados nas diretrizes e guias oficiais da Organização Mundial da Saúde (OMS)¹. Desde a década de 1970, a organização divulga estudos e diretrizes sobre os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde da população mundial. A cada ano, a OMS mostra-se comprometida em trazer dados mais atualizados e condizentes com a dinâmica atmosférica contaminada nos grandes centros urbanos.

No Brasil, as primeiras legislações sobre a qualidade do ar surgiram em lugares com grandes emissões e graves episódios de poluição ambiental como um todo. A Região Metropolitana de São Paulo e a cidade de Cubatão, na Baixada Santista, sofreram massiva industrialização a partir da metade do século XX com consequências ambientais graves por um grande período, sendo áreas prioritárias no monitoramento da qualidade do ar desde então.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) se tornou um órgão pioneiro sobre o controle da qualidade do ar, dos solos e da água no

¹ Organização Mundial da Saúde (em inglês: World Health Organization - WHO) é uma agência especializada em saúde, fundada em 7 de abril de 1948 e subordinada à Organização das Nações Unidas (ONU). Segundo sua constituição, a OMS tem por objetivo a aquisição, por todos os povos, do nível de saúde mais elevado que for possível. A saúde sendo definida nesse mesmo documento como um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não consistindo somente da ausência de uma doença ou enfermidade (CONSTITUIÇÃO DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 1946).

Brasil. Tendo uma articulação e gestão muito desenvolvida e independente da União sobre a qualidade do ar e suas revisões.

1.3. Efeito da poluição atmosférica sobre a saúde humana

A poluição atmosférica pode afetar a saúde humana, a flora e fauna, patrimônios históricos e construções urbanas. A maior parte dos estudos é destinada a relacionar o grau de interferência da poluição atmosférica sobre as morbidades e mortalidades humanas. Existe uma contínua discussão nos campos da ciência ambiental e patologia humana, já que estudos mostram que mesmo em concentrações mínimas, abaixo dos padrões, a poluição atmosférica tem efeitos graves a população (OMS, 2005).

Os Guias da Qualidade do Ar da OMS oferecem uma avaliação sobre os efeitos sanitários consequentes da poluição do ar, assim como os níveis prejudiciais para a saúde e principalmente, os limites recomendáveis aos poluentes atmosféricos. São escolhidos aqueles que possuem uma maior frequência na atmosfera, efeitos sobre a saúde humana e mais acessíveis de mensurar.

Uma avaliação da Agência Internacional de Pesquisa em Câncer² publicado em 2013, concluiu que a poluição atmosférica é carcinogênica para o ser humano, que as partículas de ar contaminadas estão extremamente ligadas ao crescimento de câncer de pulmão, e foi observado uma relação de poluição do ar e câncer de vias urinárias e bexiga. Algumas mortes podem ser atribuídas a mais de um fator de risco, mas não se tira o peso da poluição atmosférica na situação atual (OMS, 2016).

Em 2016, a OMS calculou que no mundo 1,3 milhões de pessoas morrem ao ano devido à poluição atmosférica urbana, principalmente nos países em desenvolvimento e 91% da população mundial viviam em lugares onde não se respeitavam as Diretrizes da OMS sobre a qualidade do ar (OMS, 2018). Os dados e números apresentados são alarmantes, uma vez que mesmo abaixo dos padrões estipulados, os poluentes são agravantes a saúde

² A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer é uma agência intergovernamental incorporada (OMS). Sua função é conduzir e coordenar a investigação sobre as causas do câncer. A entidade produz uma série de pesquisas sobre os riscos de câncer para os seres humanos representados pela exposição a diversos agentes químicos e misturas. (<https://www.iarc.fr/>)

humana e mesmo que em alguns casos não sejam a causa direta de doenças e mortalidades, eles podem potencializar as mesmas.

A poluição do ar não atinge a todos de mesma forma, as faixas etárias mais vulneráveis a exposição de poluentes são as crianças e idosos, portadores de cardiopatias e pneumopatias preexistentes também são fazer parte do grupo de risco.

1.4. Objetivo da pesquisa

O propósito deste trabalho é analisar a evolução histórica da qualidade do ar em Cubatão em (SP) e a influência das legislações ambientais instituídas no período de 1981 a 2017. Para isso, organizaram-se os seguintes objetivos específicos:

- I. Analisar as concentrações anuais e mensais dos poluentes atmosféricos usados como parâmetro de qualidade do ar no período de 1981 a 2017, com os dados da rede de amostragem da CETESB em Cubatão.
- II. Analisar os dados de ultrapassagens dos padrões de qualidade do ar no mesmo período apontado.
- III. Verificar as mudanças nas legislações referentes aos padrões atmosféricos de qualidade do ar vigentes entre a década de 80 a 2017.

A poluição atmosférica e sua relação com a legislação ambiental são resultados de espaços em disputa, visões de desenvolvimento econômico, modelos de mobilidade urbana e matrizes energéticas priorizados, que pela legislação, têm os discursos vencedores impressos no papel. Mesmo assim, a sua dinâmica não pode ser explicada apenas pelas fontes de emissões e nas disputas criadas pela produção do espaço urbano-industrial, deve se considerar a condição natural existente e anterior a todos esses processos.

2. ÁREA DE ESTUDO

2.1. Localização e breve histórico de ocupação

O município de Cubatão é uma das nove cidades integradas à Região Metropolitana da Baixada Santista, localiza-se entre as latitudes 23°48' S e 23°55' S e na longitude 46°21' W e 46°28' W, possui 142,879 km² de área e

128.748 habitantes estimados segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

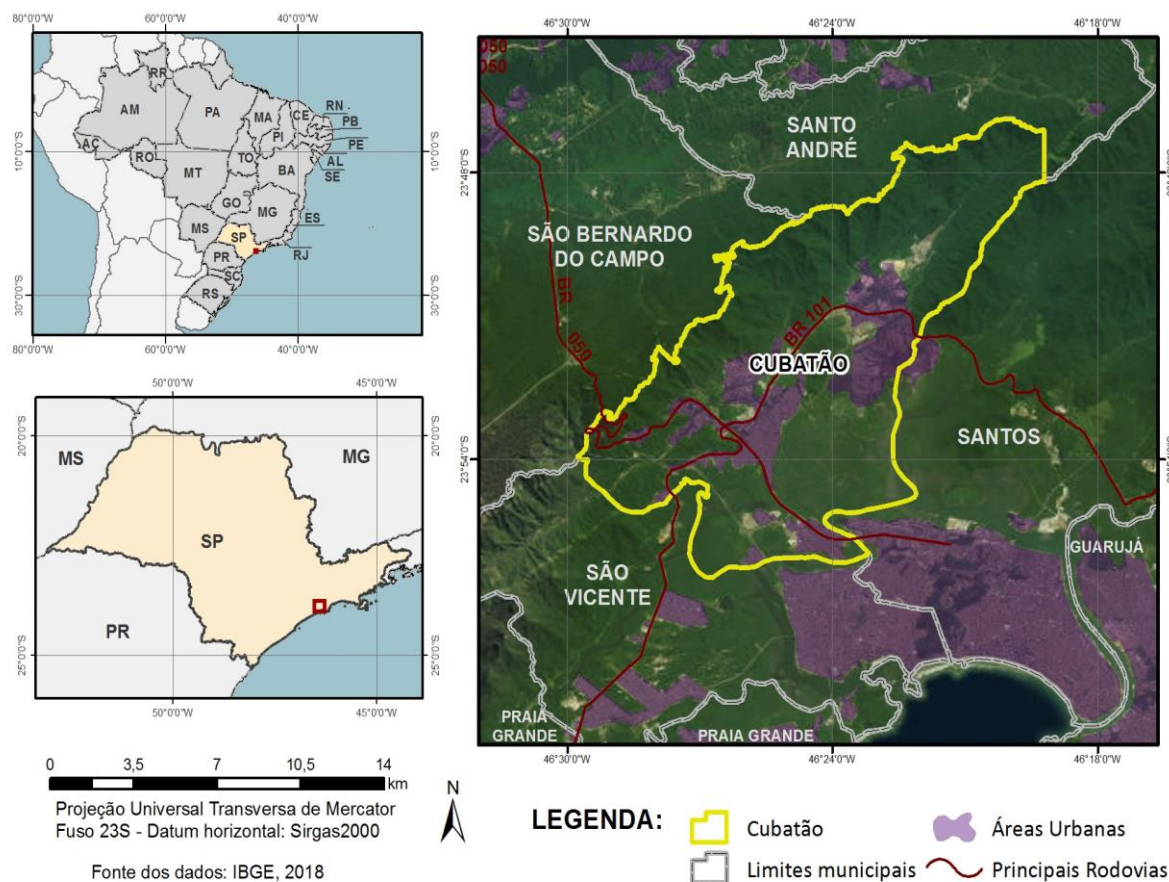


Figura 1 - Mapa de localização do município de Cubatão, SP, Brasil. Org: Ana Clara Dias.

No século XVI no período colonial, Cubatão foi uma região habitada por índios da tribo Tupinambás - seu nome deriva do tupi-guarani: *pequena montanha, porto no rio serrado*. A primeira menção histórica da atual cidade foi em 1553, pela construção de um pequeno porto no Rio Cubatão. O pequeno vilarejo constituído era a via de interligação entre o Planalto Paulista e a região portuária de Santos. Do século XVI ao XVIII, a economia da Baixada Santista como um todo decaiu com o Ciclo do Ouro em Minas Gerais, sendo basicamente focada na agricultura de subsistência, monocultura da banana e a extração de recursos naturais (FORMENTO, 1970 apud GUTBERLET, 1996).

Os estímulos econômicos voltaram a aparecer na segunda fase de desenvolvimento cafeeiro que crescia no estado paulista no século XIX. Os impulsos econômicos gerados pela produção podiam ser sentidos na Baixada, Santos se tornou um importante porto para a exportação. O dinamismo urbano gerado em torno da cidade de São Paulo e Baixada deu a Cubatão um

funcionalismo essencial para o escoamento da produção presente no Planalto Paulista, mais uma vez a cidade aparecia na história como o caminho de ligação entre o Planalto e a Baixada Santista. Em 1925 foi ampliada a ligação das rodovias entre São Paulo e Cubatão, a Caminho do Mar, que em 1925 tornou-se a primeira via pavimentada da América Latina. Em 1926, a companhia canadense *The São Paulo Tramway, Light and Power Company Limited, a Light*, construiu uma usina hidrelétrica na cidade, a usina de Cubatão, que iniciou com 44 347 kW de potência instalada. De 1936 a 1938 mais três unidades de geração foram instaladas, fazendo com que a geração se aproxima à 65 000 kW. Em 1961 foi completada a capacidade total de geração em 2 350 000 kW. Só em 1964 a usina recebe o nome de Henry Borden.

A forte presença de chuvas orográficas na Serra que se associavam à bastante úmida Massa Tropical Atlântica, se somavam à presença da estrada de ferro Santos-Jundiaí (possibilitando o transporte de material pesado) e ainda com a proximidade da capital paulista (apenas 11 km de onde estaria a Usina) foram elementos fundamentais na escolha do lugar e do projeto posto em curso pelos engenheiros (GONÇALVES, 2013, pg. 6).

Até 1948 a população rural predominava sobre a população urbana, a partir de emancipação de Cubatão de Santos inicia-se a primeira grande fase de industrialização na cidade. No mesmo ano a empresa estatal Petrobrás constrói a Refinaria Presidentes Bernardes em Cubatão, com a instalação de diversos oleodutos para o transporte de gasolina, querosene, óleo diesel e óleo BPF. A rodovia Anchieta (finalizada em 1947) garantia também o fluxo de transporte entre o local da produção e a metrópole.

Dessa maneira, foram garantidas todas as condições básicas para o início da fase da industrialização, seguido por investimentos na construção de indústrias petroquímicas. A matéria-prima para essa indústria era fornecida principalmente pela refinaria; energia elétrica para hidrelétrica ampliada; o abastecimento e a eliminação de água servida e esgoto pela rede fluvial e a água direcionada do planalto para geração de energia em Cubatão; e o transporte dos produtos pela ampliação e construção de estradas. Um grande contingente de mão de obra – principalmente imigrantes – e o apoio institucional, ou seja, autorizações excepcionais e facilidades tributárias estavam igualmente garantidas (GUTBERLET, 1996, pg. 102).

Nas décadas seguintes a expansão econômica focando na substituição de importações chegou no auge, no governo de Juscelino Kubitschek, cada vez mais investimentos estrangeiros foram feitos, bem como a importação de tecnologias pelos centros industriais no Brasil.

Grandes aglomerados industriais surgiram em Cubatão, em 1963 sucedeu a construção da siderúrgica Cosipa, a proximidade com o Porto de Santos foi decisiva, pois os minérios de ferro e carvão tinham que chegar de navio (como o modelo de desenvolvimento urbano no Governo de Juscelino Kubitschek era baseado no rodoviarismo, as redes de ferrovias que traziam os minérios de Minas Gerais foram desestimuladas financeiramente). Foi uma ação decisiva para o crescimento industrial.

No período da Ditadura Militar continuou o modelo de desenvolvimento associado com capital estrangeiro, instalou-se indústrias petroquímicas e de cimento. Nos anos 70, expandiu-se com a Revolução Verde a produção de insumos agrícolas químicos, com isso a demanda nacional e a exportação de agrotóxicos incentivaram também a instalação de fábricas de fertilizantes na cidade de Cubatão. Na década de 80 pode ser constatado que o crescimento econômico gerado pela indústria de base em Cubatão crescia acima da média do Brasil, 16,2% contra 11,3% (CIESP, 1987 apud GUTBERLET, 1996).

O quadro populacional mudou completamente com essas transformações, o crescente número de migrantes em busca de emprego no setor secundário proporcionou o aumento da população urbana na cidade.

As áreas para ocupações habitacionais em Cubatão competiam com as instalações industriais, uma vez que a cidade era limitada pela Serra do Mar e mangues, fazendo com o que a periferização fosse o processo condicionante da urbanização cubatense. O planejamento urbano em Cubatão se deu de maneira desestruturada, a procura por terrenos baratos e próximos aos locais de trabalho de uma massa trabalhadora com poucos recursos, os fizeram buscar a ocupação de áreas de manguezais, às margens de rodovias e nas escarpas da Serra do Mar.

Houve a formação de núcleos habitacionais de acordo com a cota topográfica da Serra do Mar que ficou conhecido como bairros cota, eles se espalharam principalmente pelos trabalhadores informais que construíram as

rodovias Anchieta e Imigrantes, formando os bairros Cota/95, Cota/100, Cota/200, Cota/400 e Cota/500 (SÃO PAULO, 2014).

Algumas ocupações irregulares foram feitas em terrenos de mangues, em estruturas de palafitas, a insalubridade e o descaso público eram visíveis. Isso foi demonstrado pelo desastre ocorrido em 1984 na Vila Socó, em que um incêndio gerado pelo vazamento de gasolina de dutos vindos da Refinaria tomou conta da comunidade onde moravam 6 mil pessoas. Os números de mortos (oficialmente, 93 pessoas morreram e 3 mil ficaram desabrigadas) são contestados até hoje pela Comissão da Verdade do Estado de São Paulo que alega manipulação de informações das lideranças políticas do período (Ditadura Militar, que à época tinha como presidente o general João Batista Figueiredo).³

Algumas empresas criaram vilas habitacionais como a Vila Fabril da Companhia Santista de Papel e a Vila da Light, destinada aos trabalhadores com médio e alto nível. Os operários, trabalhadores temporários e informais, a grande maioria dos trabalhadores formaram núcleos irregulares próximos às áreas industriais, como a Vila Parisi e Jardim São Marcos.

O quadro socioeconômico da cidade industrial de Cubatão é fruto do contexto brasileiro na economia mundial a partir da metade do século XX. A Terceira Revolução Industrial teve participação no modelo de desenvolvimento econômico adotado em países capitalistas periféricos como o Brasil. As políticas seguidas no período focaram em uma agricultura mecanizada voltada para exportação, produção industrial de bens duráveis e uso irracional de recursos naturais, resultando em discrepâncias sociais e emissões de poluentes no meio-ambiente. Políticas de desenvolvimento subordinadas a metas tecnocratas, com projetos agropecuários e industriais sendo a medida de desenvolvimento do país em detrimento de avanços nos setores de políticas públicas sociais e ambientais (GUTBERLET, 1996).

Até os anos 60 os países industrializados centrais não discutiam devastação ambiental. Em 1972 se discutiu pela primeira vez o lado negativo do desenvolvimento industrial, na Primeira Conferência das Nações Unidas

³Comissão da Verdade discute incêndio na Vila Socó, ocorrido em 1984. Notícia vinculada ao site da Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo em 13/06/2014:<<https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=362318>>.

sobre o Meio-Ambiente, que ficou conhecida como Conferência de Estocolmo. Os graves episódios de poluição, como os já citados na introdução, e a Crise do Petróleo em 1973 contribuiu para repensar o consumo desenfreado dos recursos energéticos considerados finitos. Ainda na década de 70, grandes empresários dos setores da petroquímica transferiram suas unidades de produção para o cone sul, evitando o controle de fiscalização ambiental nos seus países de origem, realizando a chamada Política da Chaminé Alta. No Brasil, as empresas de capital nacional também usavam métodos ultrapassados e arriscados do ponto de vista da saúde e do meio-ambiente em nome de um ritmo intenso e rápido de produção econômica (GUTBERLET, 1996).

Cubatão ainda permanece como centro de produção mais importante de matéria prima e produtos semiacabados nas áreas das indústrias petroquímica e metalúrgica, grande parte da produção destina-se ao setor industrial localizado na Grande São Paulo (Santo André, Mauá, São Bernardo, Diadema e São Caetano).

2.2. Geomorfologia e pedologia

O município de Cubatão está situado na faixa litorânea, no encontro de duas zonas geomorfológicas que Ross e Moroz (1997) definem como *Planícies Litorâneas ou Costeiras* pertencentes a Unidades Morfoestruturais Bacias Sedimentares Cenozoicas e *Escarpas/Serra do Mar e Morros litorâneos*, pertencente a Unidade Morfoestrutural Cinturão Orogênico do Atlântico.

A Serra do Mar corresponde à escarpa montanhosa da borda oriental do Planalto Atlântico, acompanhando as direções geográficas e estruturais SW/NE do litoral sudeste brasileiro, transpondo desníveis médios de 1.000 m em larguras entre 5 e 10 km, e estendendo-se por cerca de 1000 km do Estado do Rio de Janeiro ao estado de Santa Catarina (SANTOS, 2004).

Ela formou-se por falhas durante o levantamento andino no Cretáceo e no Terciário. Até o evento da Transgressão flandriana (transgressão marinha ocorrida no Holoceno, que marca o presente período interglacial e a subida do nível do mar até 6 metros no nível atual) surgiu fendas e rupturas, novas dobras nos picos e morros isolados na direção sudoeste/nordeste brasileira. Formou-se então a baía paleogênica de Santos, com grupo de ilhas

paleogênicas (ALMEIDA, 1964; IPT, 1985; SUGUIO e PONÇANO, 1970 apud GUTBERLET, 1996).

As principais formações rochosas da Serra do Mar são granitos, gnaisses, quartzitos e xistos estruturados, os solos da região possuem profundidade e composição diferente ao longo da Serra, nas áreas planas estão os solos mais profundos, enquanto nas encostas os solos diminuem a 2 cm, no sopé da Serra pelo material aglomerado, os solos se tornam mais profundos novamente. Os principais solos são caracterizados por serem solos eluviais, depósitos alóctones e solos aluviais (Op. Cit., 1996).

A unidade morfoestrutural das Bacias Sedimentares Cenozóicas são formadas principalmente por sedimentos continentais e costeiros do período Cenozóico, sendo qualificada na área da Baixada Santista como uma unidade que foi definida por Ross e Moroz (1997) como Planícies Litorâneas, elas estão diretamente ligadas com as interações oceano-continente e o posicionamento da linha de costa. Na região central das Bacias Sedimentares Cenozóicas, localiza-se a Planície Santista, marcada pelo aparecimento de mangues e estuários apresentando baixa altitude (no máximo 20 metros), solos hidromórficos e pozol hidromórficos, declividade baixa e, na litologia encontra-se sedimentos marinhos e fluviais inconsolidados (areias, argilas e cascalhos) (GIGLIOTTI et. al, 2009).

