

ANÁLISE ESPAÇO - TEMPORAL DA CONCENTRAÇÃO DE OZÔNIO NA REGIÃO NORTE DA CIDADE DE SÃO PAULO

Camila Bosco da Silva¹
Alexander Sérgio Evaso²

RESUMO

O ozônio é um gás encontrado naturalmente na estratosfera, tendo como função compor a camada que protege o planeta Terra da intensidade dos raios ultravioleta (UV). No entanto quando este gás é encontrado na troposfera e em níveis maiores do que o permitido pelo órgão ambiental fiscalizador, acarreta danos ao meio ambiente e à saúde pública.

A presente pesquisa apresentará informações resultantes dos dados obtidos pelos postos de monitoramento da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB e dados complementares do Centro de Gerenciamento de Emergência – CGE e do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET a fim de realizar uma análise espaço-temporal da evolução deste poluente entre os períodos de verão e inverno dos anos 2013 a 2015, na área da zona norte da cidade de São Paulo, tomando como destaque o distrito de Santana, devido ao seu adensamento urbano nos últimos anos.

Palavras-chaves: Poluição Atmosférica; Ozônio; Poluente Secundário; Análise Espaço - Temporal.

ABSTRACT: Space-temporal analysis of ozone concentration in the northern region of the city of São Paulo

Ozone is a gas that is found naturally in the stratosphere, composing the layer that protects the planet Earth from the intensity of ultraviolet (UV) rays. However, when this gas is found in the troposphere and at levels higher than allowed by environmental monitoring bodies, it causes damage to the environment and public health.

This research presents information resulting from the data obtained by the monitoring stations of the Environmental Company of the State of São Paulo - CETESB and complementary data of the Emergency Management Center - CGE and the National Institute of Meteorology - INMET in order to perform a space-temporal evolution analysis of this pollutant between the summer and winter periods of the years 2013 to 2015, in the northern area of the city of São Paulo, highlighting the Santana district, due to its urban density in recent years.

Key Words: Atmospheric Pollution; Ozone; Secondary Pollutant; Space-Temporal Analysis.

INTRODUÇÃO

À preocupação ambiental dificilmente se dá origem pelo simples fato da sensibilidade para com a natureza e sim, por algumas tragédias socioambientais que ocorreram de

1 Complexo Educacional Faculdades Metropolitanas Unidas. Graduanda de Engenharia Ambiental e Sanitária.
E-mail: camilaboscosilva@gmail.com

2 Orientador e Professor Mestre das Faculdades Metropolitanas Unidas – FMU.

forma inesperada. Podemos citar o “*Big Smoke*” que ocorreu em Londres na década de 50, em que centenas de pessoas morreram com a poluição do ar devido à má dispersão dos poluentes na região.

As formações do ozônio (O_3) na troposfera são obtidas pelas reações fotoquímicas envolvendo hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e a radiação solar. O ozônio na tropopausa, ou seja, na camada que separa a troposfera da estratosfera, a cerca de 15 km de altura do solo, age como um gás de efeito estufa. Este ozônio é parcialmente formado devido às emissões de aviões, mas as trocas com a estratosfera e o transporte por precursores da superfície também são importantes. (NEVES, 2009).

De acordo com a CETESB, 2014, a formação do ozônio na atmosfera inicia-se pela fotólise do dióxido de nitrogênio (NO_2). O produto desta reação o NO, reage rapidamente com o O_3 para regenerar NO_2 .

A formação do ozônio pode ser realizada por meio dos chamados Compostos Orgânicos Voláteis, ou “COVs” (do inglês “VOCs” – Volatile Organic Compounds). Conforme Débora S. ALVIM (2011), os dez compostos mais importantes na formação de ozônio (O_3) na cidade de São Paulo são: 1-buteno (6,8%), eteno (6,5%), formaldeído (6,1%), acetaldeído (5,5%), tolueno (4,8%), 1-etil-4-metilbenzeno (3,7%), trans-2-penteno (3,7%), propeno (3,7%), trans-2-buteno (3,5%) e 1-metilciclopenteno (3,5%). A velocidade de formação do ozônio depende da quantidade e da reatividade de cada um desses compostos.

OZÔNIO

Na troposfera o ozônio é considerado um poluente secundário, ou seja, não é emitido de forma direta pelas fontes estacionárias ou móveis, mas formado na atmosfera mediante reações fotoquímicas de gases precursores provenientes de fontes antropogênicas ou naturais. (CETESB, 2014).