Rossi e Pfeier (1991) separaram oito relações de solos na área de Cubatão, as principais unidades taxonômicas são: latossolo vermelho-amarelo, podzólico vermelho-amarelo, cambissolo, litossolo, aluvial, gley, orgânico e solos indiscriminados de mangue. Os predominantes são os cambissolos, em formação e pouco profundos, os latossolos, bem desenvolvido e com boa drenagem, litossolos, rasos com menos de 0,4 metros de profundidade, podzólicos, com horizonte B textural argiloso e com horizonte superficial com menor teor de argila (ROSSI, PFEIFER (1991) apud LOPES, 2001).

2.3. Climatologia

Segundo a classificação de Köppen, Cubatão se caracteriza como clima Af que indica clima tropical chuvoso com chuvas o ano todo, com mínimas e máximas médias térmicas de 18° C e 24,7° C, respectivamente e com média térmica anual de 24,7° C, com pluviosidade anual de 2625,8 mm. A

proximidade da costa litorânea e pelo fator climático da maritimidade, a cidade possui um regime de chuvas regulares, mesmo nas estações secas com uma ligeira redução, mas sempre com valores superiores a 100 mm, nos meses de maio, junho, julho e agosto as médias de precipitação são respectivamente: 155,3 mm; 127,1 mm; 100 mm; 114,8 mm (CEPAGRI, 2018). Com isso, a tendência a processos de instabilizações, envolvendo rastejos a deslizamentos de terra são consideráveis na área de estudo.

O balanço hídrico fornece as estimativas da evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM) para cada mês do ano.

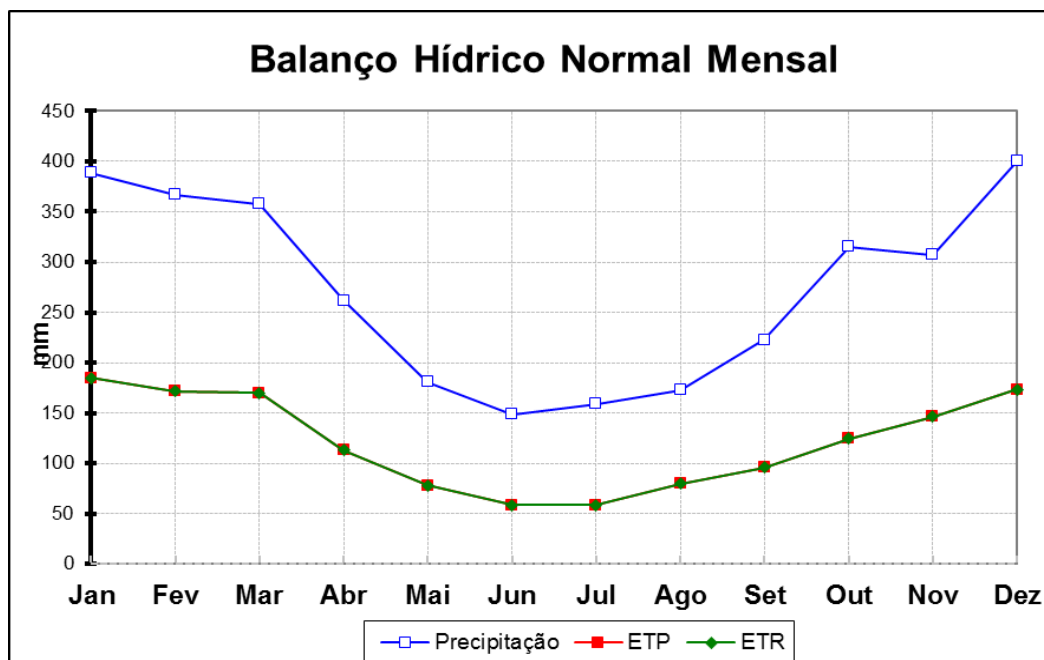


Figura 2 – Balanço Hídrico Normal Mensal do município de Cubatão, SP. Fonte: BHBRASIL - Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras.

Na figura 2 pode-se observar que as maiores precipitações acontecem nos meses de outubro a março, com médias mensais acima de 300 mm, entre os meses de abril a setembro, as médias pluviométricas ficam abaixo de 200 mm, nos meses de junho e julho ficam com 149 e 159 mm, respectivamente. O total pluviométrico anual fica em 3283 mm.

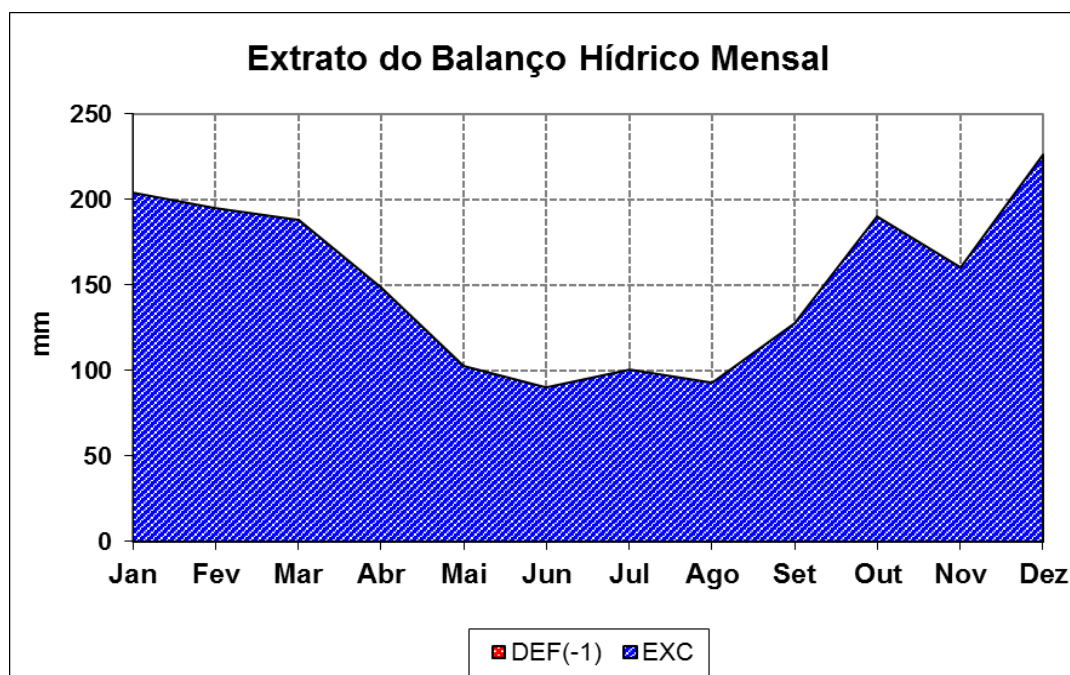


Figura 3 – Extrato do Balanço Hídrico Mensal no município de Cubatão, SP. Fonte: BHBRASIL - Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras.

O gráfico acima demonstra que no município de Cubatão possui em todos os meses excedentes hídricos, nos meses de estiagem, essa capacidade máxima de retenção de água diminui mas todos acima de 90 mm por mês, o total anual de excedente hídrico fica em 1827,28 mm.

Pela classificação climática de Monteiro (1973) Cubatão é sazonalmente controlado pelos sistemas tropicais e polares, configurando-se os chamados climas úmidos da face oriental e subtropical dominados pela massa tropical atlântica:

A elevação e proximidade da Serra, faz com que este trecho central (IIb) do litoral paulista, seja a área com maior pluviosidade não só do Estado, mas talvez do país. (...) Mesmo no inverno o fato da oponência serrana às correntes do sul, aumenta consideravelmente a pluviosidade. Considerando a importância da gênese frontal e a frequência elevada das penetrações polares esta é a área detentora dos totais diários mais elevados. A proximidade da Serra com a linha de costa oferece a esta uma acentuada influência de altitude (MONTEIRO, 1973, pg. 122).

Pela sua localização, o fluxo de ventos é influenciado pela topografia local em todas as condições meteorológicas que acontecem na região, isso é relevante porque quando a cidade está sobre a influência de anticiclones, os

deslocamentos atmosféricos ficam dominados pelos fenômenos de meso e micro meteorológicos de origem local (CETESB, 1986).

É identificável em Cubatão duas bacias aéreas principais⁴: a do Vale do Mogi (que vai a Norte e Nordeste da Vila Parisi e Cubatão residencial) e entre a Serra do Mar e a região de mangues. O clima está condicionado às variações da posição do anticiclone marítimo tropical, com ventos de leste soprando da costa. O comportamento do vento de drenagem é específico e depende do horário e da incidência solar, o escoamento começa por volta do pôr-do-sol e é beneficiado pelos declives da Serra do Mar voltados para norte-nordeste, que não são muito aquecidos durante o dia. Fortes ventos de drenagem vindos do Vale do Mogi e dos declives de direção nordeste do fundo do Vale do Quilombo juntam-se para levar as emissões industriais na direção da Vila Parisi, a drenagem alcança seu máximo próximo ao nascer do sol e algumas horas depois. A sequência do escoamento pode-se visto na figura a seguir.

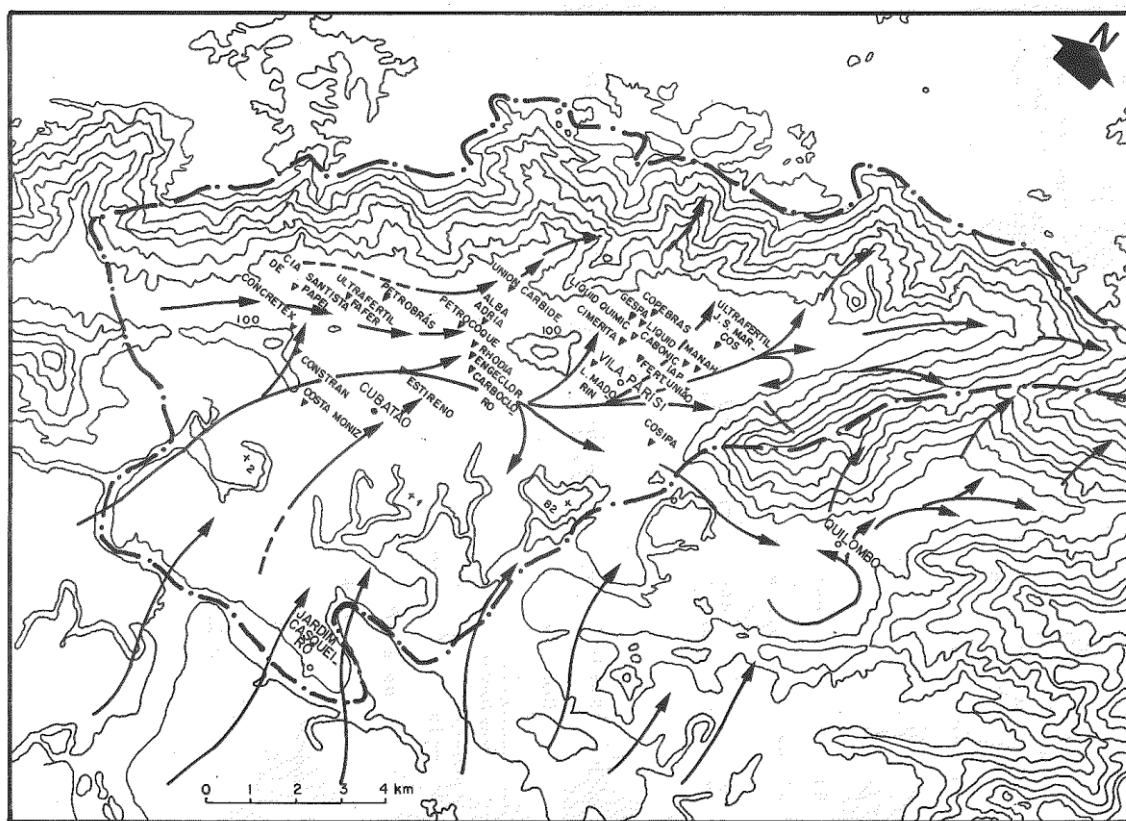


Figura 4 - Fluxo de vento observado na área de Cubatão no período noturno (esfriamento) sob condições de alta pressão (anticiclone). Fonte: CETESB, 1986, p.24

⁴ Área cujo relevo, delimitado por uma cota altimétrica mínima, dificulta a dispersão de poluentes gerados pelas atividades socioeconômicas (OLIVEIRA, 2004, p.70).

O aquecimento solar da Serra gera o desenvolvimento de ventos e brisas marítimas em direção a Vila Parisi, Cubatão residencial e o manguezal, como mostra na figura 5. Durante o inverno as condições são meteorológicas são desfavoráveis à dispersão e diluição dos poluentes, há formação de camadas de inversões térmicas pela manhã, com diferentes intensidades (CETESB,1996).

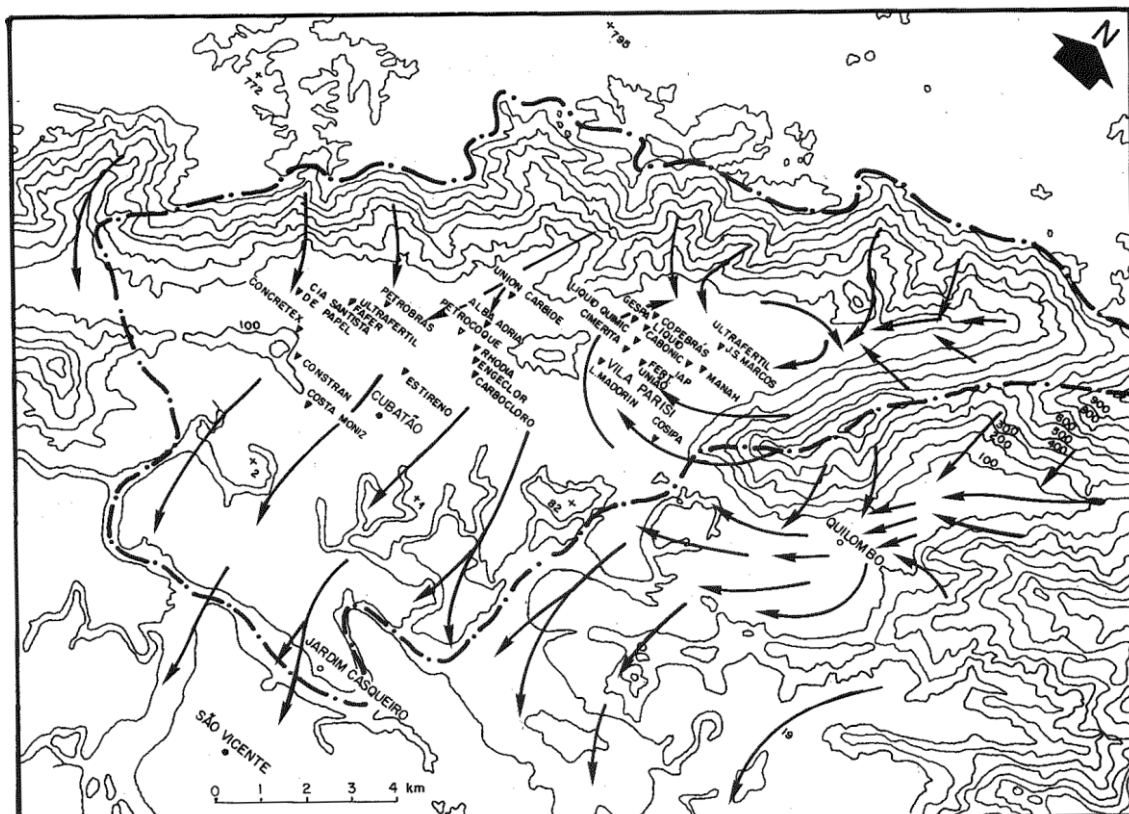


Figura 5 – Fluxo de vento observado na área de Cubatão no período diurno (aquecimento) sob condições de alta pressão (anticiclone). Fonte: CETESB, 1986, p. 23

2.4. Vegetação

Cubatão está situada sobre o domínio da Mata Atlântica, com 60% da sua área sendo recobertas com vegetação natural, incluindo *Floresta Ombrófila Densa (Montana, Submontana e de Terras Baixas)* e *Manguezais*. A Floresta Ombrófila Densa Montana e Submontana estão situadas na encosta da Serra do Mar e nos morros e serras isolados, que surgem na planície litorânea ou no oceano. São florestas perenes com uma pluviosidade e umidade relativa do ar mais alta se comparada com as florestas do Planalto Atlântico. Os solos argilosos, provenientes do intemperismo das rochas do complexo cristalino,

variam de rasos a profundos, sendo estes encontrados nas altas e médias vertentes da Serra. Essa dinâmica propiciou o desenvolvimento de uma floresta alta, com dossel de 25 a 30 metros (SMA/IF,2006).

Na Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas ocorrem nas planícies litorâneas, desenvolve de maneira descontínua, subordinadas às reentrâncias da porção serrana. As planícies formadas por deposição fluvial e lacustre, tem em partes, materiais derivados de rastejos e escoamento superficial da Serra do Mar e trechos de deposição marinha que formam as restingas. Quando próxima de encostas, depara-se em uma floresta alta, com árvores de 10 a 15 metros, abrigadas sobre as aluviões provenientes das serras ou em terraços fluviais, reconhecidos pelo relevo plano e ligeiramente mais elevado do que os arredores. O Manguezal encontra-se na foz dos rios, associado a solos limosos e pouco arejado, possui alta salinidade devido às flutuações diárias das marés. É um ambiente costeiro de transição entre os ambientes terrestres e marinhos (Op. Cit.,2006).

A Mata Atlântica original da Serra do Mar em Cubatão, vem sofrendo degradações desde o período colonial, com a retirada de madeira da mata nativa para produção de lenha e carvão mineral, mas até início do século XX, a região de extração tornou-se uma densa vegetação secundária. Com intensificação da produção industrial a partir da década de 1960, o aumento da poluição ambiental deixou a vegetação ameaçada novamente, a diminuição da cobertura vegetal acelerou os processos erosivos da vegetação serrana, junto a isso, foi observado sinais de doenças (necroses, cloroses) sintomas característicos de lesão por cloro e flúor e sinais de lesão por ozônio. Entre 1977 e 1985, a floresta atlântica foi severamente destruída nas faixas mais elevadas, entre os 400 e 700 metros, nessa faixa ocorriam maiores os deslizamentos (GUTBERLET, 1996).

A partir de 1985 começou a ser delineado um plano de recuperação da cobertura vegetal degradada, pesquisadores do Instituto de Pesquisa Tecnológicas (IPT), Instituto Florestal (IF), Instituto de Botânica (IB) sob coordenação da CETESB, após quatro anos de estudos chegaram a uma metodologia inédita para regeneração da floresta, utilizando a técnica de semeadura aérea. Os pesquisadores mapearam as áreas prioritárias para ocorrer o replantio, identificaram das árvores mortas da região quais possuíam

mais chance de sobrevivência se replantadas, fabricaram uma cápsula gelatinosa para colocar as sementes e sua dispersão ser feita sem a dispersão do vento, chegando ao solo em segurança. Para disseminar de maneira rápida o plano teve a participação do de um helicóptero e um avião agrícola para realizar a semeadura aérea. A primeira semeadura foi realizada em 1989 com grande sucesso, ela atingiu-se um alto índice de sobrevivência em solos expostos e com vegetação rasteira, porém foi menos eficaz onde havia braquiária, um tipo de capim que possui uma vantagem competitiva com outras plantas (IPT, 2018).

O Núcleo Itutinga – Pilões, é um dos oito núcleos do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), localizado na cidade de Cubatão, o núcleo possui 43,8 mil hectares e compreende os municípios de Praia Grande, São Vicente, Santos, Cubatão, São Bernardo do Campo, Santo André, São Paulo e Mogi das Cruzes, em Cubatão se localiza o núcleo operacional e administrativo. O Núcleo Itutinga - Pilões foi uma incorporação das antigas Reserva Estadual da Serra do Mar, Reserva de Rio Branco–Cubatão e Reserva de São Vicente ao Parque Estadual da Serra do Mar, no ano de 1977. Possui grande importância para a história e patrimônio cultural paulista, por englobar monumentos como a Calçada do Lorena, as Usinas Hidrelétricas do Vale do Quilombo e Itatinga, a Vila da Barragem, a Usina Henry Borden, a Vila de Paranapiacaba, a Vila de Itatinga, a Vila de Itutinga, o Polo Ecoturístico Caminhos do Mar e as artes rupestres (SMA/IF, 2006).

O Plano de Manejo do PESH considera o Núcleo o setor mais problemático para a gestão, devido aos vetores de pressão existentes sobre a biodiversidade existente. Ali estão situadas as rodovias do Sistema Anchieta Imigrantes, rede ferroviária, torres e linhas de alta tensão, dutos, antenas e hidrelétricas, além das pressões citadas, existe uma forte concentração populacional vivendo em seu entorno. Como consequência, as ocupações irregulares, a caça, o corte seletivo de vegetação (com destaque para palmeira Juçara) e a poluição dos recursos hídricos acontecem mais intensidade (SMA/IF, 2006).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Climatologia Urbana, Poluição Atmosférica e Cubatão

A cidade tornou-se cada vez mais a morada do homem e campo de estudo da Ciência Geográfica, as mudanças espaciais produzidas no urbano também instigaram a Climatologia, dando uma nova ênfase a esse campo da ciência. Os estudos de H. E. Landsberg e T. Chandler são obras clássicas para o estudo de Climatologia Urbana, Landsberg (1956) em *Climate of Towns* apontou elementos que determinavam o clima das cidades em contraste com os seus espaços imediatos. Em *The Climate Of London* (1965) de T. Chandler realizou a primeira monografia sobre o clima de uma metrópole, monitorando a ilha de calor urbana em Londres em relação a sua vizinhança, encontrando diferenças de até 5°C entre elas (LUCENA et al, 2013).

O grande referencial teórico-metodológico para o estudo da Climatologia Urbana no Brasil são os estudos de Monteiro (1976) materializados na proposta do Sistema Clima Urbano (S.C.U.). O trabalho do geógrafo buscou focar no clima da cidade sob uma perspectiva conjunta, integradora, com o objetivo compreender a organização específica da cidade, tendo a atmosfera como o operador do Sistema (MONTEIRO, 2011).

Como a existência do homem também possui um nível de complexidade no S.C.U., Monteiro fez uma classificação simplificada para caracterizar essa participação, a partir dos subsistemas termodinâmico, físico-químico e hidrometeorológico, respectivamente os canais de percepção humana conforto térmico, qualidade do ar e impacto meteorológico.

A poluição atmosférica é incorporada ao canal de percepção da qualidade do ar (subsistema físico-químico), ele possui uma responsabilidade humana mais acentuada que os demais canais, Monteiro assinala que acima de tudo a poluição atmosférica deve ser evitada nas fontes emissoras, pois "os insumos atmosféricos e seu comportamento básico não estão na esfera de ação do homem" (MONTEIRO, 2011, p. 53).

A tese de doutorado de Lucy Pinto Gallego, *Tipos de tempo e poluição atmosférica no Rio de Janeiro (um ensaio em climatologia urbana)*, defendida em 1972 e orientada por Monteiro, foi o primeiro estudo sobre a qualidade do ar, tipos de tempo e poluição atmosférica pelo viés geográfico no Brasil.

A partir da década de 80, os estudos de poluição atmosférica voltaram-se a questão ambiental tendo em vista os níveis de degradação e poluição que grandes centros industriais como a Região Metropolitana de São Paulo e Cubatão estavam envolvidos. Maria Eugênia Ferreira com seu trabalho, *Estudo biogeográfico de líquens como indicadores de poluição do ar em Cubatão – SP (1984)*, identificou o impacto da poluição industrial em Cubatão e sua espacialidade, através dos líquens, excelentes bioindicadores em locais com exposição prolongada de ar poluído. Ferreira destacou o papel dos aglomerados industriais para denotar ao município 51% de sua área com grau máximo de poluição, sem tirar a relevância da circulação atmosférica local e condição do relevo escarpado que se apresentava como um impedimento para a dispersão de poluentes.

Diante do surgimento de casos de recém-nascidos anencefálicos que acometeram Cubatão no mesmo período, Paulo César Naoum foi um dos principais cientistas que buscaram esclarecimento para essa crise. Por intermédio de Aziz Ab'Saber, o então diretor do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (UNESP), Naoum em 1982 iniciou uma pesquisa para buscar a relação da poluição com o acontecimento. Naoum (1984) analisou 496 habitantes de Cubatão, com objetivo de verificar alterações no sangue causadas por poluição industrial, os estudos concluíram que as consequências patológicas no sangue do espaço amostral tinham relação direta com a proximidade dos focos emissores de poluentes, e cerca de um terço da população possuía enzimas antioxidantes no sangue. Com isso, o biomédico conseguiu explicar os casos de anencefalia, uma vez que os poluentes estavam desoxigenando o sangue das pessoas, uma mulher grávida não seria capaz de mandar oxigênio suficiente ao bebê, o feto precisa do gás oxigênio para formação das células nervosas já no primeiro mês, sem ele o cérebro não se formaria. Naoum, junto a outros cientistas da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) deram a possibilidade de divulgação dos dados à imprensa, fazendo com que a Secretaria de Saúde do Estado interferisse para que as indústrias usassem filtros de contenção que suas sedes já usavam no exterior, a ação surtiu efeito, pois em 1988 ao voltar a analisar o sangue dos cubatenses, Naoum concluiu que a proporção de pessoas contaminadas caiu um décimo do total (NAOUM, 2010).

Os trabalhos de Ribeiro (1996) e Cabral (1997) foram dianteiros nos estudos da Geografia da Saúde e difusão da problemática da poluição atmosférica como questão de saúde pública. Ribeiro em sua tese de livre-docência *Ilha de Calor na Cidade de São Paulo: sua dinâmica e efeitos na saúde da população*, relacionou a ilha de calor com o agravamento dos problemas respiratórios, os piores casos se relacionaram com a poluição atmosférica. Cabral na sua tese de doutorado *Análise das alterações climáticas na cidade de São Paulo (1887-1995) no contexto da expansão da mancha urbana*, correlacionava as concentrações de material particulado, dióxido de enxofre com doenças respiratórias com as condições socioeconômicas de grupos de riscos.

Na tese de doutorado de Jutta Gutberlet, *Cubatão - Desenvolvimento, exclusão e degradação ambiental* (1996), pesquisadora reúne uma densa pesquisa sobre a poluição atmosférica em Cubatão. Ela relata o processo de urbanização de Cubatão e o desenvolvimento do seu complexo industrial a luz dos modelos de desenvolvimento dos países capitalistas periféricos, e as consequências ambientais resultantes. Utilizou a técnica de biomonitoramento para avaliar a distribuição e espacialização da poluição atmosférica, examinando também a perspectiva social e econômica da poluição para a população local. É uma referência elementar no campo Ciência Geográfica para o estudo da poluição atmosférica em cidades industriais.

Em seu trabalho de graduação - *A evolução histórica da poluição atmosférica medida na RMSP, de 1973 a 2003* - Chiquetto (2005) expõe a evolução da poluição na medida na cidade de São Paulo e arredores, relacionando as mudanças urbano-industriais e intervenções estatais e planos de controle da poluição atmosférica. Esse trabalho possui uma grande importância não apenas por compreender a dinâmica histórica dos poluentes emitidos nas estações instaladas, como também as alterações das fontes emissoras pelo aumento do tráfego veicular da RMSP.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) apresenta importância fundamental para a divulgação de estudos e pesquisas atualizados sobre os efeitos da poluição ambiental na saúde humana, os Guias de Qualidade do Ar publicados pela OMS são documentos-chave para que os países estabeleçam seus padrões de qualidade do ar, a organização reúne um grupo de trabalho

para examinar as provas científicas mais recentes disponíveis e determinam os valores-guia para as publicações.

Relevante ressaltar as pesquisas realizadas pela CETESB, ela possui extensas publicações: relatórios anuais sobre qualidade do ar, caracterização das estações de monitoramento na RMSP e no interior do estado, estudos investigativos de ocorrência, avaliação de concentrações e biomonitoramento de poluentes.

Aumentou nas últimas décadas pesquisas da área da saúde relacionadas a exposição a longo prazo de poluição, já que mesmo que em quantidades mínimas e estipuladas abaixo dos padrões de qualidade dispostos nas legislações ambientais os poluentes atmosféricos oferecem riscos à saúde humana (BOHM et. al., 2001). Trabalhos como Jasinski et. al. (2011) que buscou analisar os efeitos da poluição nas populações de crianças e adolescentes em Cubatão entre 1997 a 2004, Nardocci et. at. (2013) realizou séries temporais das internações hospitalares por doenças cardiorrespiratórias e sua relação com a poluição do ar em Cubatão de 2000 a 2008.

A Ciência Geográfica atual está inserida nesse contexto, cada vez mais ampliando as pesquisas sobre saúde pública a partir das competências geográficas como a análise espacial e o geoprocessamento. Lígia Vizeu Barrozo, é um grande exemplo, em projeto de pesquisa mais recente *"Iniquidades em saúde e contexto geográfico (condições socioeconômicas e morfologia urbana)"*, a geógrafa dedica-se a projetos de pesquisas usando a cartografia para identificar as desigualdades urbanas associadas a injustiças da saúde humana, para servir de instrumentalização de políticas públicas para construção de cidades mais saudáveis. Os trabalhos de Ikefuti e Barrozo (2015) partem desta mesma premissa, ao estudar a associação entre variáveis meteorológicas, índice climático, fatores socioeconômicos e mortalidade por doenças do aparelho circulatório (acidente vascular cerebral e embolia pulmonar) no município de São Paulo, calcularam os riscos relativos e os agrupamentos espaciais, mapeando-os. O trabalho conseguiu observar uma relação significativa entre a mortalidade por AVC e algumas variáveis socioeconômicas como residências particulares e números de moradores, renda per capita, presença de vegetação, iluminação pública, calçada e asfalto, as autoras apontam que informações como estas podem ser importantes para

estimular a prevenção, junto aos fatores individuais que acometem os possíveis portadores da doença, o estudo incentiva a maior atenção a população vulnerável do município.

3.2. Efeitos da poluição atmosférica na saúde

A interação entre as fontes de poluição e atmosfera que vai definir o nível de qualidade do ar, que por sua vez define o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores, que pode ser o homem, os animais, os materiais e as plantas.

Tabela 2 – Fontes de emissões atmosféricas e poluentes associados

FONTES		POLUENTES
Fontes estacionárias	Combustão	Material particulado, Dióxido de Enxofre, 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, Nox
	Outras	Hidrocarbonetos, Material particulado
Fontes móveis	Veículos gasolina/diesel/álcool	Material particulado, Monóxido de Carbono, Hidrocarbonetos, Óxidos de Nitrogênio, Ácidos Orgânicos, Aldeídos
Fontes naturais		Material particulado - Poeiras, Gases - SO ₂ , H ₂ S, CO, NO, NO ₂ , Hidrocarbonetos
Reações químicas da atmosfera		Poluentes secundários - O ₃ , Aldeídos, Ácidos Orgânicos, Nitratos Orgânicos, Aerossol Fotoquímico, etc.

(Adaptado de CETESB, 2014)

A definição da qualidade do ar, devido a uma questão de ordem prática são limitadas a um número de poluentes, escolhidos em função da sua importância e dos recursos materiais e humanos possíveis.

O índice é realizado para melhor divulgação dos dados, o em uso atualmente é o baseado no PSI (Pollutant Standards Index) realizado pelos Estados Unidos pela EPA, para padronizar a publicação da qualidade do ar para o público em geral.

O índice é obtido através de uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões de qualidade do ar. Desta função, que relaciona a concentração do poluente como valor índice, resulta um número adimensional referido a uma escala com base em padrões de qualidade do ar (CETESB, 1996, p.17).

Para cada poluente é medido um índice, para efeito de divulgação é utilizado o índice mais elevado, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso. A relação entre índice de qualidade do ar e efeitos na saúde é apresentada em seguida:

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	CO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	Significado
Boa	0 - 50	0 – 50	0 - 80	0 - 4,5	0 - 100	0 – 80	Praticamente não há riscos à saúde.
Regular	51 - 100	>50 – 150	>80 - 160	>4,5 - 9	>100 - 320	>80 – 365	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
Inadequada	101 - 199	>150 – 250	>160 - 200	>9 - 15	>320 - 1130	>365 – 800	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Má	200 - 299	>250 – 420	>200 - 800	>15 – 30	>1130 - 2260	>800 – 1600	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com problemas cardiovasculares)
Péssima	>299	>420	>800	>30	>2260	>1600	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Tabela 3 – Índice de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo. Fonte: CETESB, 2013, p. 28.

O grupo de poluentes que são considerados importantes para mensurar a qualidade do ar são o **dióxido de enxofre (SO₂)**, **partículas inaláveis (MP₁₀)**

e $MP_{2,5}$), monóxido de carbono (CO), ozônio (O_3), dióxido de nitrogênio (NO_2). A razão dessa escolha é devido à maior frequência da ocorrência dos mesmos na atmosfera e seus efeitos adversos ao ser humano e meio-ambiente (OMS, 2005; CETESB, 2018).

Os estudos sobre a relação de morbimortalidade já mostram que mesmo concentrações abaixo dos padrões recomendados, os poluentes podem acarretar efeitos sobre a saúde humana. Os mais diversos estudos também mostram que as faixas etárias mais suscetíveis a exposição de poluentes são as crianças e idosos, portadores de cardiopatias e pneumopatias preexistentes também são um grupo de riscos aos poluentes atmosféricos. Aumenta-se crise de asma, dores precordiais, limitações funcionais, internações hospitalares (BONM et al, 2001).

No caso da presença simultânea de vários poluentes, os efeitos observados podem ser atribuídos à ação combinada de mais de um poluente. Como por exemplo, a ação combinada de SO_2 e material particulado possui efeito mais grave do que deles separado, o SO_2 absorvido na superfície das partículas muito pequenas conseguem ser introduzidos a lugares mais profundos dos pulmões.

3.2.1. Material Particulado: partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (MP_{10}) e partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$)

O material particulado é uma mistura de partículas finas e sólidas em suspensão no ar, sua composição e tamanho depende da fonte de emissão. É dividido pelo seu tamanho aerodinâmico, as PTS são aquelas que possuem tamanho de diâmetro menor que 100 μm , as MP_{10} são aquelas que possuem tamanho menor que 10 μm e as $MP_{2,5}$ são aquelas que possuem tamanho menor que 2,5 μm . O tamanho das partículas emprega um papel importante no efeito delas na saúde, as PTS são retidas no sistema respiratório superior. As partículas finas possuem mais acidez, podendo alcançar lugares mais inferiores do trato respiratório, prejudicando as trocas gasosas. Entre seus principais componentes temos carbono, chumbo, vanádio, bromo e os óxidos de enxofre e nitrogênio, que na forma de aerossóis (uma estável mistura de partículas suspensas em um gás) são a maior fração das partículas finas.

Polens e esporos, materiais biológicos, também se encontram nesse grupo (BOHM et. al., 2001; CETESB, 1986; SEINFELD, 1978).

3.2.2. Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

O NO₂ possui uma baixa solubilidade e é capaz de penetrar profundamente no sistema respiratório, podendo dar origem a nitrosaminas (complexos químicos cancerígenos), algumas das quais carcinogênicas. O NO₂ é um poderoso irritante, podendo conduzir a sintomas parecidos com o enfisema. As principais NO₂ são os motores dos automóveis, as usinas termoelétricas e indústrias que utilizam combustíveis fósseis contribuem em menor escala. Durante a combustão em altas temperaturas, o oxigênio reage com o nitrogênio formando óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio (NO₂) e outros óxidos de nitrogênio (NO_x). Esses compostos são muito reativos e na presença de oxigênio (O₂), ozônio e hidrocarbonetos, o NO se transforma em NO₂. Por sua vez, NO₂ na presença de luz do sol reage com hidrocarbonetos e oxigênio formando ozônio (O₃), sendo um dos principais predecessores desse poluente na atmosfera. O NO₂, quando inalado, atinge as porções mais profundas do pulmão devido à sua baixa solubilidade. Seu efeito tóxico está relacionado ao fato de ser um agente oxidante (BOHM et. al., 2001; CETESB, 1986; SEINFELD, 1978).

3.2.3. Ozônio (O₃)

O ozônio representa os oxidantes fotoquímicos, que são os poluentes secundários formados pelo *smog* fotoquímico das reações entre hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, derivados de fontes de combustão móveis, como os veículos automotivos, de fontes estacionárias, como usinas termoelétricas, e até mesmo fontes naturais como as árvores, que contribuem na produção de compostos orgânicos voláteis. As concentrações de ozônio produzem um estreitamento das vias respiratórias por alcançar porções mais profundas das vias, provocando danos celulares pelo seu potencial oxidante (BOHM et. al., 2001; CETESB, 1986; SEINFELD, 1978).

O efeito do O₂ mais relatado é a irritação dos olhos, os principais componentes da mistura associados a esse efeito são os peroxiacilnitratos (por exemplo, PAN – peroxiacetilnitrato), o formaldeído e acroleína. A presença de

oxidantes fotoquímicos, tem sido associada a redução da capacidade pulmonar, envelhecimento precoce, danos a estrutura pulmonar e a capacidade de resistir às infecções respiratórias (BOHM et. al., 2001; CETESB, 1986; SEINFELD, 1978).

3.2.4. Dióxido de enxofre (SO₂)

O dióxido de enxofre é um gás altamente solúvel que em contato com as vias respiratórias superiores, transformasse em ácido sulfúrico, um dos ácidos mais irritantes para o trato respiratório. Sua alta solubilidade nas passagens úmidas do trato respiratório, conduz ao aumento da resistência à passagem do ar e a produção de muco. Exposições prolongadas a baixas concentrações de enxofre tem sido associada ao aumento de morbidades cardiovasculares em pessoas idosas e doenças respiratórias em crianças como bronquite (BOHM et. al., 2001; CETESB, 1986; SEINFELD, 1978).

3.2.5. Monóxido de carbono (CO)

A população dos grandes centros urbanos recebe sua cota de CO do tráfego intenso, porque os automóveis são as maiores fontes de emissão desse poluente. A exposição ao CO está associada com a capacidade do sangue de transportar oxigênio, o CO é relativamente insolúvel e chega facilmente aos alvéolos pulmonares junto com o oxigênio, competindo com na combinação da molécula de hemoglobina, uma vez que a afinidade da hemoglobina é 240 vezes maior com o CO que pelo O₂, diminuindo a capacidade o sangue em transportar oxigênio. Os efeitos do CO na saúde humana irão depender da sua concentração, podendo causar diminuição na capacidade de estimar intervalos de tempo e podem diminuir os reflexos e acuidade visual da pessoa exposta (BOHM et. al., 2001; CETESB, 1986; SEINFELD, 1978).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar a análise da evolução da qualidade do ar em Cubatão foram coletados dados de concentração anuais e mensais e ultrapassagens anuais dos poluentes atmosféricos usados como parâmetro de qualidade do ar nas legislações. De 1981 a 1997 os dados de concentrações e ultrapassagens anuais foram extraídos dos Relatórios Anuais de Qualidade do Ar, de 1998 a

2017 os dados foram extraídos do Sistema Qualar (banco de dados de monitoramento eletrônico), ambos da CETESB. As concentrações anuais apresentam para um determinado ano, os valores de média mensais por parâmetro, enquanto as ultrapassagens têm o objetivo de gerar estatísticas anuais, gerando o número total de ultrapassagem do padrão de qualidade do ar (PQAr) e das metas intermediárias (CETESB, 2018).

Para complementar o entendimento da evolução dos poluentes atmosféricos foi realizado um levantamento do histórico de planos de controle e programas ambientais realizados pelo Estado e dos antecedentes legislativos que contextualizaram a gestão da qualidade do ar em Cubatão.

4.1. Caracterização da fonte de dados

No que compete à poluição atmosférica e a qualidade do ar, a CETESB tem as seguintes atribuições: estabelecer e executar planos e programas de atividades de prevenção e controle da poluição, efetuar levantamentos e manter um cadastro das fontes de poluição atualizado, inventariar as fontes prioritárias, elaborar normas e instruções técnica para o controle das emissões, autorizar pleno funcionamento das fontes de poluição definidas por regulamento, fiscalizar e efetuar inspeções em estabelecimentos que causem ou possam causar emissões de poluentes, colaborar com Planos Diretores urbanos e regionais no interesse do controle e preservação do meio (SÃO PAULO (Estado), 1976).

A CETESB opera desde 1973 com uma rede manual de amostragem de poluição que monitorava as concentrações de SO₂ e fumaça, CO a partir de 1976 e partículas totais em suspensão a partir de 1983. A rede automática de monitoramento iniciou em 1981 nas áreas prioritárias, foi a primeira rede automática da América Latina a instalar-se de maneira contínua completando o Sistema de Avaliação da Qualidade do Ar, em operação desde 1965.

A divulgação dos resultados mensurados pela rede era feita pela imprensa, através dos Índices de Qualidade do Ar. O monitoramento da poluição atmosférica tinha o interesse em atuar em frentes, a curto prazo, para prevenir ocorrências de casos agudos de poluição, e em longo prazo, observando a tendência dos dados e colocando Planos de Controle do Ar em

prática nas áreas afetadas. Atualmente os boletins diários de qualidade do ar estão disponíveis no site da CETESB.