Devido ao seu efeito danoso à saúde humana e a vegetação, o ozônio é um dos poluentes monitorados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, de acordo com a Resolução CONAMA nº 05 de 1989, Resolução CONAMA nº 03 de 1990 e o Decreto Estadual do Estado de São Paulo nº 59.113 de 2013.

O ozônio poluente é medido por meio da ultravioleta, conforme estabelecido pelo Decreto Estadual nº 59.113 de 23 de abril de 2013, que estabelece novos Padrões Estaduais de Qualidade do Ar: deve possuir um tempo de amostragem de 8 (oito) horas e um valor de concentração do ozônio que não deve ultrapassar $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

EFEITOS DO OZÔNIO TROPOSFÉRICO

O ozônio poluente mesmo em baixas concentrações pode afetar a saúde, e por isto sua presença no ar ambiente é uma das maiores preocupações atualmente, principalmente nas regiões situadas próximas às grandes cidades. (FREITAS, et AL., 2005).

Podendo provocar irritação nos olhos e nas vias respiratórias, agravando doenças pré-existentes, como asma e bronquite, reduzindo as funções pulmonares e aumentar a suscetibilidade a infecções pulmonares. (Ministério da Saúde, 2013).

Na vegetação, embora o ozônio e outros oxidantes fotoquímicos sejam fitotóxicos, as respostas das plantas e as ações incidentes na vegetação podem ser modificadas por uma série de fatores biológicos (insetos e pragas), químicos (nutrientes presentes no solo) e físicos (luz, temperatura e umidade), provocando o fechamento dos estômatos e limitando a fixação de CO₂, o que dificulta o processo bioquímico da fotossíntese. Algumas culturas como o tabaco e o espinafre, são muito sensíveis aos danos causados pelo ozônio, enquanto outras culturas são mais resistentes.

METODOLOGIA

Para a realização da análise espaço-temporal da concentração do ozônio na região norte da cidade de São Paulo, será dado maior destaque ao distrito de Santana, dada a sua verticalização e adensamento urbano nas últimas décadas. Foi adotado o período entre os anos de 2013 e 2015 em seus meses mais quentes e frios, com o objetivo de observar a concentração e dispersão do poluente no intervalo das 12h00 às 17h00, pois neste período ocorrem as reações fotoquímicas para a formação do ozônio (O₃) com maior intensidade.

Para a obtenção destes dados, foram utilizados os dados das redes de monitoramento da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, por meio do sistema informatizado QUALAR. Sendo assim obtidos os dados das estações de monitoramento de Santana (STN), Nossa Senhora do Ó (FRG), Parque Dom Pedro (DPE), Pico do Jaraguá (JAR) e Guarulhos - Paço Municipal (GRU).

O posto de monitoramento do Pico do Jaraguá é o mais recente, com dados somente a partir de julho de 2016, portanto foi realizada uma equação de correlação com os postos de monitoramento de Santana e Nossa Senhora do Ó, obtendo-se uma correlação de 99%, o que permitiu a interpolação de dados para que pudesse estimar com boa imagem de confiabilidade as informações e complementar os dados.

No primeiro momento o processamento foi realizado apenas com os postos de Santana, Freguesia do Ó, Pico do Jaraguá, Parque Dom Pedro II e Guarulhos – Paço Municipal. Foi utilizado um algoritmo de krigagem de predição “*kriging*”, que é usualmente aplicado na geoestatística para análises correlacionadas à poluição atmosférica. Essa metodologia é amplamente difundida inclusive pelo fabricante do software ArcGIS (ESRI). Adicionamos 5 (cinco) “postos arbitrários” na Serra da Cantareira, levando-se em consideração que essa poluição é contida pelo relevo, chamando-os de “postos Barreira-Cantareira” (BC).

O processamento no software ArcGIS 10.3 (ESRI[®]), foi realizado pelo módulo do *Geostatistical Analyst* com o método da krigagem, configurado para o tipo ordinário, com o objetivo de criar uma superfície de dados preditivos (estimativa de valores).

Para as legenda dos mapas foi utilizado os intervalos de cores utilizadas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB para qualidade do ar, no entanto as classes de cores foram divididas em duas partes, com tonalidades similares de cor, para melhorar a análise dos índices do ozônio poluente e o maior detalhamento do mapa.

RESULTADOS

A seguir serão apresentados os mapas gerados por meio do *Geostatistical Analyst* do ArcGIS (ESRI[®]) que resultam da interpolação dos dados obtidos dos postos estimados para os postos “Barreiras Cantareira”, seguidos de comentários aos períodos retratados.