Configuração da rede de amostragem em Cubatão entre os anos de 1981 a 2017.

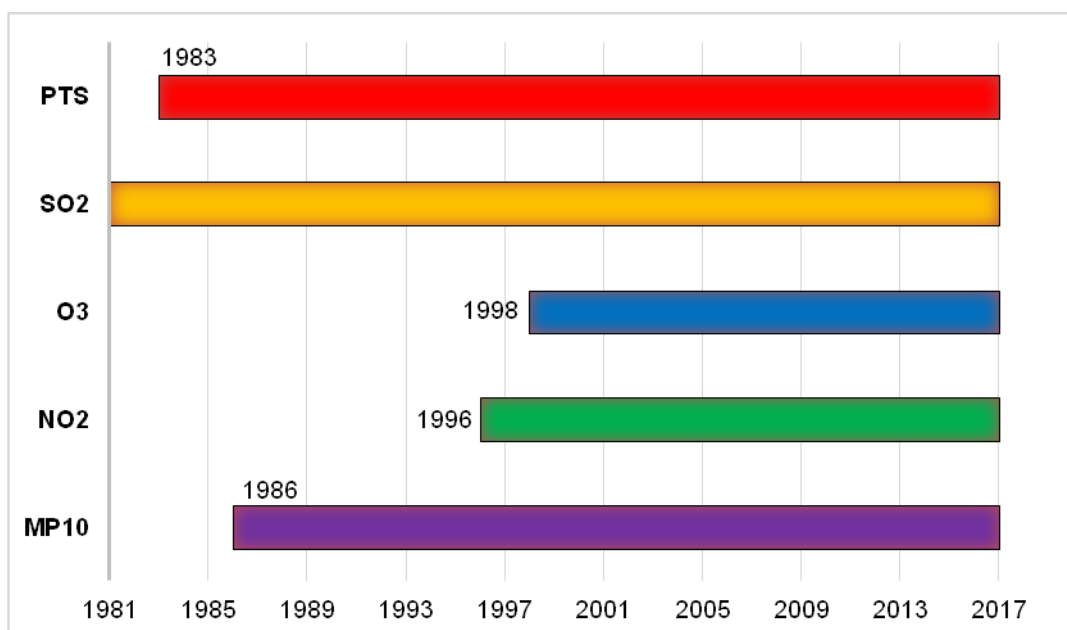


Figura 6: Configuração da rede de amostragem em Cubatão entre os anos de 1981 a 2017.
Fonte: CETESB, 1986; CETESB, 2018.

O gráfico mostra a configuração da rede de amostragem das concentrações de poluentes em Cubatão. A rede automática inicia-se sua medição em 1981 com SO₂, em 1986 com as partículas finas (atualmente chamadas de MP₁₀), em 1996 com O₃ e 1998 com NO₂. As partículas totais em suspensão são medidas pela rede manual desde 1983, em 2013 pela legislação vigente, o parâmetro não é considerado para gerar o índice de qualidade do ar, mas é usado como parâmetro auxiliar para avaliar critérios específicos da CETESB. Os padrões de qualidade, CO e MP_{2,5} não são medidos em Cubatão.

Os dados de ultrapassagens do PQAr seguem a mesma tendência de configuração do gráfico acima, com exceção do O₃ que possui desde 1981 dados de ultrapassagens anuais e do MP₁₀ que somente em 1990 irá ter os dados. As estações automáticas em Cubatão entre 1981 a 1995, se dividiam em estação Cubatão – Centro (ativa desde 1981), estação Cubatão – Vila Parisi (ativa desde 1982) e estação Cubatão – Vila Nova (ativa desde 1984 e desativada em 1996). Em 05/04/2006 ativaram a estação Cubatão – Vale do Mogi.

Para a análise da evolução histórica os poluentes, as séries históricas utilizadas serão a que mantiveram continuidade de medições aos longos dos anos desde suas ativações, estações Centro, Vila Parisi e Vale do Mogi. A estação Vila Nova teve um período de atividade de 11 anos, sem representatividade de dados para os parâmetros de O₃ e NO₂ para concentrações anuais, e sem dados de ultrapassagens para os mesmos poluentes.

Tabela 4 - Série histórica para dados de concentrações anuais

Poluentes	Centro			Vila Parisi ¹			Vale do Mogi		
	Início	Término	Série histórica (anos)	Início	Término	Série histórica (anos)	Início	Término	Série histórica (anos)
PTS	1983	2003	20	1983	2017	34	X	X	X
SO2	1981	2017	36	1982	2017	35	2008	2017	9
O3	1998	2017	19	2003	2006	3	2006	2017	11
NO2	1981	1983	2	1982	1983	1	2006	2017	11
	1996	2017	21	2004	2017	13			
MP10	1986	2017	31	1986	2017	31	2006	2017	11

Tabela 5 - Série histórica para dados de ultrapassagens diárias e anuais ²

Poluentes	Centro			Vila Parisi			Vale do Mogi		
	Início	Término	Série histórica (anos)	Início	Término	Série histórica (anos)	Início	Término	Série histórica (anos)
PTS	1983	2003	20	1983	2017	34	X	X	X
SO2	1981	2017	36	1982	2017	35	2008	2017	9
O3	1981	2017	36	1982	1983	1	2006	2017	11
NO2	1996	2017	21	2004	2017	13	2006	2017	11
MP10	1990	2017	27	1990	2017	27	2006	2017	11

(Adaptado de Relatórios Anuais CETESB e Sistema Qualar)

¹2004 não tem concentração de O₃ para Vila Parisi

²1981 - 1997: Ultrapassagens do PQAR (24h) / 1998 - 2017: Ultrapassagens do PQAR Anual

Os dados de ultrapassagens de 1981 a 1997 foram partes extraídos dos Relatórios Anuais de Qualidade do Ar feitos pela CETESB, suas ultrapassagens são referentes às concentrações do Padrão de Qualidade do Ar diário - PQAr (24h), a partir de 1998 os dados foram extraídos do Sistema Qualar, com o número de ultrapassagens sendo referentes a PQAr anual dos parâmetros. Portanto, a análise da evolução da poluição será dividida entre esses dois períodos.

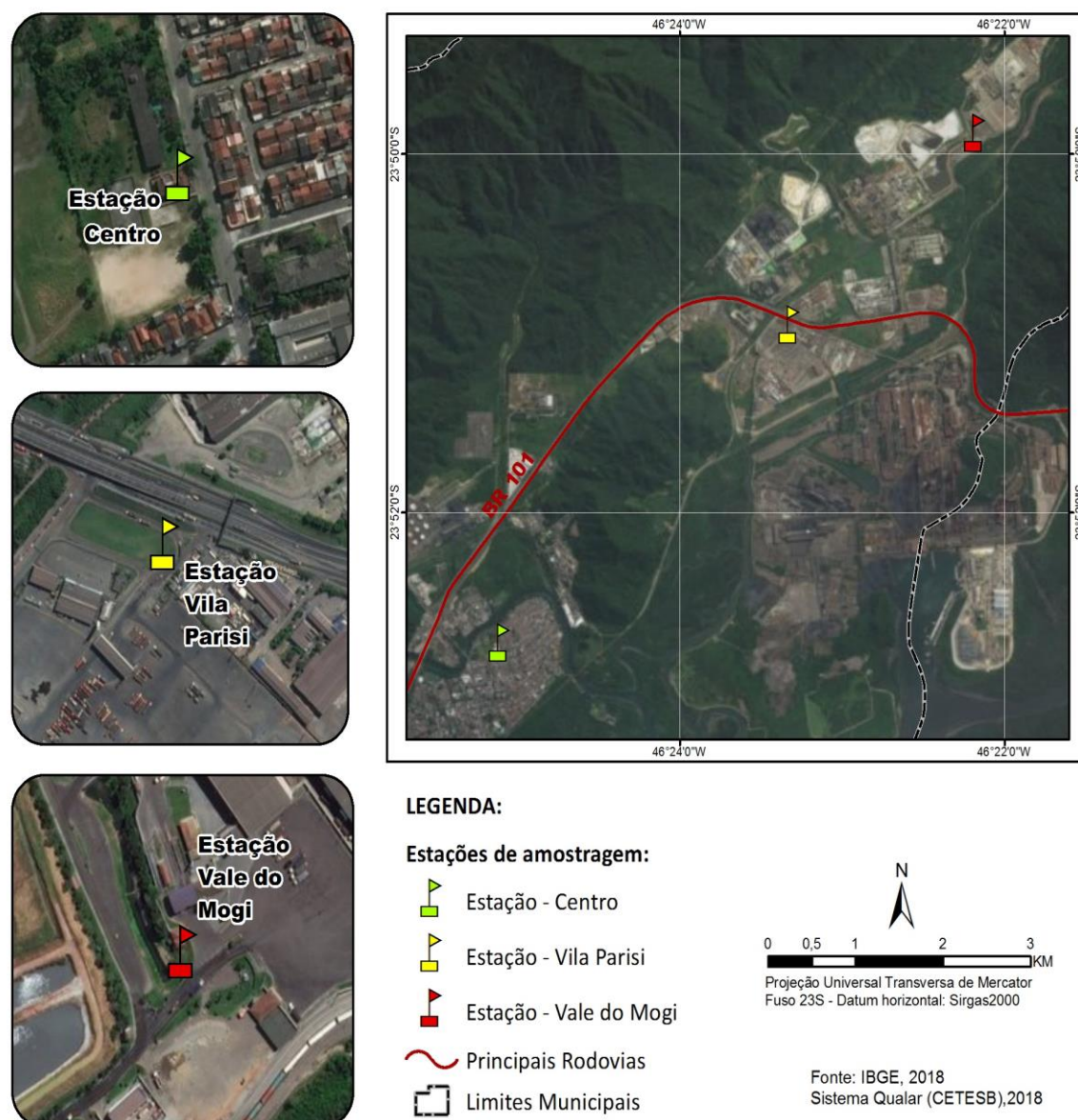


Figura 7 - Mapa de localização das estações de amostragem da CETESB em Cubatão, SP.
Org: Ana Clara Dias.

A estação **Cubatão – Centro** está localizada na latitude 23° 50' 58" S e longitude 46° 23' 19" W na área urbana central da cidade, região comercial e majoritariamente residencial. A estação **Cubatão – Vila Parisi** está localizada na latitude 23° 50' 58" S e longitude 46°23' 19" W, situada no Vale do Mogi em um núcleo residencial encravado na área industrial da cidade, sofrendo influência direta das indústrias de fertilizantes e siderúrgicas localizadas na área. A estação **Cubatão - Vale do Mogi** está localizada na latitude 23°49'53,7"S e longitude 46°22'10,5"W, está situada também no Vale do Mogi, na área industrial próxima a centros de logísticas de transportes e indústrias de insumos agrícolas.



Figura 9 – Localização da estação Cubatão – Centro em setembro de 2009 e maio de 2007.
Fonte: CETESB (site) e Google Earth.



Figura 10 – Localização da estação Cubatão – Vila Parisi e Vale do Mogi em setembro de 2009. Fonte: CETESB (site).

4.2. Padrões de Qualidade do Ar

Segundo a CETESB, os objetivos do monitoramento da qualidade do ar são equipar-se de dados para ativar ações de emergências em caso de episódios agudos de poluição atmosférica que apresentem risco à saúde humana, avaliar a qualidade do ar para que os limites estabelecidos não sejam ultrapassados, acompanhar as tendências e mudanças na qualidade do ar devido às alterações nas emissões de poluentes (CETESB, 2018).

Para atingir esses objetivos se fixam os padrões de qualidade, definidos legalmente como o limite máximo de concentração de um componente atmosférico que garanta a saúde e o bem-estar das pessoas (CETESB, 2018). Os padrões não se resumem a apenas a identificação das concentrações de poluentes obrigatórias, eles também sistematizam os critérios criação de um indicador geral de qualidade do ar, gerados para fins de distribuição de informações ao público.

O padrão de qualidade do ar vigente para o estado de São Paulo é o estabelecido pelo Decreto Estadual N° 59113/2013, que elucida os termos e especificidades da Lei Estadual N° 997/76 (que dispõe sobre o Controle da

Poluição do Meio Ambiente), a lei que instituiu o sistema de controle e prevenção da poluição ambiental, a responsabilidade legal da CETESB para a execução de planos de controle, licenças de instalações, fiscalização e multas às fontes de emissões que não cumprirem a premissa da lei, o não lançamento e poluição de águas, solos e ar. Um breve histórico das legislações ambientais que definiram o padrão de qualidade do ar do período de 1981 a 2017 será apresentado no capítulo 5 desta pesquisa.

4.3. Métodos de amostragem

Os métodos de amostragem para determinação de concentração dos poluentes estão dispostos nos anexos do DE N° 8468/76, sendo também fixados na Resolução Conama N°03/90. Todos os métodos são aprovados pelo INMETRO e na carência deles, recomenda-se os citados pelo IBAMA como os mais apropriados e que devem ser usados preferencialmente. No estado de São Paulo é dever da CETESB o teste periódico dos métodos segundo os critérios de confiabilidade, especificidade, precisão, exatidão, sensibilidade, tempo de resposta, desvio de calibração e demais características consideradas convenientes ao critério do órgão estadual (SÃO PAULO (Estado), 1976).

Os métodos de amostragens a serem descritos estão localizados integralmente nos anexos I ao IV do artigo 30 DE N° 8468/76 e nos regulamentos normativos aprovados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

4.3.1. Amostrador de Grandes Volumes (Hi-Vol)

O aparelho é utilizado para medir partículas totais em suspensão e chumbo. O ar é sugado um abrigo e passa por uma vazão de 1,13 a 1,7 m³/minuto, que faz com que as partículas em suspensão com diâmetros menores que 100 micra chegue ao filtro. A concentração de partículas em suspensão é expressa em microgramas por metro cúbico (µg/m³), é calculado determinando-se a massa do material coletado e o volume do ar amostrado ((SÃO PAULO (Estado), 1976).

4.3.2. Pararosanilina

O método é utilizado para medir concentrações de dióxido de enxofre. O poluente é absorvido do ar em uma solução de tetracloromercurato de potássio

(TCM), resultando em diclorosulfitomercurato complexo, um composto resistente à oxidação do ar. Uma vez formado esse composto é estável a oxidantes fortes (como o ozônio, óxidos de nitrogênio). Logo depois o composto é reagido com pararosanilina (corante vermelho tendo fórmula química $C_{19}H_{18}N_3Cl$) e formaldeído (CH_2O) para formar o ácido pararosanilina metil, sulfônico, intensamente colorido. A capacidade da solução em absorver radiações específicas (absorbância) é medida espectrofotometricamente, a concentração é expressa em microgramas por metro cúbico ((SÃO PAULO (Estado), 1976).

4.3.3. Quimiluminescência

Quimiluminescência é o processo usado para medir concentrações NO_2 e O_3 . O ar coletado e etileno (hidrocarboneto, com fórmula química C_2H_4) são inseridos em uma câmara de reação onde o ozônio (O_3) do ar reage com o etileno e emite luz que é detectada por um tubo fotomultiplicador (dispositivo eletrônico que converte a luz em corrente elétrica). A corrente resultante é amplificada e então, lida em um registrador. A concentração é expressa em microgramas por metro cúbico ((SÃO PAULO (Estado), 1976).

4.3.4. Separação Inercial/Filtração

Para medição de partículas inaláveis e partículas inaláveis finas, recomenda-se amostradores de Grande Volume (*Hi-Vol MP10*). A metodologia fundamenta-se na separação, por inércia, do material particulado de tamanho superior a $10\mu m$, através de chicanas. As partículas menores passam por chicanas e ficam retidas em papel filtro, a concentração é expressa em microgramas por metro cúbico (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995).

4.3.5. Infravermelho não dispersivo

Este método é baseado na absorção de radiação na região do infravermelho do espectro pelo monóxido de carbono (CO). A energia (infravermelho) dada por uma fonte é dividida em dois feixes paralelos, um feixe que passa através de uma cela de referência, e outro que passa através da cela da amostra. Em seguida, esses feixes atingem dois detectores (duas celas idênticas que possui CO). O CO contido nas celas detectoras absorve

energia em suas frequências específicas. A cela de referência contém um gás que não absorve energia nessas frequências, assim sendo, se não houver CO na cela da amostra, os sinais dos dois detectores irão se equilibrar. Quando tiver CO na cela da amostra, este irá absorver energia fazendo com que a temperatura e a pressão na cela detectora correspondente diminuam. Este desequilíbrio entre as celas detectoras, vai movimentar um diagrama colocado entre as duas celas, esta diferença no diagrama vai ser eletronicamente detectada e amplificada, resultando um em sinal possível de ser medido. Ao contrário dos outros métodos, a unidade de saída do CO é a partes por milhão (ppm) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Antecedentes legislativos

Uma série de acontecimentos promoveram a mudança de percepção das sociedades industriais e suas lideranças políticas sobre a temática ambiental, uma expressão dessa mudança são as legislações ambientais. Quando se discute essa temática facilmente se faz associação da necessidade de preservação da biodiversidade de genes e espécies animais, havendo uma pormenorização da proteção dos recursos naturais presentes no mesmo ecossistema.

A questão ambiental começou a ser levada a sério nos meados do século XX (o processo de industrialização dos países capitalistas desenvolvidos iniciou no século XVIII), após inúmeros casos de episódios agudos de poluição resultarem em mortes e doenças a populações dos grandes centros urbanos. A *Clean Air Acts* de 1956, só foi aprovada no parlamento em inglês após um incidente de inversão térmica que foi responsável por mais de 1600 mortes e 20 mil casos de doenças causada pelo acúmulo de fumaças e partículas do carvão queimado. Esse acontecimento foi muito importante para se criar discussões acerca dos ambientalismo e proteção da qualidade do ar nas cidades industriais. No período que a lei foi criada, países ocidentais como Estados Unidos e Japão criaram agências de monitoramento e avaliação da qualidade do ar.

No Brasil já na década de 60 surge diplomas legais com uma preocupação mais concreta com a proteção ambiental. No Estado de São Paulo é criada uma autarquia denominada Fomento Estadual de Saneamento Básico (FESB), com uma entidade administrativa denominada CETESB - Centro Tecnológico de Saneamento Básico, nessa época o órgão tinha um trabalho mais focado no saneamento ambiental. Foi criada também nesse período a Superintendência de Saneamento Ambiental (SUSAM) e na esfera municipal foi comemorado, entre os municípios vizinhos à Capital e o Governo do Estado, um convênio para a criação da CICPAA - Comissão Intermunicipal de Controle da Poluição da Águas e do Ar (CHIQUELLO, 2005).

Mas é na década de 70 tem-se o marco das preocupações sobre o meio ambiente em escala global, não apenas nos países desenvolvidos. Em 1972, na cidade de Estocolmo na Suécia, a ONU organiza a Conferência sobre o Meio Ambiente Humano, foi a primeira grande reunião com chefes de estado organizada pela ONU para se pensar nos direitos universais em um ambiente sadio e produtivo. No Brasil como consequência dos desdobramentos da Conferência, é criado o Decreto Federal N° 73.030, de 30 de outubro de 1973, cria a Secretaria Especial do Meio Ambiente (Sema) que se colocava a discutir a questão ambiental com a opinião pública (RIOS, ARAÚJO, 2005; POTT, ESTRELA, 2017).

A industrialização teve um impacto muito particular em Cubatão, capitais nacionais e internacionais eram investidos para o surgimento de hidrelétricas, indústrias petroquímicas, de fertilizantes, siderúrgicas, refinarias, todos os segmentos que faziam o Brasil sair do seu perfil agrário-exportador terceiro-mundista para ganhar um alinhamento industrial e atrativo para investimentos estrangeiros. Casos de poluições agudas pelas fontes industriais ficavam cada vez mais recorrentes, tendo que o poder público tomar decisões conter a situação.

Nesse período o Estado de São Paulo tomou a dianteira no campo legislativo para controle e monitoramento da poluição ambiental. Em 1976, surge a **Lei N° 997 de 31/05/1976**, que instituiu o Sistema de Prevenção e Controle da Poluição do Meio Ambiente, no Estado, sendo o seu Regulamento o **Decreto N° 8.468, de 08/09/1976**.

É a partir dessa lei que a CETESB se torna o órgão competente a estabelecer, executar planos e programas de atividades de prevenção e o controle da poluição, como também realizar inventários, autorizar, fiscalizar e penalizar as licenças de instalações de fontes fixas potencialmente poluidoras. No decreto se coloca uma necessidade da participação da CETESB na participação de Planos-Diretores urbanos e regionais.

No Capítulo III no Decreto de 1976 fica determinado os padrões de qualidade do ar e uma série de dispositivos necessários para o controle e fiscalização do ar. Para efeitos, esse regulamento definiu poluentes em duas divisões a partir da sua formação, primários (PTS, CO, SO₂, NO₂) e secundários (O₃), considerava-se ultrapassado do padrão de qualidade numa região ou sub-região de controle da qualidade do ar quando a concentração medida em qualquer uma das estações medidoras exceder, pelo menos, uma das concentrações limites especificadas na lei (SÃO PAULO (Estado), 1976).

Tabela 6 - Padrão de Qualidade do Ar – Decreto Estadual N° 8.468/76 (Lei N° 997/76)

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão (µg/m ³)
PTS	24 horas	240
	MGA ¹	80
SO ₂	24 horas	365
	MAA ²	80
CO	1 hora	40000
	8 horas	10000
O ₃	1 hora	160

(Adaptado de CETESB, 1986, p. 24)

¹ MGA - Média Geométrica Anual

² MMA - Média Aritmética Anual

Mesmo essa articulação legislativa e o novo papel da CETESB no controle da poluição ambiental nas áreas com graves acúmulos, o trabalho era iniciante e o controle uma longa jornada a se cumprir e manter.

As condições ambientais em Cubatão ainda repercutiram negativamente, na década de 70 chegou até a mídia internacional, imagens de crianças raquíticas e adultas com baixa expectativa de vida por casos de câncer no município, o que assustou a todos, protestos da população local, ambientalistas, pesquisadores forçaram o Congresso Nacional a mobilizar em um grupo de trabalho que colocasse as degradações ambientais como pauta prioritária ao

governo federal, essa mobilização resultaria na Política Nacional do Meio Ambiente (RIOS, ARAÚJO, 2005).

Em 31 de agosto de 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) foi estabelecida pela **Lei Federal N° 6938/81** seu objetivo é a criação de regras que tornem possível o desenvolvimento sustentável por meio de mecanismos e instrumentos capazes de conferir ao meio-ambiente maior proteção (BRASIL, 1981).

Na prática, a PNMA fundou o Sistema Nacional do Meio-Ambiente (SISNAMA) que reúne os órgãos e instituições ambientais da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal que irão fazer compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico. O SISNAMA é estruturado da seguinte maneira: *Conselho do Governo*, o órgão superior que congrega a Casa Civil da Presidência da República e todos os ministros, nele é formulado as políticas, diretrizes para o meio ambiente e os recursos naturais; o *Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)*, é o órgão consultivo e deliberativo, nele discute-se as normas e padrões compatíveis com o meio ambiente, define as normas e padrões federais que precisarão ser acatados pelos Estados e Municípios, sendo que os estados podem avaliar os critérios de acordo com suas realidades, desde que não infrinjam os parâmetros ditos pelo CONAMA; o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Instituto Chico Mendes (ICMBio), são órgãos executores que tem o objetivo de executar e fazer executar a política e as diretrizes governamentais fixadas para o meio ambiente, de acordo com as respectivas qualificações; os órgãos seccionais são as entidades estaduais responsáveis pelos programas ambientais e fiscalização das atividades que utilizam recursos naturais; os órgãos locais são as entidades municipais responsáveis pelos programas ambientais na esfera municipal (BRASIL, 1981).

O plenário do CONAMA é representado por órgãos federais, estaduais e municipais, do setor empresarial e da sociedade civil, e nesse espaço são definidos normas e padrões compatíveis com o meio ambiente, a saúde e a qualidade de vida a população. Uma das ações mais importantes do CONAMA para a gestão da qualidade do ar no âmbito federal foi a **Resolução CONAMA**

Nº 05 de 15/06/1989 que criou o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR) com o intuito de:

Permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhora da qualidade do ar, ao atendimento dos padrões estabelecidos e o não comprometimento da qualidade do ar nas áreas consideradas não degradadas (Resolução CONAMA Nº 05, 1989, p.2).

Segundo a Resolução CONAMA Nº05/89 (PRONAR) os estados federativos deveriam ser divididos em áreas enquadradas de acordo as intenções de uso e ocupação do solo:

- Classe I: Áreas de preservação, lazer e turismo, como Parques Nacionais e Estaduais, Reservas e Estações Ecológicas, Estâncias Hidrominerais e Hidrotermais, nessas áreas deveriam ser mantidas a qualidade do ar em nível mais próximo do que seriam sem intervenção humana.
- Classe II: Áreas onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja restrito pelo *padrão secundário* de qualidade.
- Classe III: Áreas de desenvolvimento onde o nível de deterioração da qualidade do ar seja limitado pelo *padrão primário* de qualidade.

(Resolução CONAMA Nº05/89, p. 2, 1989)

O primeiro dispositivo legal do PRONAR foi a **Resolução CONAMA Nº 03 de 1990**, que estabeleceu novos padrões de qualidade do ar e critérios para episódios agudos de poluição do ar para as unidades federativas.

Tabela 7 - Padrão Nacional de Qualidade do Ar – Resolução CONAMA Nº 03/1990

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Redução do P1/P2 (%)	Método de medição
PTS	24 horas	240	150	38	Amostrador de grandes volumes
	MGA	80	60	25	
SO ₂	24 horas	365	100	73	Pararosanilina
	MAA	80	40	50	
CO	1 hora	40000	40000	-	Infravermelho não dispersivo
	8 horas	10000	10000	-	
O ₃	1 hora	160	160	-	Quimiluminescência
Fumaça	24 horas	150	100	33	Reflectância
	MAA	60	40	33	
MP ₁₀	24 horas	150	150	-	Separação Inercial/Filtração
	MAA	50	50	-	
NO ₂	1 hora	320	190	41	Quimiluminescência
	MAA	100	100	-	

(Adaptado de CETESB, 1990, p. 26)

P1 – Padrão Primário

A novidade da Resolução CONAMA N°03/90 foi a definição de padrões primários e secundários, já citados na Resolução de 1989 (PRONAR), importantes para a futura classificação dos municípios brasileiros em relação ao nível de deterioração da qualidade do ar ou pela proteção preventivas desse problema.

Os **padrões primários** de qualidade do ar são aqueles que as concentrações de poluentes se ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população; os **padrões secundários** são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral (Resolução CONAMA N°03, 1990, p.3).

A ideia do padrão secundário era criar a base política de prevenção a degradação atmosférica, segundo a Resolução, ele deveria ser aplicado em áreas de preservação como parques nacionais, área de proteção ambiental e estâncias hidrominerais, entretanto ele não se aplicado em áreas em desenvolvimento econômico.

O Estado de São Paulo por meio da CETESB designou formalmente a adoção dos padrões primários estipulados na Resolução CONAMA N° 03/90 para o estado, mas não foi uma novidade, já que os valores de padrões primários da Resolução, se mantiveram os mesmos dos estipulados pela legislação de 1976. Uma das mudanças foi inserir as Partículas Inaláveis (MP₁₀), NO₂ e Fumaça como parâmetros para padrão de qualidade e a diminuição do padrão de qualidade para episódios agudos de poluição do O₃, que em 1976 era 1200 µg/m³ e passou a ser 1000 µg/m³ em 1990.

Os padrões secundários da Resolução CONAMA não chegaram a ser executados no âmbito federal, ou seja, nenhuma unidade federativa precisaria alterar seus padrões, ao menos que quisesse realizar esse trabalho. Dessa forma, em Cubatão, os padrões se continuaram os mesmos desde de 1976.

Se os padrões secundários fossem aplicados ter-se-ia diminuições consideráveis entre os padrões primários e secundários, na tabela abaixo é possível observar os poluentes SO₂, PTS, NO₂ e Fumaça teriam reduções de 73%, 38%, 41% e 33% dos padrões diários primários em relação aos

secundários, nessa devida ordem. Os padrões anuais de SO₂, Fumaça e PTS teriam reduções menores, 50%, 33%, 25%, respectivamente.

O foco desse trabalho não é a avaliação legislativa dos programas de emissões veiculares, porém é preciso esclarecer que o governo federal estabeleceu uma série de resoluções referentes a elas, planos de controle federais foram executados, tendo as unidades federativas a autonomia para deliberar padrões e executar planos de controle acerca da poluição atmosférica e a gestão da qualidade do ar.

O trabalho da CETESB não se findou na simples execução e fiscalização dos padrões de qualidade do ar, os planos de controle, os estudos locais e classificações do grau de saturação de poluição foram colocados como instrumentos cruciais para gestão da qualidade ambiental, comparando com os feitos na esfera federal, São Paulo é um dos estados mais atualizados e articulados na execução de planos de trabalho para redução da poluição atmosférica.

Os padrões de qualidade do ar têm papel fundamental na gestão da qualidade do ar, pois eles se constituem em um referencial básico para a implementação desses instrumentos. Eles são muito importantes para nortear os outros instrumentos de gestão e por isso, é essencial que eles estejam sempre afinados com o conhecimento científico mais atualizado sobre a saúde humana e o meio-ambiente.

A OMS é o órgão internacional que tem como uma das suas diretrizes de gerais o estabelecimento de recomendações, normas e padrões sobre a poluição ambiental, além de coordenar grupos de pesquisas sobre os efeitos da poluição na saúde humana e seu monitoramento em casos extremos. Para isso a OMS publica as **Guias da Qualidade do Ar**, o objetivo das publicações é oferecer orientação sobre como reduzir os efeitos da poluição, auxiliando os formuladores de gestão pública das opções e maneiras sobre as quais se pode gerir a qualidade do ar dos países (WHO, 2005).

A publicação mais atualizada dos Guias de Qualidade do Ar é de 2005, nela a OMS recomenda valores de emissões limites de MP₁₀ e MP_{2,5}, O₃ e SO₂ com base em estudos científicos que mostram a nocividade dos mesmos para a saúde humana, a OMS também recomenda a aplicação de valores intermediários temporários com a intenção de possibilitar o atendimento

progressivo dos valores-guia pelos países, de acordo suas especificidades e instrumentos políticos ambientais possíveis.

A OMS não determina como as práticas normativas serão usadas nos países, ela afirma que cada país tem a autonomia de escolher as maneiras mais adequadas para proteger a saúde de sua população e levando em consideração suas próprias particularidades como fator de aplicação dos padrões de qualidade:

Las normas nacionales varían en función del enfoque adoptado con el fin de equilibrar los riesgos para salud, la viabilidad tecnológica, los aspectos económicos y otros factores políticos y sociales de diversa índole, que a su vez dependerán, entre otras cosas, del nivel de desarrollo y la capacidad nacional en relación con la gestión de la calidad del aire”. En los valores guía recomendados por la OMS se tiene en cuenta esta heterogeneidad y se reconoce, en particular, que cuando los gobiernos fijan objetivos para sus políticas deben estudiar con cuidado las condiciones locales propias antes de adoptar las guías directamente como normas con validez jurídica (WHO, 2005, p.6).

A publicação da ONU tem caráter recomendativo mas com peso de “lei” na medida que vários países utilizam as sugestões para-se basear suas legislações ambientais, mas é interessante perceber que na própria publicação a ressalvas para a imposição dos padrões de qualidade, fatores políticos e econômicos são mais prioritários que referências científicas, a ordem econômica prevalecendo a qualidade ambiental.

Com a publicação da OMS de 2005, o Estado de São Paulo começou em 2008 uma série de estudos e discussões para estabelecer novos padrões de qualidade do ar baseadas nas diretrizes da Organização. O resultado desses grupos de discussão fora concretizado no **Decreto Estadual N° 59113/13**, de 23 de abril de 2013 que estabeleceu os novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas.

Tabela 8 - Padrões de qualidade do ar estabelecidos no DE Nº 59113/13

Poluente	Tempo de amostragem	MI1	MI2	MI3	PF
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25
	MAA ¹	20	17	15	10
SO ₂	24 horas	60	40	30	20
	MAA1	40	30	20	–
NO ₂	1 hora	260	240	220	200
	MAA ¹	60	50	45	40
O ₃	8 horas	140	130	120	100
CO	8 horas	–	–	–	9 ppm
Fumaça*	24 horas	120	100	75	50
	MAA	40	35	30	20
PTS*	24 horas	–	–	–	240
	MGA	–	–	–	80
Chumbo* (Pb)	MAA	–	–	–	0,5

* PTS e Pb são parâmetros auxiliares usados a critério da CETESB

(Adaptado de CETESB, 2015, p. 24)

Comparando os padrões de qualidade fixados na Resolução CONAMA com valores-guia da OMS, é visível que a Resolução possui parâmetros muito mais permissivos a poluições atmosféricas. A legislação paulista ganha um pioneirismo dessa forma, ao estar atenta as atualizações dadas pela OMS e atualizar seus parâmetros para valores mais severos que a Resolução CONAMA.

Tabela 9 – Comparação entre os padrões de qualidade estipulados na Resolução CONAMA (1990), OMS (2005) e DE Nº 59113 (2013).

Poluente	Resolução CONAMA/1990 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	OMS/2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Decreto Estadual Nº 59113/2013 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
MP 10	150 (24 h)	50 (24 h)	120 (24 h)
	50 (anual)	20 (anual)	40 (anual)
SO ₂	365 (24 h)	20 (24 h)	60 (24 h)
	80 (anual)	500 (minutos)	40 (anual)
NO ₂	320 (1 hora)	200 (1 h)	260 (1 h)
	100 (anual)		60 (anual)
O ₃	160 (1h)	100 (8 h)	140 (8 horas)
CO	40000 (1 h)	10000 (8 h)	9 ppm (8 h)
	10000 (8 h)	9 ppm (8 h)	
MP 2,5	-	25 (24 h)	60 (24 h)
	-	10 (anual)	20 (anual)
Fumaça	150 (24 h)	-	120 (24 h)
	60 (anual)	-	40 (anual)
PTS	240 (24 h)	-	240 (24 h)
	80 (anual)	-	80 (anual)

(Adaptado de WHO, 2005; CETESB, 1990;2015)

Por mais que a própria OMS afirme que os países possuem suas particularidades socioeconômicas próprias e por isso podem decidir os parâmetros que desejam, os valores expressados dizem bastante sobre o nível de preocupação do país com a qualidade do ar, já que o padrão de qualidade é o instrumento orientador básico da gestão ambiental das cidades.

A grande mudança no Decreto Estadual de 2013 com os padrões de qualidade vigentes até em então, refere-se à inserção das Metas Intermediárias (MI) e Padrões Finais (PF) como critérios na administração da qualidade do ar estadual:

As Metas Intermediárias (MI) são valores temporários a serem cumpridos em etapas, visando à melhoria gradativa da qualidade do ar no Estado de São Paulo, baseada na busca pela redução gradual das emissões de fontes fixas e móveis, em linha com os princípios do desenvolvimento sustentável. Os Padrões Finais (PF) são determinados pelo melhor conhecimento científico para que a saúde da população seja preservada ao máximo em relação aos danos causados pela poluição atmosférica (SÃO PAULO (Estado), 2013, p.7)

Comparando os padrões da Resolução CONAMA com a Meta Intermediária 1 do novo decreto, pode-se observar que as reduções do padrão são consideravelmente altas, principalmente para os padrões de SO₂, com redução de 82% do padrão anual e 50% do padrão diário e NO₂, redução de 19% do padrão anual e 40% do padrão diário, a fumaça reduziu 20% sobre o padrão anual e 33% sobre o padrão diário, para o MP₁₀ a mudança de legislação reduziu em 20% os padrões fixados para emissões diárias e anuais.

Se aplicada, a MI2 do decreto de 2013, terá como redução de concentrações de parâmetros mais considerável, a referente ao poluente SO₂, de 33% do padrão anual e 25% do padrão diário, para os padrões anuais de MP₁₀, MP_{2,5} e Fumaça as reduções ficarão em torno de 17% e 8% para NO₂; para os padrões diários de MP₁₀, MP_{2,5}, NO₂ e Fumaça as reduções seriam entre 13 e 17% e 7% para O₃. Entre a MI2 e MI3, as reduções dos padrões anuais estarão em torno de 25% para SO₂, MP₁₀, MP_{2,5}, Fumaça e 8% para NO₂; para os padrões diários, entre 10 e 14% para MP₁₀, MP_{2,5} e NO₂ e fumaça, 33% para SO₂ e 8% para O₃. As mais notáveis reduções serão dos decréscimos da MI3 para o Padrão Final, para os padrões anuais ficarão em

torno de 33% para MP₁₀, MP_{2,5}, SO₂ e Fumaça, e 9% para NO₂; para os padrões diários, as reduções ficam em 33% para MP₁₀, MP_{2,5} e Fumaça, 17% para O₃ e 11% para NO₂.

Tabela 10 – Comparação dos padrões de qualidade do ar entre Resolução CONAMA N°03 e Decreto Estadual N°59113/2013

Padrão Anual	1990/2013 (%)	MI1/MI2 (%)	MI2/MI3 (%)	MI3/PF (%)
MP ₁₀	20	17	25	33
MP _{2,5} ¹	-	17	26	32
SO ₂	84	33	25	33
NO ₂	19	8	8	9
Fumaça	20	17	25	33
Padrão diário	1990/2013 (%)	MI1/MI2 (%)	MI2/MI3 (%)	MI3/PF (%)
MP ₁₀	20	13	14	33
MP _{2,5}	-	15	12	33
SO ₂	50	25	33	— ³
NO ₂	40	17	10	11
O ₃ ²	-	7	8	17
Fumaça	33	13	14	33

¹ MP_{2,5} não era Padrão de Qualidade na Resolução Conama

² O₃ possuía tempo de amostragem de 1h na Resolução Conama e no Decreto de 2013, 8h.

³ O padrão final do SO₂ é dado na Meta Intermediária 3
(Adaptado de Resolução CONAMA N°03/90; CETESB, 2015)

Entretanto, o decreto não explica quando as próximas etapas serão iniciadas, ele assegura que os prazos de duração das etapas intermediárias serão definidos pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), a partir do início de sua vigência com base nas avaliações realizadas na etapa anterior, mas não deixa claro quanto anos serão considerados entre uma etapa e outra, ou quais os critérios para se manter em uma Meta Intermediária.

A Resolução CONAMA definiu padrões primários e secundários a serem aplicados como metas gradativas nas unidades federativas mas isso não chegou a ser colocado em prática até hoje. Isso abre questionamentos e dúvidas se o prosseguimento das metas intermediárias do decreto do Estado de São Paulo irá continuar, um questionamento legítimo de se fazer porque a exemplo da Resolução CONAMA, a simples colocação de metas progressivas na lei não é uma garantia de que ela seja cumprida.

Outras mudanças encontradas dos padrões de 1990 a 2013, pode-se citar:

- O acréscimo das partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$) como parâmetro de qualidade.
- A retirada do PTS como padrão oficial, colocando-o como padrão auxiliar (ficando a cargo da CETESB quando utilizá-lo).
- Os padrões referentes ao CO, PTS e Chumbo não possuem Metas Intermediárias, indo direto aos padrões finais as concentrações fixadas na lei.
- Todos os poluentes não citados, os padrões finais passam a valer a partir do fim do prazo do MI3.
- O tempo de amostragem do O_3 são fixados em 8 horas e não mais em 1 hora como no padrão anterior.
- A unidade de amostragem do CO era dada em $\mu g/m^3$ e a partir de 2013 é dada em partes por milhão (ppm).

5.2. Planos de controle de poluição atmosférica

Em um primeiro momento os planos de controle da poluição em Cubatão focaram nos casos agudos de emissões das fontes industriais. O rápido crescimento industrial experimentado em Cubatão entre 1970 a 1980, não foi acompanhado de um planejamento ambiental e urbano a serviço de toda população. As mesmas indústrias que produziam 3% do PIB brasileiro em 1985, lançava diariamente quase 1000 toneladas de poluentes (CETESB, 1986). Para mudar esse quadro foi implantado um programa de controle da poluição com o objetivo de reduzir a poluição em um prazo de 5 anos.

O **plano de controle das fontes fixas** foi dividido em duas fases, a primeira fase foi realizado um levantamento industrial detalhado com as condições históricas e naturais do município para saber quais eram as fontes industriais que emitiam poluentes, a segunda fase consistiu na imposição dos padrões legislativos de qualidade do ar e no uso obrigatório de equipamentos de controle baseado na melhor tecnologia disponível, para esta ação as fontes industriais precisavam produzir um plano de controle de emissões industriais a ser enviado a análise e aprovação da CETESB.

Em 1984, 62 cronogramas de atividades de controle foram estabelecidos entre as indústrias e CETESB, em cada um dos planos de detalhava os

equipamentos, instalações e procedimentos para que cada fonte atendesse os padrões fixados para emissões de processos industriais em Cubatão. Entre 1984 a 1994 foram investidos 700 milhões de dólares pelas indústrias para reduzir o número de emissões (CETESB, 1998).