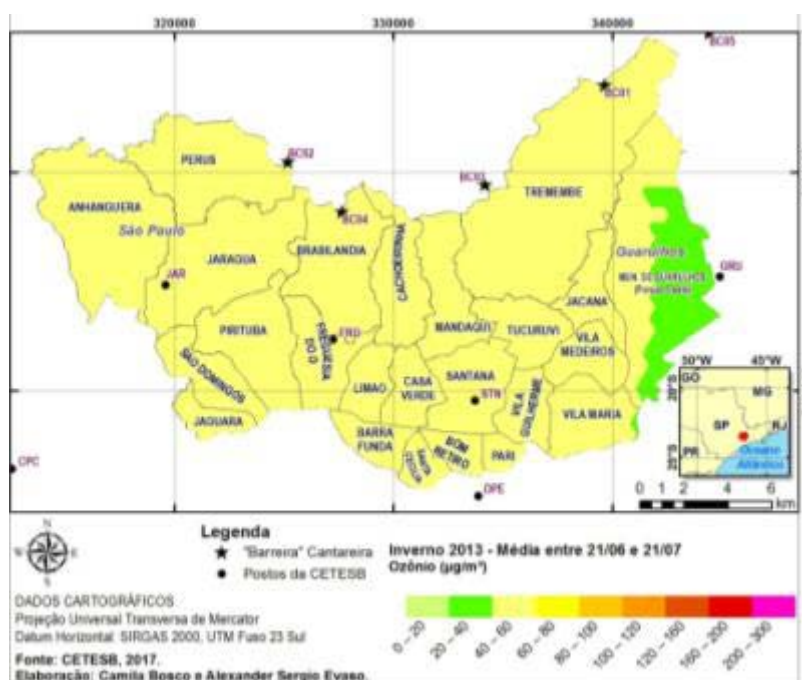


Figura 2 - Média 1 (21/06 a 20/07) do Inverno de 2013.

No mapa que representa o índice de ozônio poluente no início do inverno do ano de 2013, observa-se toda a região norte do Município de São Paulo com o índice moderado baixo entre 40 a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio poluente, entretanto na região oeste do município de Guarulhos apresentou níveis bons de ozônio entre 20 a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

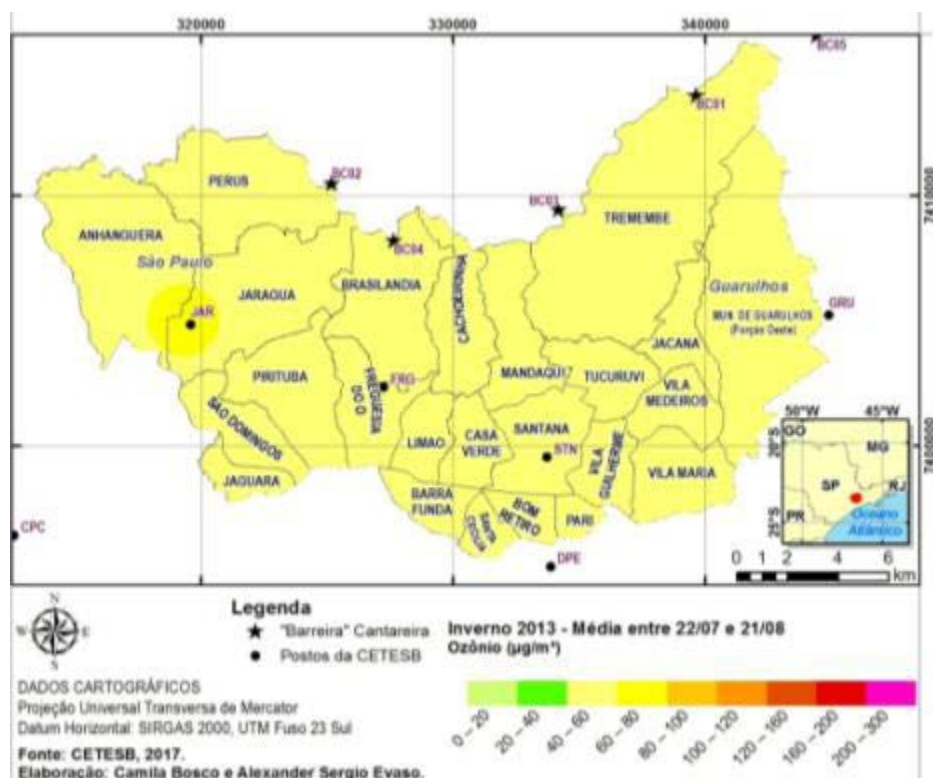


Figura 3 – Média 2 (22/07 a 21/08) do Inverno de 2013.

Para o mapa que representa os índices de ozônio poluente no meio do inverno do ano de 2013, apresenta o índice moderado baixo entre 40 a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em toda a região norte, o mesmo apresentado no início da estação, no entanto apenas uma pequena área entre o distrito de Anhanguera e Jaraguá apresentou índice moderado mais elevado entre 60 a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio poluente.

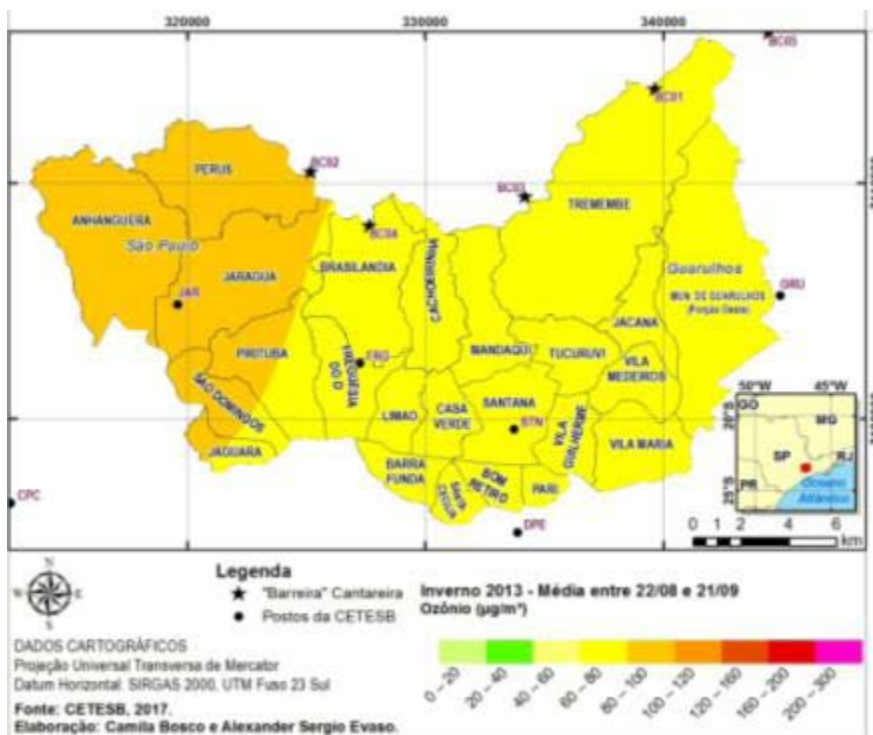


Figura 4 – Média 3 (22/08 a 21/09) do Inverno de 2013.

O mapa representa os índices de ozônio poluente no fim do inverno do ano de 2013, diferentemente dos mapas do início e meio do inverno, o fechamento da estação apresentou índices maiores. Entre os distritos de Anhanguera, Perus, Jaraguá, São Domingos, Pirituba e parte do Jaguará, apontaram o índice alto entre 80 a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio. O restante da região norte apresenta o índice moderado mais elevado entre 60 a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio poluente.