Tabela 11 - Padrão de emissões para processos industriais de Cubatão

Material Particulado	75 mg/nm ³
Fluoretos Totais	0,10 kgF/t
Fluoretos Totais	0,03 kgF/t
Amônia Total	0,02 kgF/t
Óxidos de Nitrogênio	250 ppm

Tabela 12 - Fontes industriais inventariadas em Cubatão, SP em 1985

Fontes Industriais	1985
Químicas/Petroquímicas	10
Fertilizantes	7
Fábrica de mineral não metálico	1
Fábrica de papel e papelão	1
Fábrica de cimento	1
Total	20

(CETESB, 1986, p.24)

A ação da CETESB é baseada na legislação estadual que exige o registro e o plano de emissão para as empresas conseguirem a licença de funcionamento, seriam considerados “fora da lei”, sendo assim uma ação corretiva importante (Op. Cit, 1986).

Para diminuição de PTS e SO₂ realizaram duas medidas desde 1976. Uma preventiva, o sistema de licenciamento e uma corretiva, o atendimento dos padrões de qualidade do ar. Para PTS, as fontes industriais tiveram que encontrar as melhores tecnologias disponíveis na época (uso de filtros, por exemplo) e para SO₂, a CETESB focou nos processos de combustão industrial, com foi a substituição de óleos com alto teores de enxofre (ATE). A exigência estava no uso de tecnologias que limitassem as emissões de SO₂ a 20 kg por tonelada de óleo ATE queimado.

Historicamente a Vila Parisi, região de concentração industrial, apresenta as maiores concentrações de partículas totais em suspensão e partículas inaláveis, em 1983 chegou a emitir 1000 ug/m³ em 24 horas na estação, devido a episódios críticos como esse, no ano seguinte foi implementado em Cubatão o **plano de prevenção de episódios agudos**, o

plano tinha objetivo de prevenir e minimizar as consequências de poluição aguda, a estratégia do plano era o acompanhamento das concentrações horárias dos poluentes fixados. O plano de episódios agudos incluía dois projetos conciliados entre si: o apoio técnico (pesquisas, estudos sobre o comportamento da atmosfera, aspectos toxicológicos, dispersão de poluentes) e apoio público, permitindo um acompanhamento mais próximo da população das ações do governo e das respostas das indústrias às necessidades de controle ambiental. Um plano complementar de redução era acionado em conjunto, até que as concentrações chegassem aos níveis fixados na legislação.

Tabela 13 - Níveis para episódios agudos de poluição – DE Nº 8.468/1976

Poluente (ug/m3)	Atenção	Alerta	Emergência
PTS – 24h	375	625	875
SO ₂ – 24h	800	1600	2100
SO ₂ x PTS – 24h	65000	261000	393000
CO (ppm) - 24h	15	30	40
O ₃ - 1h	200	800	1200

(Adaptado de SÃO PAULO (Estado), 1976, p. 21-23)

Pensando nas condições meteorológicas desfavoráveis a dispersão de poluentes no inverno, a CETESB estabelecia entre os dias 1º de maio a 31 de agosto, a chamada **Operação Inverno** ⁵, os maiores consumidores de óleos combustíveis, deveriam usar óleos com menos de 1% de enxofre na composição (normalmente os óleos usados tinham cerca de 5%), o governo subsidiava o uso desse óleo. Segundo a CETESB (1986), aumentava -se a vigilância sobre as empresas inventariadas e se o sistema de qualidade do ar mostrasse ultrapassagens, o órgão ambiental solicitava que eles melhorassem a atuação dos seus equipamentos e até mesmo que reduzissem a produção industrial, se necessário. Em 06 de maio de 1986, a **Resolução CONAMA Nº 18** criou o **Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE)**, coordenado pelo IBAMA, no nível estadual pela CETESB, o programa serviu para definir os primeiros limites de emissão para

⁵ A “Operação Inverno” foi instituída pela CETESB em 1976. Ocorre durante o inverno, período em que as condições climáticas se tornam desfavoráveis à dispersão dos poluentes, visando proteger a saúde da população contra os agravos causados por episódios agudos de poluição do ar.

veículos leves, e auxiliar para o atendimento aos Padrões de Qualidade do Ar instituídos pelo PRONAR futuramente. Em 28 de outubro de 1993, a Lei Federal Nº 8.723 assegurou a obrigatoriedade de reduzir os níveis de emissão dos poluentes de origem veicular, cooperando para incentivar o desenvolvimento tecnológico dos fabricantes de combustíveis, motores e autopeças, e permitindo que veículos nacionais e importados, passassem a atender aos limites estabelecidos.

A partir de 1989 a CETESB começa um monitoramento no interior de SP, diferente da RMSP e Cubatão que precisam de um monitoramento constante sobre a qualidade do ar, tendo em vista possíveis episódios agudos ainda a ocorrer, o interior do estado apresenta uma situação diferente, recebendo um acompanhamento de sua situação a longo prazo.

Em 1990 a CETESB desenvolve a segunda fase do programa de controle de fontes fixas em Cubatão, focando nas fontes secundárias e as emissões fugitivas. Junto a isso continua a realizar ações de fiscalização e monitoramento para garantir a manutenção dos níveis de controle obtido e as condições seguras de operação nos processos que trabalham com substâncias perigosas (CETESB, 1991).

Para renovar as informações sobre as fontes fixas, a CETESB realizou um novo levantamento das emissões das fontes estacionárias tendo como referência o ano de 2008. Os resultados foram feitos a partir da consolidação dos dados declarados pelos empreendimentos e reajustados em função da criação do **Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias (PREFE)** em 2014 que prevê novos programas e ações (CETESB, 2017).

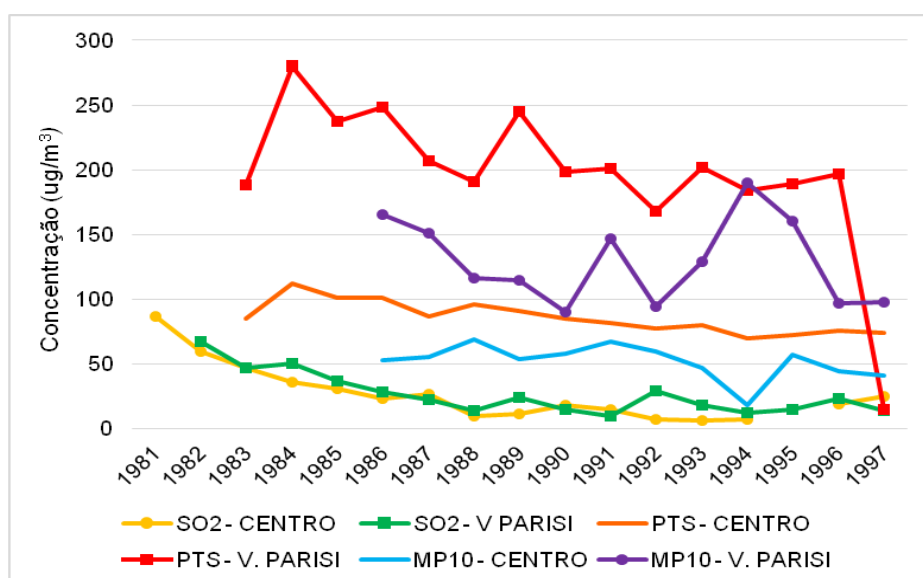
5.3. Análise da poluição atmosférica de 1981 a 1997

A análise dos dados inicia-se em 1981 com a instalação da rede automática da estação do Centro, o primeiro poluente a ser medido é o SO₂, em 1982 inicia-se as medições do mesmo na estação Vila Parisi. A partir de 1983, uma rede manual é instalada em ambas estações para iniciar as medições de PTS. Em 1986 começa as medições de MP₁₀ nas estações, o NO₂ começa a ser medido em 1996 na estação do Centro e 2004 na Vila Parisi continuamente (entre 1981 e 1983 houveram medições em ambas estações, mas não prosseguiram). O O₃ começa a ser medido em 1998 no Centro e 2003

na Vila Parisi. Na estação Vale do Mogi, as medições de O₃, NO₂ e MP₁₀ começaram em 2006 e SO₂ em 2008. Em Cubatão não há medições para os poluentes fumaça, CO e MP_{2,5}.

De 1981 até 1990 temos em vigor a legislação estadual de 1976, a partir de 1990 a Resolução Conama N°03 entra em vigor, dispondo sobre os padrões de qualidade do ar, previsto no PRONAR. Na prática os valores de concentração dos padrões legislativos não mudaram no período, apenas tendo acrescentado os poluentes MP₁₀, fumaça e NO₂ no conjunto das redes automáticas, porém em Cubatão, as concentrações anuais de NO₂ não possuíam uma série contínua o suficiente para o período analisado.

Figura 11 - Concentrações anuais dos poluentes do Padrões de Qualidade do Ar (PQAr) de 1981 a 1997 em Cubatão, SP.



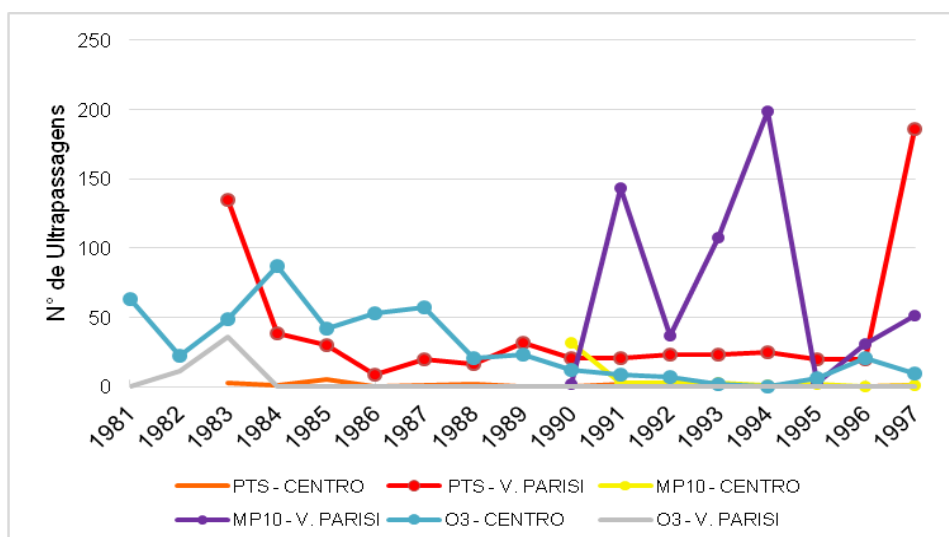
A Vila Parisi possui as maiores concentrações de PTS entre as estações, com valores muito oscilantes, sempre acima do padrão anual (80 ug/m³) em todos os anos do recorte (exceto em 1997, quando a concentração anual foi de 15 ug/m³), a média anual de concentração do período para PTS é de 197 ug/m³ um valor muito acima do projetado na lei. A estação Centro possui valores acima do padrão anual entre 1983 e 1991, a partir de 1992 as concentrações caem progressivamente porém acima dos limites fixados na legislação, com média para o período de 86 ug/m³.

No período analisado, as concentrações de MP₁₀ na Vila Parisi oscilam bastante, apresentam uma queda entre 1986 a 1990, um aumento em 1991, e um novo aumento a partir de 1992 (com concentração máxima do período em

1994, 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e queda progressiva até 1997. Entretanto, todos os valores estavam acima do padrão estipulado na lei, 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a média de concentração do período é de 129 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No Centro somente nos anos de 1993, 1994 e 1996 as concentrações anuais estão abaixo do padrão, os demais anos os valores estão acima do estipulado na lei, porém comparado com a Vila Parisi, as concentrações médias anuais são menores, a média do período é de 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A evolução do SO_2 se apresenta satisfatória, na estação Centro apenas em 1981 a concentração anual ultrapassou o padrão de qualidade, 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nos demais anos as concentrações ficaram abaixo do padrão e com reduções progressivas ao longo dos anos, a média do período foi de 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A estação Vila Parisi possui a mesma tendência, progressivas diminuições de concentrações, sem ultrapassar o padrão legislativo, a média do período foi de 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 12 – Número de ultrapassagens do PQAR Diário de 1981 a 1997



As maiores ultrapassagens são referentes a Vila Parisi e os materiais particulados, a média de ultrapassagens do período para PTS é de 41 ultrapassagens do padrão diário (240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), sendo que em 1997 obteve-se 186 ultrapassagens, o MP_{10} possui uma média de 72 ultrapassagens pelo período mensurado (a partir de 1990 até 1997) com a máxima de 199 ultrapassagens do padrão diário (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) em 1994.

Na estação Centro as ultrapassagens de PTS são mínimas, já as de MP_{10} tiveram um valor alto em 1990, 32 ultrapassagens, já no ano seguinte possuía valores bem baixos e continuou em progressiva queda, com média de 6 ultrapassagens no período. O SO_2 não possui ultrapassagens do padrão diário

(365 ug/m³) para o período analisado.

A estação Vila Parisi possui uma média de 3 ultrapassagens de O₃, em 1983 obteve suas maiores ultrapassagens com 36 extrapolando o padrão de 160 ug/m³, a partir de 1984 as medições de O₃ na Vila Parisi são desativadas. Já a estação Centro possui uma média de 28 ultrapassagens, com máximas ultrapassagens em 1981 (63), 1984 (87) e 1987 (57) após essa data, as ultrapassagens entram em queda até em 1996, quando se observa um aumento de 21 ultrapassagens e em 1997, 10.

Em 1993 foram concluídos alguns estudos especiais sobre poluentes não regulamentados em Cubatão, fluoreto e amônia, que por suas especificidades poderiam gerar danos à saúde da população, vegetação e materiais. O monitoramento do fluoreto e amônia em Cubatão se deve ao fato dele ser um agente fitotóxico ao meio-ambiente, parte da degradação da vegetação da Serra do Mar foi causada por ele. Comparam concentrações de fluoretos de 1992 com o coletado em 1985, os estudos revelaram uma redução de 80% dos níveis de concentração do poluente, isso é resultado das ações de controles, uma vez que as emissões do poluente diminuíram 97% em relação a 1985. Comparando os dados de 1992 com 1985 obteve uma redução de 54% dos níveis de concentração do poluente dos níveis de amônia (CETESB, 1993).

Investigaram também as chuvas em Cubatão. Observaram que as chuvas se mostraram levemente ácidas nas estações pluviométricas de Paranapiacaba, Pilões e levemente alcalina no Vale do Mogi, altas concentrações de sulfato foram encontradas no Vale do Mogi (CETESB, 1993).

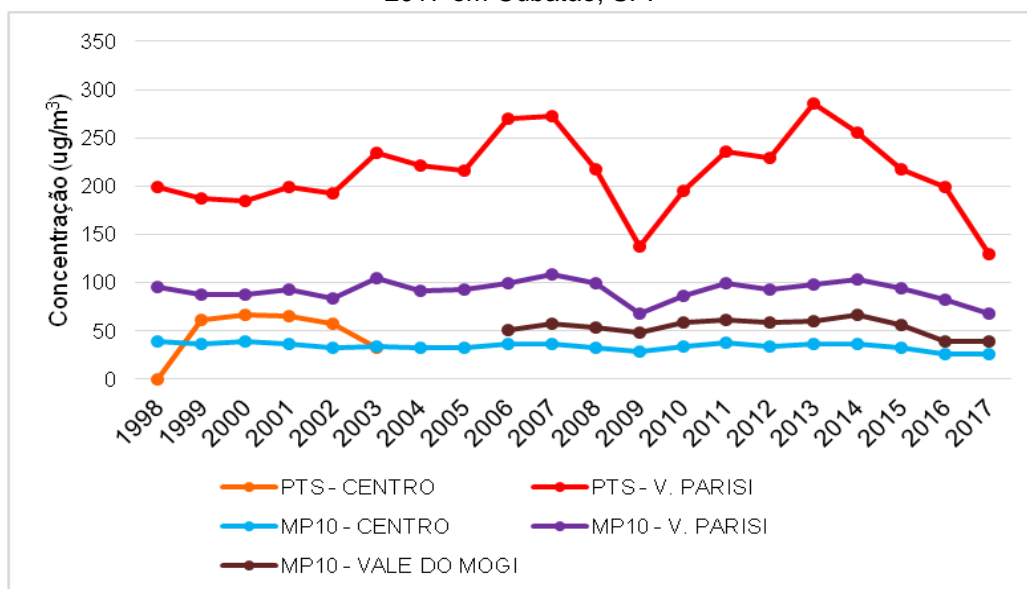
Durante a Operação Inverno de 1996, a CETESB coletou amostra de óleo diesel e combustível para determinação dos teores de enxofre, avaliando se eles estavam atendendo aos padrões estabelecido. Das 49 amostras de combustível e 13 de diesel verificou-se que os limites máximos foram atendidos (CETESB, 1998). Uma demonstração que a política sobre o enxofre estava funcionando.

5.4. Análise da poluição atmosférica de 1998 a 2013

A partir do dia 24/04/2013, o Decreto Estadual N° 59 133/2013 atualiza os padrões vigentes até então (Resolução CONAMA N°03/90), mesmo que a partir dessa data o PTS seja colocado apenas como parâmetro auxiliar para

determinar a qualidade do ar, ele será aqui analisado pela importância e predominância que possui em Cubatão. Em 2003, o PTS não é mais medido na estação Centro; e a partir de 2006, inicia-se as medições de poluentes na nova estação, Vale do Mogi.

Figura 13 – Concentrações anuais dos poluentes do PQAr de PTS e MP₁₀ entre 1998 e 2017 em Cubatão, SP.

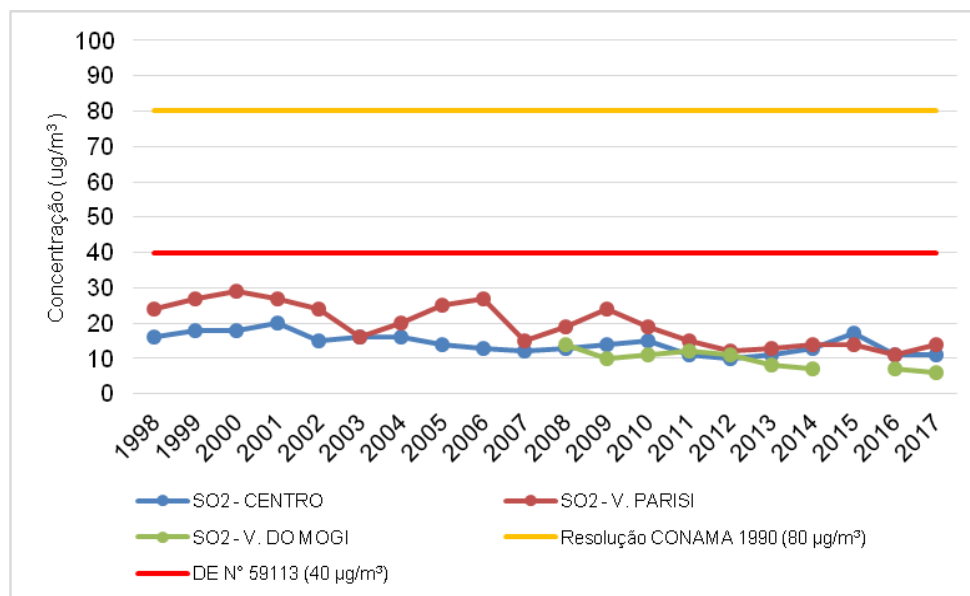


As maiores concentrações do período são encontradas na estação Vila Parisi pelas PTS, a média do período é de 217 ug/m³, as concentrações se mantêm acima do padrão legislativo (80 ug/m³), apresentando um aumento em relação ao período de análise anterior mais notável a partir de 2003, seguindo de uma queda em 2009 e voltando a aumentar até 2013, quando volta a diminuir. Em nenhum ano as concentrações anuais estiveram abaixo do padrão legislativo. Na estação Centro, as concentrações anuais estavam em queda crescente até 2003 quando parou de ser medido, com médias abaixo do padrão anual para o PTS.