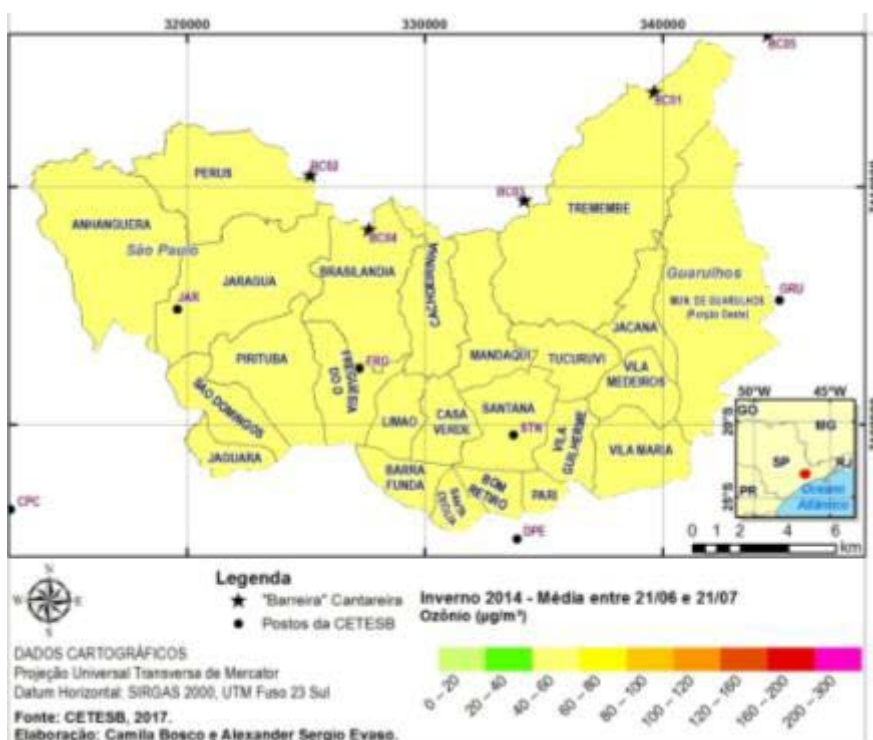


Figura 5 – Média 1 (21/06 a 20/07) do Inverno de 2014.

Para o mapa que representa os índices de ozônio poluente no início do inverno no ano de 2014, em toda a região norte do Município de São Paulo apresentou o índice moderado baixo entre 40 a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio poluente.

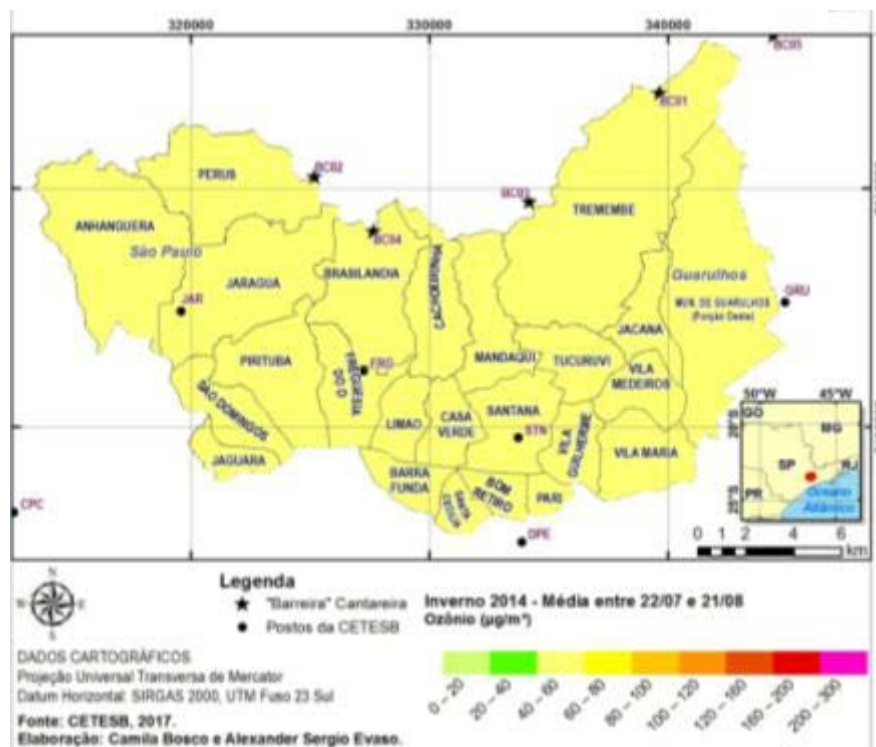


Figura 6 - Média 2 (22/07 a 21/08) do Inverno de 2014.

O mapa que representa os índices de ozônio poluente no meio do inverno do ano de 2014 apresenta a continuidade do que foi observado no início da estação, o índice moderado baixo entre 40 a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, em toda a região norte.

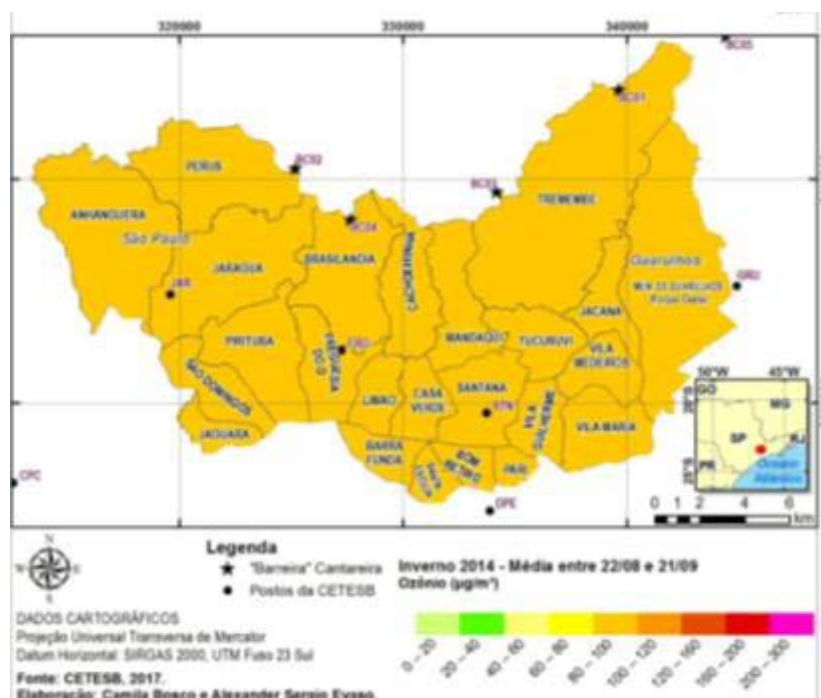


Figura 7 - Média 3 (22/08 a 21/09) do Inverno de 2014.

No mapa representa os índices de ozônio poluente no fim do inverno no ano de 2014, diferentemente do que foi apresentado no início e meio da estação, toda a região norte do Município de São Paulo, apresentou o índice alto entre 80 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio poluente.

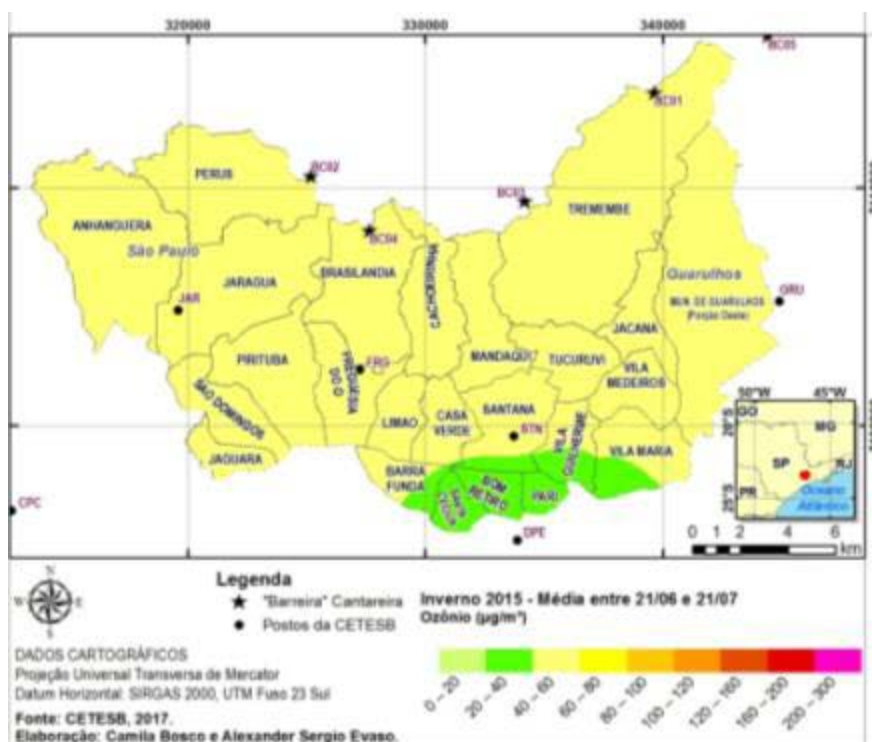


Figura 8 - Média 1 (21/06 a 20/07) do Inverno de 2015.

No mapa que representa os índices de ozônio poluente no início do inverno no ano de 2015, apresenta toda a região norte do Município da cidade São Paulo com índices de ozônio poluente moderado baixo entre 40 a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e apenas uma pequena área do distrito de Vila Maria e Vila Guilherme até uma área da região central com o índice bom de ozônio poluente entre 20 a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

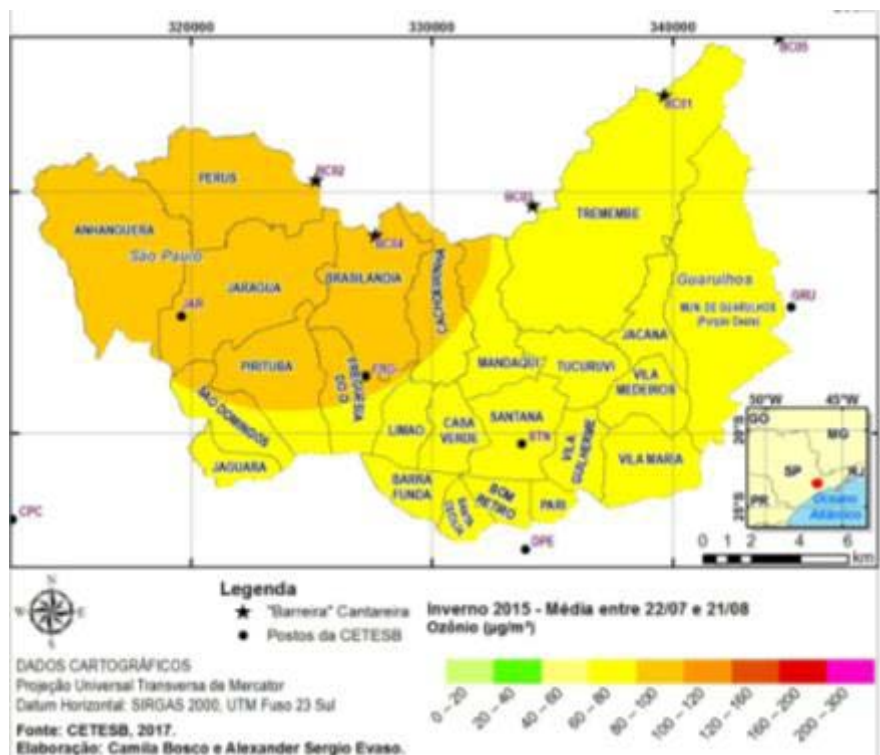


Figura 9 - Média 2 (22/07 a 21/08) do Inverno de 2015.

O mapa representa os índices de ozônio poluente no meio do inverno do ano de 2015, grande parte da região norte com índices moderado elevado entre 60 a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio, entretanto as áreas que abrangem os distritos do Cachoeirinha, Brasilândia, Freguesia do Ó, Pirituba, Jaraguá, Perus e Anhanguera apontaram índices alto entre 80 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio poluente.

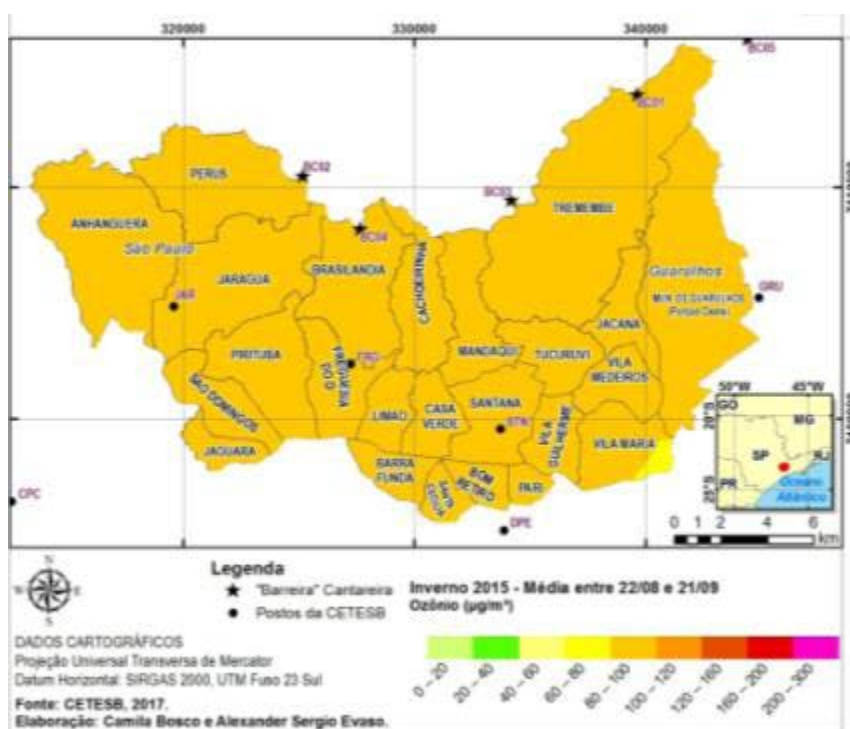


Figura 10 - Média 3 (22/08 a 21/09) do Inverno de 2015.

No mapa que representa os índices de ozônio poluente no fim do inverno no ano de 2015, muito diferente do foi apresentado no início da estação o término desta apresentou o índice alto de ozônio poluente entre 80 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em toda a região norte do Município de São Paulo, apenas em uma minuciosa área do distrito de Vila Maria registrou o índice moderado mais elevado entre 60 a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio.

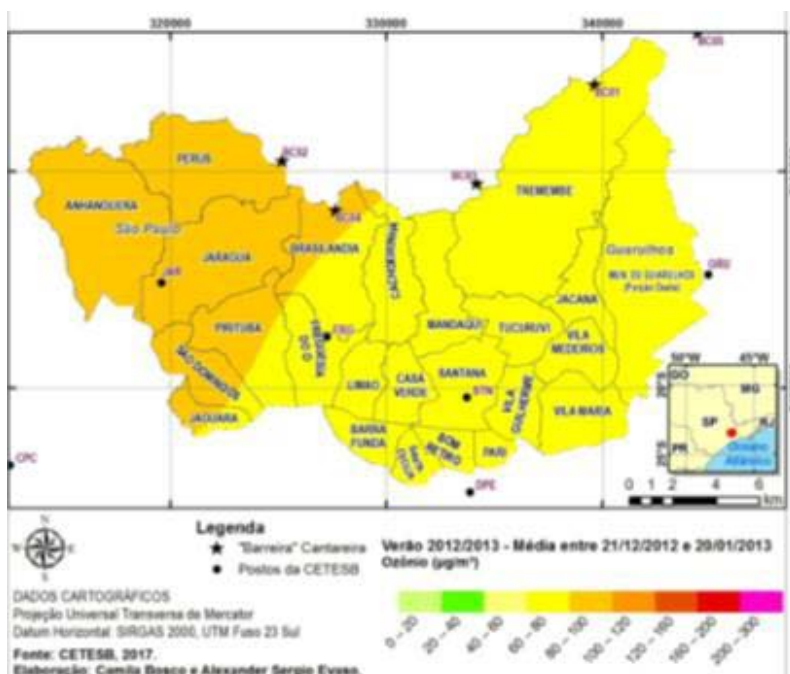


Figura 11 - Média 01 (21/12 a 20/01) do Verão de 2013.

No mapa que representa os índices de ozônio poluente no início do verão no ano de 2013, podemos observar os índices altos de ozônio entre 80 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nas áreas dos distritos de Anhanguera, Perus, Jaraguá, São Domingos e parte de Pirituba e Brasilândia. Nos demais distritos da região norte do Município de São Paulo prevalece o índice moderado mais elevado entre 60 a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

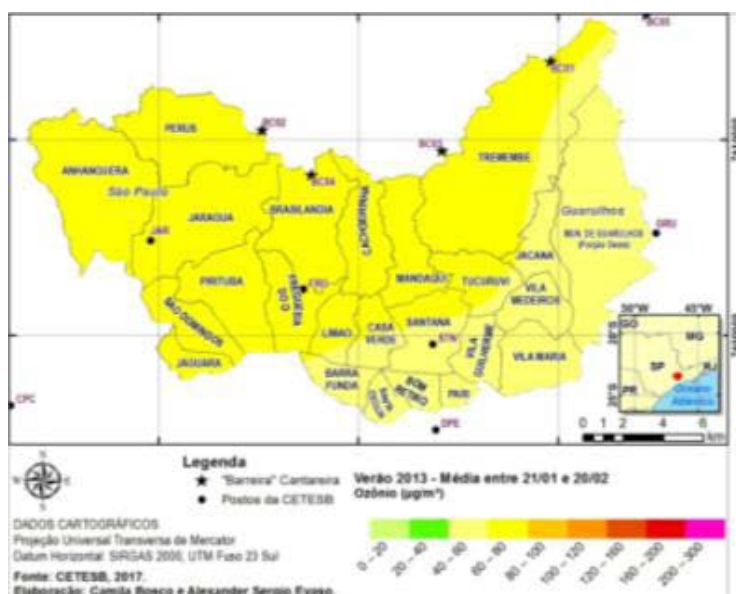


Figura 12 - Média 02(21/01 a 20/02) do Verão de 2013.

Para o mapa que representa os índices de ozônio poluente no meio do verão no ano de 2013, pode-se observar que desde o Oeste do Município de Guarulhos, passando pelos distritos de Jaçanã, Vila Medeiros, Vila e Vila Guilherme até área central da do Município de São Paulo, apresenta o índice moderado baixo entre 40 a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. As demais áreas da região norte apontaram o índice moderado mais elevado entre 60 a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio poluente.