As concentrações de MP₁₀ na Vila Parisi apresentam média de 93 ug/m³, os valores anuais ficam em torno dessa média ao longo dos anos, mesmo com o padrão passando de 50 ug/m³ para 40 ug/m³, em nenhum ano da estação, os valores estiveram dentro dos seus limites estipulados. A estação do Vale do Mogi possui média para o período de 57 ug/m³ tendo seus valores sempre ultrapassando o padrão para o poluente, nos últimos dois anos está abaixo dos limites. As concentrações de MP₁₀ na estação Centro tem uma média de 34 ug/m³ para o período, mantendo valores abaixo dos padrões em todos os anos,

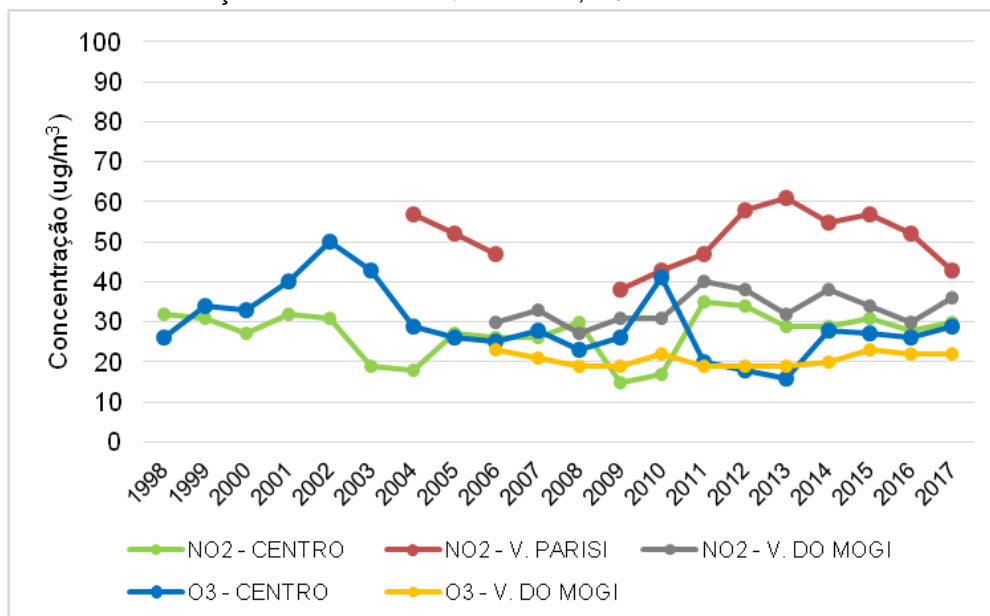
nos últimos dois anos obtive os menores valores de concentração até então, 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 14 – Concentrações anuais dos poluentes do PQA_r de SO₂ entre 1998 e 2017 em Cubatão, SP.



Pode-se observar que as concentrações de SO₂ em Cubatão estiveram todas abaixo dos padrões vigentes do período analisado, as concentrações anuais médias da estação Vila Parisi, Centro e Vale do Mogi, são respectivamente: 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 15 – Concentrações anuais dos PQA_r de NO₂, O₃ entre 1998 e 2017 em Cubatão, SP.

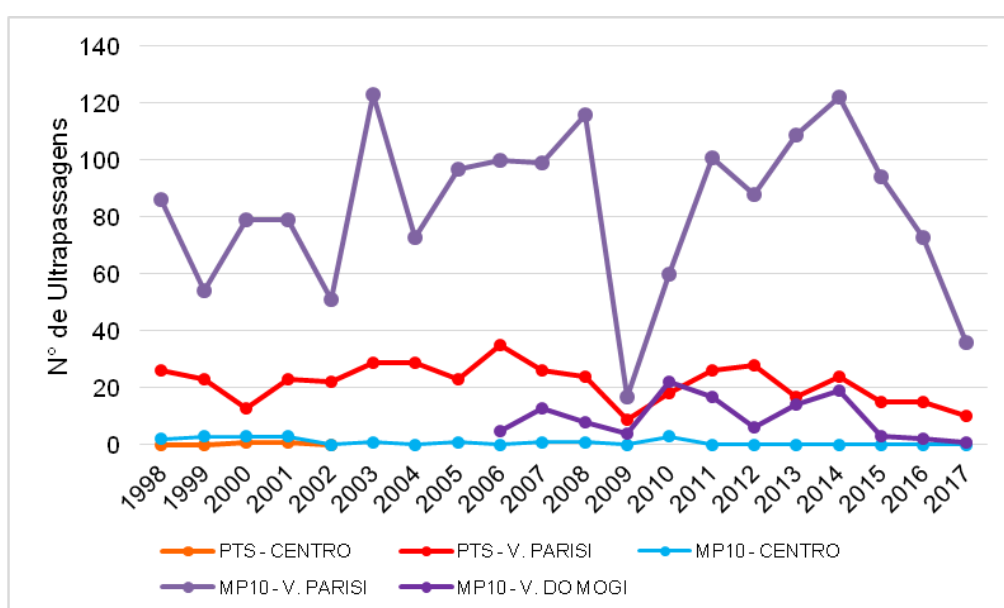


As concentrações anuais de NO₂ no período ficaram na média de 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nas estações Vila Parisi, Vale do Mogi e Centro, respectivamente. As maiores valores para concentração anual, foram da

estação Vila Parisi, mas nenhuma delas obteve concentração anual acima dos padrões legislativos, entre 2007 e 2008 os valores não tiveram de representatividade de dados, e não foram considerados.

As concentrações anuais de O_3 ficaram na média de 28 ug/m^3 na estação Centro e 21 ug/m^3 na estação Vale do Mogi, na Vila Parisi não obteve-se uma série contínua o suficiente para o período analisado. As concentrações do Centro possuem valores mais altos do que no Vale do Mogi, mas nenhuma delas acima do limite estipulado nas legislações.

Figura 16 – Número de ultrapassagens do PQAr Anual para MP_{10} e PTS entre 1998 e 2017.

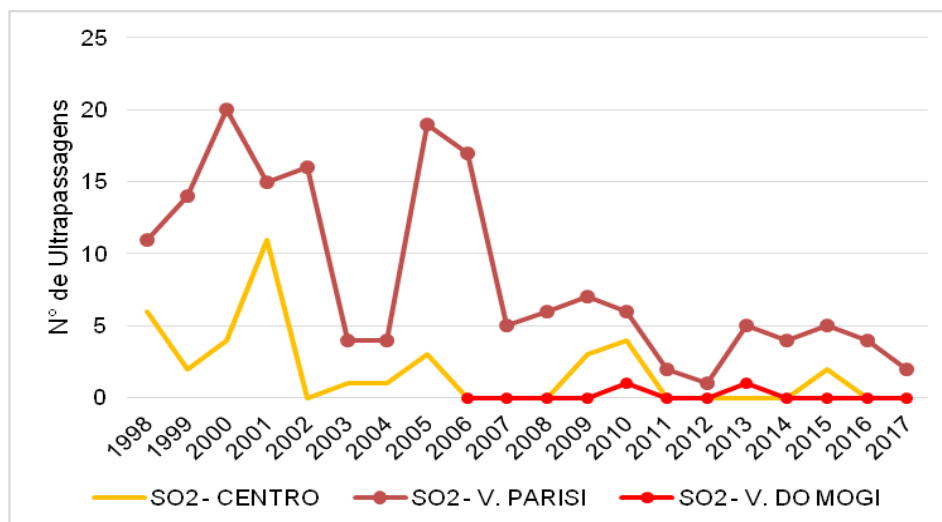


As estações que mais tiveram ultrapassagens do padrão de qualidade diário de PTS foi a Vila Parisi, com uma média de 22 ultrapassagens do padrão estipulado (80 ug/m^3). A estação Centro parou de medir PTS em 2003, tendo apenas uma ultrapassagem (2001) no período.

Em relação ao MP_{10} existe uma clara distinção entre as estações Centro e Vale do Mogi e a Vila Parisi. A estação Centro teve no máximo três ultrapassagens por ano até 2010, a partir desse período não ultrapassa o padrão anual da época, 50 ug/m^3 nem o atual, 40 ug/m^3 . Na estação Vale do Mogi, possui uma média de 10 ultrapassagens no período analisado, com as maiores ultrapassagens nos anos de 2010 (22), 2011 (17) e 2014 (19), a partir de 2015 as ultrapassagens caem consideravelmente, em 2017 só ocorreu uma ultrapassagem. As ultrapassagens do padrão anual de MP_{10} na Vila Parisi são as maiores do que qualquer outro poluente do período, com 83 ultrapassagens

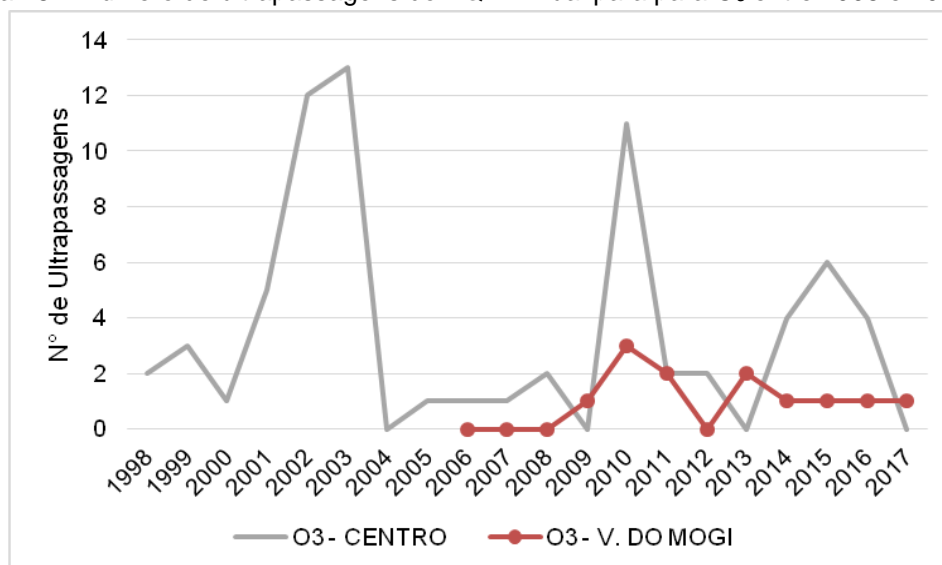
médias. As ultrapassagens máximas aconteceram em 2003 (123), 2008 (116) e 2014 (122), a partir desse último ano as ultrapassagens caíram, em 2017 se tem a menor ultrapassagem do período, 36.

Figura 17 – Número de ultrapassagens do PQAr Anual para para SO₂ entre 1998 e 2017.



Os números de ultrapassagens do padrão de qualidade anual para o SO₂ são mais recorrentes na estação Vila Parisi, com uma média de oito ultrapassagens para o período, mas observa-se que a partir de 2008 os números de ultrapassagem ficam mais baixos. A estação Centro possui números mais expressivos de ultrapassagens em 2001, nos demais anos as ultrapassagens não passam de quatro por ano. A estação Vale do Mogi teve somente duas ultrapassagens, sendo uma em 2010 e outra em 2013.

Figura 18 – Número de ultrapassagens do PQAr Anual para para O₃ entre 1998 e 2017.



O número de ultrapassagens do padrão diário para O₃ é mais recorrente na estação Centro, com ultrapassagens máximas em 2002, 2003 e 2010, com 12,

13 e 11 ultrapassagens respectivamente, entre 2015 e 2016 a estação apresentou um aumento de ultrapassagens e 2017 não apresentou nenhuma ultrapassagem, a média de ultrapassagem do período é de 3 extrapolações dos limites. A estação Vale do Mogi, não possui grandes ultrapassagens do PQAr anual, somente nos anos de 2010 que suas ultrapassagens chegaram a 3 deslocamentos do padrão.

Os estudos de determinação de fluoretos e amônia na atmosfera de Cubatão voltaram a ser publicados em 1998, em que se observou um aumento de cerca de 50% nos níveis de concentração de fluoretos, em relação ao encontrado em 1992. Os altos teores de fluoretos gasosos observados no inverno eram crônicos, sendo muito agressivo para vegetação local. Sobre a determinação de amônia na atmosfera de Cubatão, as concentrações encontradas no Vale do Mogi foram de 27 ug/m³ e 33 ug/m³ na Vila Parisi, os valores encontrados não ultrapassam o valor de referência, 100 ug/m³ mas são maiores que observados em 1992.

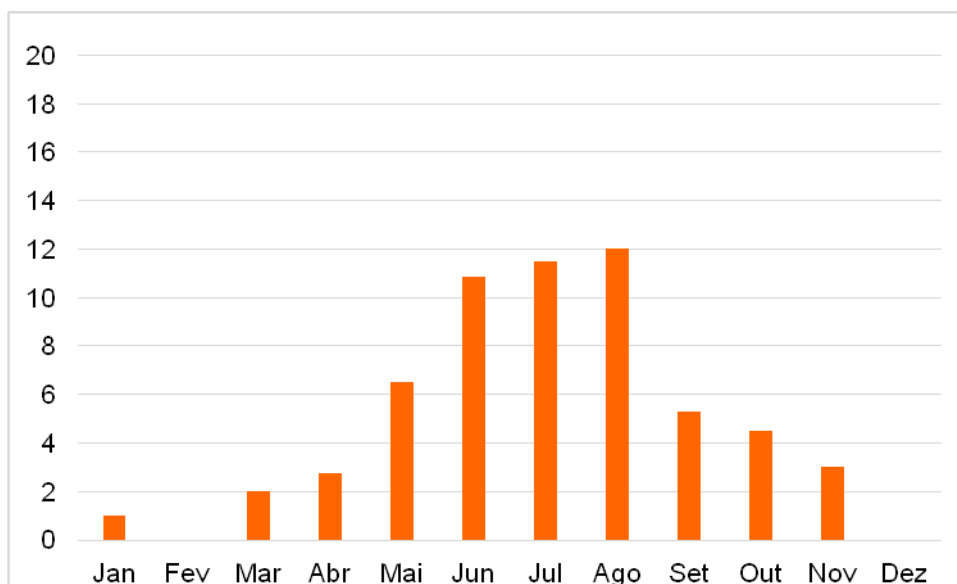
Estudo de fluoretos gasosos foram atualizados em 2000, utilizaram-se plantas bioindicadores de fluoretos, os locais de amostragem foram o Vale dos Pilões, Caminho do Mar, Vila Parisi e Vale do Mogi. Foram encontradas altas taxas de concentração, principalmente no Vale do Mogi e Vila Parisi.

5.4. Variabilidade sazonal dos poluentes

A concentração de poluentes na atmosfera é influenciada diretamente pela distribuição e intensidade de emissões dos poluentes atmosféricos, pela topografia e pelas condições atmosféricas predominantes. As variações sazonais das condições atmosféricas, diferenciam claramente as condições climáticas de inverno e verão. Em Cubatão, as concentrações mais altas de poluentes, com exceção do ozônio, acontecem entre os meses de maio a setembro, pelas maiores ocorrências de inversões térmicas a baixos níveis, calmarias, ventos fracos e baixos índices pluviométricos, CETESB em seus relatórios agregam essas situações em gráficos destacando-os como *dias desfavoráveis a dispersão*, isso é importante porque mesmo mantidas as emissões, a qualidade do ar pode variar conforme as condições meteorológicas que originam uma maior ou menor diluição dos poluentes. Atuação de anticiclones durante os meses de maio a setembro provoca condições de

estagnação do ar sobre a região, essa dinâmica só muda quando a presença de um sistema frontal atinge a região (CETESB, 2017).

Figura 19 - Dias desfavoráveis a dispersão entre os meses de 1981 e 2017.



Fonte: Relatórios de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo (CETESB, 1986, 1991, 1996, 2006, 2016, 2017).

Por esse motivo que a qualidade do ar deteriora em relação aos parâmetros de PM_{10} , SO_2 durante os meses de inverno, quando as condições meteorológicas são mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes, concentrando-os mais na atmosfera.

Figura 20 – Concentração mensal de PM_{10} entre 1998 e 2017 em Cubatão, SP.

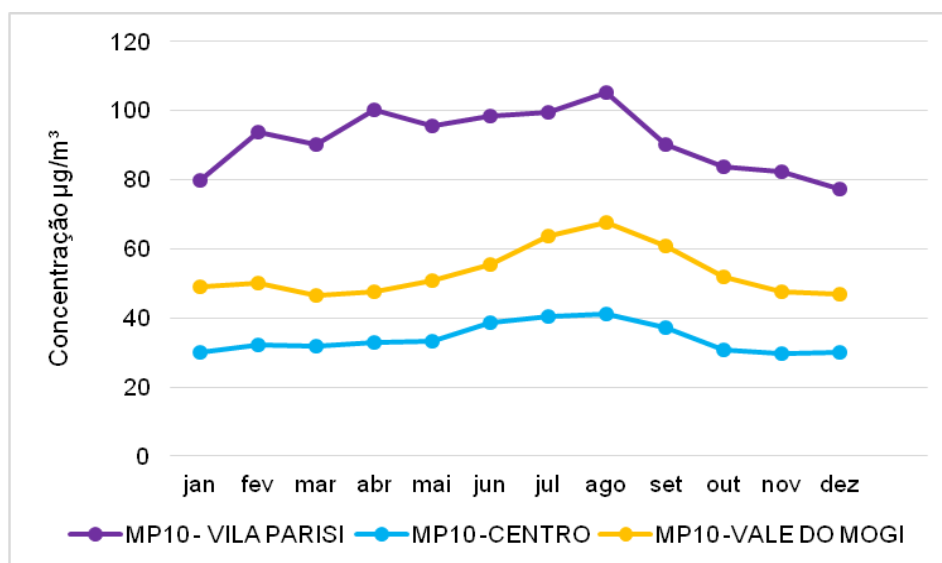


Figura 21 – Concentração mensal de SO₂ entre 1999 e 2017 em Cubatão, SP.

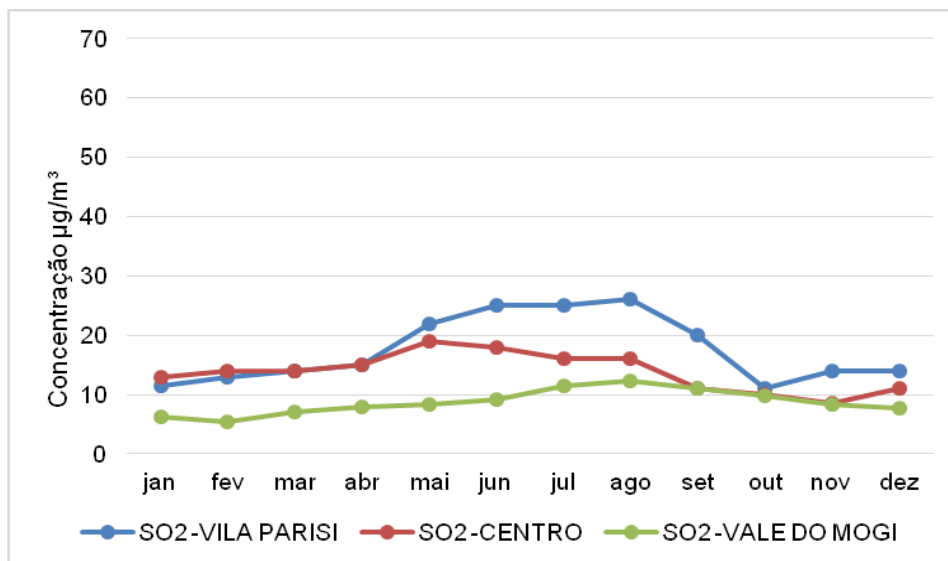
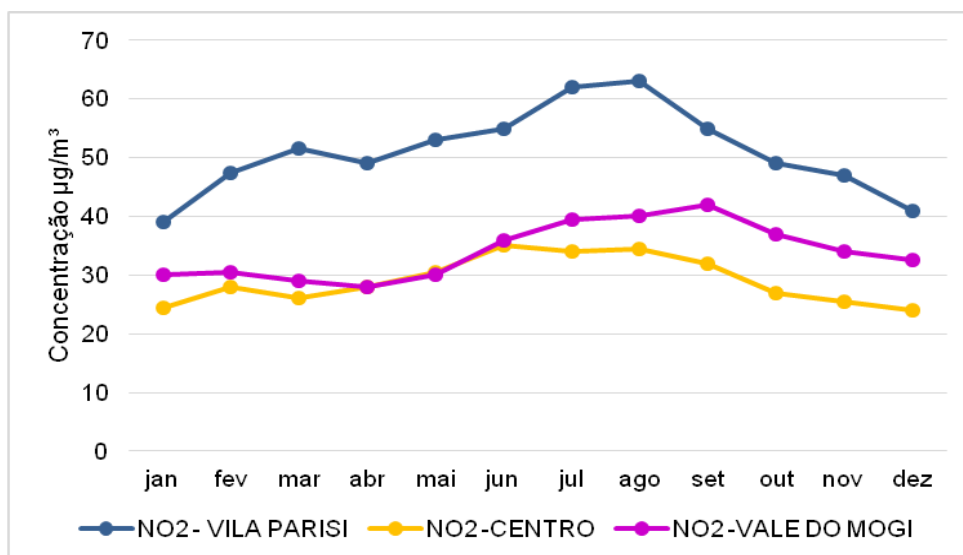
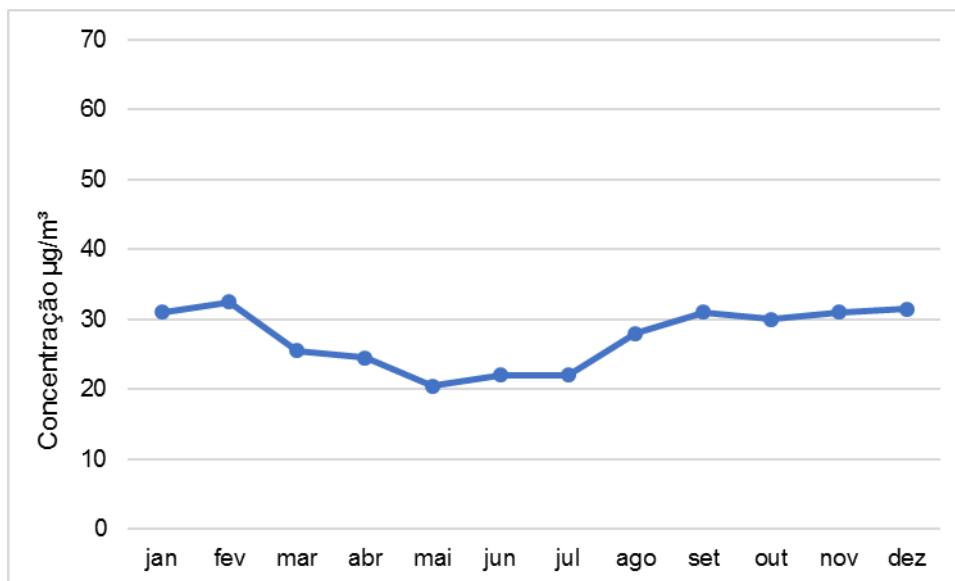


Figura 22– Concentração mensal de NO₂ entre 1999 e 2017 em Cubatão, SP



O O₃ possui ao longo dos meses um comportamento diferente dos poluentes primários, uma vez que ele provém de reações fotoquímicas que precisam (um dos fatores) da luz solar, com isso, a ocorrência de maiores concentrações de O₃ se dará nos meses de setembro a março, meses mais quentes e com maior incidência solar. As ocorrências sazonais do padrão de O₃ na estação Centro se concentram nos meses de verão e início de outono, diferente do que é visto nas outras regiões do Estado quando as ocorrências também aumentam na primavera. As ultrapassagens podem estar ligadas com a alta temperatura principalmente nos meses de janeiro a março na Baixada, como também pelas diferenças sazonais de intensidades dos ventos da brisa marítima e sua interação com o relevo (CETESB, 2011).

Figura 23 – Concentração mensal de O₃ na Estação Centro entre 1999 e 2017 em Cubatão, SP



A análise feita dos Relatórios da CETESB do período mostra que as categorias que mais contribuíram para os altos níveis de poluição entre 1981 a 2017 foi o **material particulado** (partículas totais em suspensão e partículas finas). Comparando a dinâmicas das estações, a **Vila Parisi** é aquela que possui as maiores concentrações e ultrapassagens anuais entre os poluentes.

O material particulado sempre chamou mais atenção pelas altas concentrações atingidas que os demais, por essa razão, a CETESB estudou seu comportamento e fontes de emissões para descobrir quais as fontes que contribuem para uma grande expressão. Realizaram medidas de diferentes tamanhos de material particulado, PTS (menor que 30 µm), poeira grossa (entre 2,5 e 10 µm) e poeira fina (menor que 2,5 µm). O resultado mostrou que as maiores concentrações são de poeira grossa, diferente da RMSP são de poeira finas. Os PTS mais elevados vêm da Vila Parisi, particulados finos e grossos vem de norte e nordeste, durante boa parte do tempo, os níveis de PTS no centro são menores que na Vila Parisi, eles são majoritariamente da poeira da rua, sendo 48% do PTS Diurno e 28% Noturno (CETESB, 1985;1990;1995).

Entre as principais fontes de PTS destacam-se as fontes de cimento, a poeira da rua, o sulfato de amônio, rocha fosfática e veículos. As poeiras grossas têm como fonte o cimento, poeira de rua e veículos, as poeiras finas

são emitidas pelas fontes de sulfato de amônio, poeira de rua e fuligem. A química do particulado é caracterizada por altos níveis de silício e flúor, os altos níveis de PTS são atribuídos às emissões de fertilizantes fosfatados (compostos de rochas fosfáticas, superfosfato e diamônio fosfato) das indústrias de fertilizantes (CETESB, 1993).

Nos últimos anos, o controle das fontes fixas tivera um papel muito importante no monitoramento do material particulado vindo das fábricas e indústrias, porém comparando com os demais padrões que alcançaram quedas de concentrações e menores ultrapassagens dos padrões de qualidade a cada ano, o material particulado continua alto. A dinâmica no entorno das estações Vila Parisi e Vale do Mogi dão uma explicação do que ocorre com as dinâmicas do poluente.

O polo industrial de Cubatão tem uma intensa atividade de movimentação de matérias primas e insumos, e a cidade recebe todas as sazonalidades vindas da região ao seu entorno, os fluxos do Porto de Santos, as exportações de grãos, os fluxos de veranistas para as praias da Baixada Santista. A incidência de congestionamentos é um transtorno a Cubatão e as cidades próximas a Santos. Essa situação fez-se criar em Cubatão a ampliação das estradas que compõe o Sistema Anchieta-Imigrantes e implantar pátios de triagem de caminhões para o atendimento ao Porto, de maneira a ordenar os veículos que vão para área portuária (CHENG, 2015). Além dos planos para o controle de fontes fixas, uma das ações de destaque do plano de ação do controle da poluição em Cubatão, foi a remoção do bairro Vila Parisi que teve início em 1985 e foi terminado em 1992. Porém a antiga vila habitacional foi transformada em um terminal de cargas em 1995, pela sua localização próxima a rodovia sentido Porto de Santos. Essas transformações na cidade aumentaram nos últimos anos, sendo que o entorno da estação Vale do Mogi também possui essa ocupação do solo vinculada ao setor de transportes e logísticas para o escoamento de produtos para Santos (CETESB, 2015).

Essa dinâmica fez aumentar o número de veículos, principalmente de caminhões, em uma cidade que já possui uma quantidade veicular diária intensa. Os níveis de MP_{10} se mantem altos e se devem em parte pela emissão derivada das indústrias e em parte por essa circulação de caminhões no entorno das estações Vale do Mogi e Vila Parisi, esse comportamento do

material particulado não é encontrado na estação Centro, que possui concentrações anuais abaixo do padrão de qualidade e sem ultrapassagens desde 2011.

O SO₂ não possui ultrapassagens do PQAR diário entre 1981 e 2017, de 1998 a 2017, as concentrações estão bem mais reduzidas, e as ultrapassagens do PQAR anual são as mais baixas dentre os parâmetros legislativos, apesar dos combustíveis queimados, isso acontece devido ao plano de diminuição do óleo ATE aplicado pelo governo brasileiro e reafirmado como política de fiscalização da Operação Inverno (CETESB, 1985;1990;1995).

Deve-se também considerar que uma parte das reduções observadas nas concentrações de SO₂, nos últimos anos em Cubatão, também está ligado ao fornecimento, embora de maneira restrita, de um óleo diesel contendo menor teor de enxofre; um diesel contendo no máximo 50 ppm de enxofre (diesel S50), em substituição ao diesel S500 (com até 500 ppm de enxofre). A partir de 01/01/2012, o diesel S50 passou a ser fornecido em diversos postos de abastecimento do país, incluindo a RMSP e outras cidades do Estado de São Paulo. A partir de 01/01/2013, o diesel S10 (com até 10 ppm de enxofre) passou a ser fornecido em diversos postos de abastecimento do país, em substituição ao diesel S50.

O O₃ possui grandes ultrapassagens de 1981 a 1987 na estação Centro, chegando a máxima de 87 ultrapassagens em 1984, segundo os Relatórios da CETESB (1985,1990,1995), as ultrapassagens são devidas as fontes industriais e as altas concentrações de hidrocarbonetos vindos da refinaria do município.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A melhora na qualidade do ar pode ser sentida quando observada os dados dos períodos de 1981 a 1997 com 1998 a 2017, as concentrações anuais dos poluentes diminuíram consideravelmente e o mesmo pode ser observado para os números de ultrapassagens, que a exceção dos materiais particulados, possui uma tendência progressiva de quedas anuais, chegando nos últimos anos com números mínimos ou nenhuma ultrapassagem dos padrões anuais, a exemplo do SO₂ e O₃. Mesmo as PTS e o MP₁₀ que ainda mantém

concentrações anuais acima dos estipulados nas legislações. De 1984 a 1994 foram acionados 32 vezes o estado de alerta e quatro vezes o de emergência para episódios de poluição aguda em Cubatão, durante as ocasiões foi acionado um plano de redução das emissões, até que as concentrações de poluentes alcançassem níveis normais para área. Já no início da década de 1990 pode-se verificar que poluições agudas diminuíram e a partir de 1995 não se tem mais ocorrências de episódios críticos de qualidade do ar.

Episódios agudos de poluição, degradação da mata nativa e casos de anencefalias alarmantes não fazem parte do cotidiano do município. Muito isso devido a ação do Estado, expressas pela CETESB, pelas organizações científicas como Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e a sociedade civil organizadas que lutaram pela minimização das atividades poluidoras como sua fiscalização e manutenção.

As legislações ambientais possuem um papel crucial nessa evolução, fixar concentrações como padrões limites para emissões industriais, Operação Inverno, substituição de óleos com alto teor de enxofre, inventariar as fontes fixas poluidoras e fixar planos de controle das mesmas, aplicar índices de qualidade do ar que chegasse a toda população foram um conjunto de ações que influenciaram diretamente na melhora na qualidade do ar do município.

Nos Relatórios da CETESB a partir de 1990 constata essa mudança na qualidade do ar, a partir desta década os Relatórios do órgão ambiental trazem que diante da complexidade da poluição atmosférica em Cubatão, ela está sob controle. Mas essa visão de “problema controlado” é muito perigosa quando se tem conhecimento que mesmo em níveis mínimos as emissões de substâncias à atmosfera são danosas a vida humana. O mero cumprimento dos padrões de emissões não isenta que a atividade seja poluidora, a poluição não deixa de ser poluição por emitir menos.

Pensando que as fontes industriais da cidade possuem suas emissões “controladas”, as novas dinâmicas de mobilidade deveriam receber uma maior atenção. Dois dos parâmetros de qualidade do ar fixados na legislação estadual, monóxido de carbono (CO) e partículas inaláveis finas (MP_{2,5}) não são medidos em Cubatão, são poluentes vinculados a emissões veiculares,

pensando que a cada ano aumenta do tráfego de veículos na cidade, os padrões medidos atualmente são suficientes para mensurar a qualidade do ar no município?

As reduções dos níveis de poluição não devem ser apenas se basear – exclusivamente – nas reduções das emissões dos veículos e fontes industriais, mas em uma ação complexa e integrada de diferentes níveis de governabilidade e setores de gestão (transporte, planejamento urbano, energia, produção industrial) e legislação possui um papel importante por ser a expressão de discussões e forças desses setores e níveis de gestão colocados no papel, assim vendo, o Estado de São Paulo possui discussões mais avançadas se comparada com a União, a legislação e os planos de controle conseguiram avançar para uma melhor qualidade do ar e um cotidiano sem episódios agudos de poluição é uma realidade em Cubatão.

Por mais que reduzir os padrões de qualidade do ar não resolva o problema, uma proposta de legislação como a do Decreto Estadual N° 59113/2013 que se coloca metas gradativas de redução de emissões poluentes é um ganho importante para o cumprimento da legislação e futuras impugnações possíveis diante de limites ultrapassados. Entretanto, as brechas de artigos que não são bem explicados ou sem diretrizes esclarecidas sobre os futuros procedimentos, abre precedentes para que a legislação não seja cumprida e não seja vista como um instrumento elementar para se fazer uma verdadeira gestão da qualidade do ar.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13412: Material particulado em suspensão na atmosfera - Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas. Rio de Janeiro, p. 8. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR13157: Atmosfera – Determinação da concentração de monóxido de carbono por espectrofotometria de infravermelho não-dispersivo IVND. Rio de Janeiro, p. 4. 1994.

BIBLIOTECA VIRTUAL DE DIREITOS HUMANOS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Constituição da Organização Mundial da Saúde em 1946. Disponível em: Acesso em: ago. 2018.

BONM, G. M.; BRAGA, A.; PEREIRA, L.A.A.; SALDIVA, P. Poluição atmosférica e saúde humana. REVISTA USP, São Paulo, n.51, p. 58-71, setembro/novembro, 2001.

CETESB. Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2017. São Paulo, 2017. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em ago.2018.

CETESB. Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2013. São Paulo, 2014. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em ago.2018.

CETESB. Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2010. São Paulo, 2011. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em ago.2018.

CETESB. Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2007. São Paulo, 2008. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em ago.2018.

CETESB. Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2006. São Paulo, 2007. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em ago.2018.

CETESB. Qualidade do ar no Estado de São Paulo 1995. São Paulo, 1996. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>.

relatorios/>. Acesso em jul.2018.

CETESB. Qualidade do ar no Estado de São Paulo 1993. São Paulo, 1994. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em jul.2018.

CETESB. Qualidade do ar no Estado de São Paulo 1990. São Paulo,1991. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em jul.2018.

CETESB. Qualidade do ar no Estado de São Paulo 1985. São Paulo, 1986a. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em jul.2018

CABRAL, E. Análise das alterações climáticas da cidade de São Paulo (1987 - 1995) no contexto da expansão da mancha urbana. Tese (doutorado) - Departamento de Geografia da FFLCH, USP. São Paulo, 1997.

CHIQUELLO, J.B. A evolução histórica da poluição atmosférica medida na região metropolitana de São Paulo, de 1973 a 2003. Trabalho de Graduação Individual, Departamento de Geografia da FFLCH, USP. São Paulo, 2005.

CONTI, J. B. Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, o geógrafo. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 21, 2007.

FOMENTO, C. M. Cubatão Ontem e Hoje, um marco no desenvolvimento. São Paulo, 1970.

FERREIRA, M.E. 1984. Estudo biogeográfico de líquens como indicadores de poluição do ar em Cubatão, SP. Boletim de Geografia 2(2): 52-75.

GALLEGO, Lucy Pinto. Tipos de tempo e poluição atmosférica no Rio de Janeiro: um ensaio em climatologia urbana. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, FFLCH, USP, 1972.

GONÇALVES, G. R. Henry Borden; industrialização e urbanização. In: II Simpósio Internacional Eletrificação e Modernização Social, 2013, São Paulo.

GUTBERLET, J. Cubatão: Desenvolvimento, Exclusão Social e Degradação Ambiental. Editora da Universidade de São Paulo, Fapesp, 244p, 1996.

JACOBI, P., SEGURA, D. S. B. Poluição do ar em São Paulo. São Paulo: Cedec, nov. 1996, 14p.

JASINSKI, R.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A.L.F. Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004. Cadernos de Saúde

Pública, Rio de Janeiro, v.27, n.11, p.2242-52, 2011

LOPES, M. I. M. S. Fluxo de água, balanço químico e alterações no solo da Floresta Atlântica atingida pela poluição aérea de Cubatão, SP, Brasil. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia Geral. 2001.

LUCENA, A. J. Notas conceituais e metodológicas em clima urbano e ilhas de calor. Revista Continentes (UFRRJ), ano 2, n.2, 2013

MONTEIRO, C.A.F. Teoria e Clima Urbano. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C.A. F. Clima Urbano. São Paulo: Contexto, p. 9-27, 2011.

_____. A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo: estudo sob a forma de atlas. Laboratório de Climatologia, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973, 130 p.

MARTINS E. Geografia e ontologia: O fundamento geográfico do ser. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 21, pp. 33 - 51, 2007.

NAOUM, P. C. Suor em cima de sangue. Entrevistador: Igor Zolnerkevic. Revista Unesp Ciência. Set, 2010.

NARDOCCI, A.; FREITAS, C.; LEON, A.; JUNGER, W.; GOUVEIA, N. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 29(9):1867-1876, set, 2013.

RIBEIRO, H. Ilha de Calor na cidade de São Paulo: sua dinâmica e efeitos na saúde da população. Tese de livre-docência. Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SÃO PAULO. Serra do Mar e Mosaicos da Mata Atlântica: Uma Experiência de Recuperação Socioambiental. 1ª edição. São Paulo: KPMO Cultura e Arte, 2014.

OLIVEIRA, J. L. F. Análise espacial e modelagem atmosférica: contribuições ao gerenciamento da qualidade do ar da bacia aérea III da região metropolitana do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado – COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 144p, 2004.

SANTOS, A.R. A grande barreira da Serra do Mar - Da trilha dos Tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes. O nome da rosa. Ed. São Paulo, 122 p., 2004.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO - INSTITUTO FLORESTAL. Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do

MAR (Diagnóstico e Avaliação do Meio Físico). São Paulo: SMA/IF, 2006.

SEINFELD, J. H., 1978 Contaminación atmosférica. Fundamentos físicos y químicos, Ed. Mc Graw - Hill, New York.

CHENG, M.S.C. Desafios da gestão da qualidade do ar: dinâmicas e padrões de qualidade do ar no município de Cubatão e entorno. Dissertação (mestrado) IAG – USP, 2005.

ROSS, J.; MOROZ, I. Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. Revista Do Departamento De Geografia, 10, 41-58. 1997

OLIVEIRA, J. L. F. Análise espacial e modelagem atmosférica: contribuições ao gerenciamento da qualidade do ar da bacia aérea II da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Tese (doutorado) COPPE - URFJ, 2004

POTT, C.M., ESTRELA, C.C. Histórico Ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. Estudos avançados 31 (89), 2017, p.271-283.

RIOS, A.V.V, ARAÚJO, U. Política Nacional do Meio Ambiente. In: O Direito e o desenvolvimento sustentável (Org. RIOS, A.V.V.). Brasília, DF: IEB – Instituto Internacional de Educação do Brasil, 2005.

UGEDA JÚNIOR, J., AMORIM, M. Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas. Revista Do Departamento De Geografia, p.160-174. 2016

Referências eletrônicas

IBGE CIDADES (Cubatão). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/cubatao>. Acesso em: ago.2018.

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R. ANGELOCCI, L. R.; ALFONSI, R. R.; CARAMORI, P. H.; SWART, S.BHBRASIL - Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras <http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/bhbrasil/Saopaulo/>

REFLORESTAMENTO POR SEMEADURA AÉREA NA SERRA DO MAR (IPT). Disponível em: <https://www.ipt.br/centros_tecnologicos/CTGeo/cases/4-reflorestamento_por_semeadura_aerea_na_serra_do_mar.htm>. Acesso em: jul. 2018

WHO. World Health Organization. WHO Air Quality Guidelines Global Update 2005. Report on a working group meeting, Bonn/Germany, 18-20 october 2005, 2005. Disponível em: <<http://www.euro.who.int/>>

data/assets/pdf_file/0008/147851/E87950.pdf>. Acesso em: fev.2018.

WHO. World Health Organization Global Urban Ambient Air Pollution Database (uptade 2016). Disponível em: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/. Acesso em: jun. 2018.

WHO. Las guías sobre la calidade del aire de la oms y outras fuentes de informacional. Disponível em: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/air_quality/es/.

Acesso em: jun. 2018.

Legislação

BRASIL. Lei N° 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. Decreto Federal N° 73.030, de 30 de outubro de 1973. Cria, no âmbito do Ministério Interior, a Secretaria Especial do Meio Ambiente e dá outras providências.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Com retificações posteriores. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59113-23.04.2013.html>>. Acesso em: jun. 2018.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 997, de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. Com alterações posteriores. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/norma/?id=46075>>. Acesso em: jun. 2018.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 8468, de 8 de setembro de 1976. Aprova Regulamento que disciplina a execução da Lei n. 997, de 31/05/1976, que dispõe sobre controle da poluição do meio ambiente. Com alterações posteriores. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/norma/?id=62153>>. Acesso em: jun. 2018.

Resolução CONAMA N°18/86, de 6 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do Programa Nacional de Controle de Poluição do Ar por Veículos automotores (PRONCOVE).

Resolução CONANA N°05/89, de 15 de junho de 1989. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR).

Resolução CONAMA Nº 03/90, de 28 de junho de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR.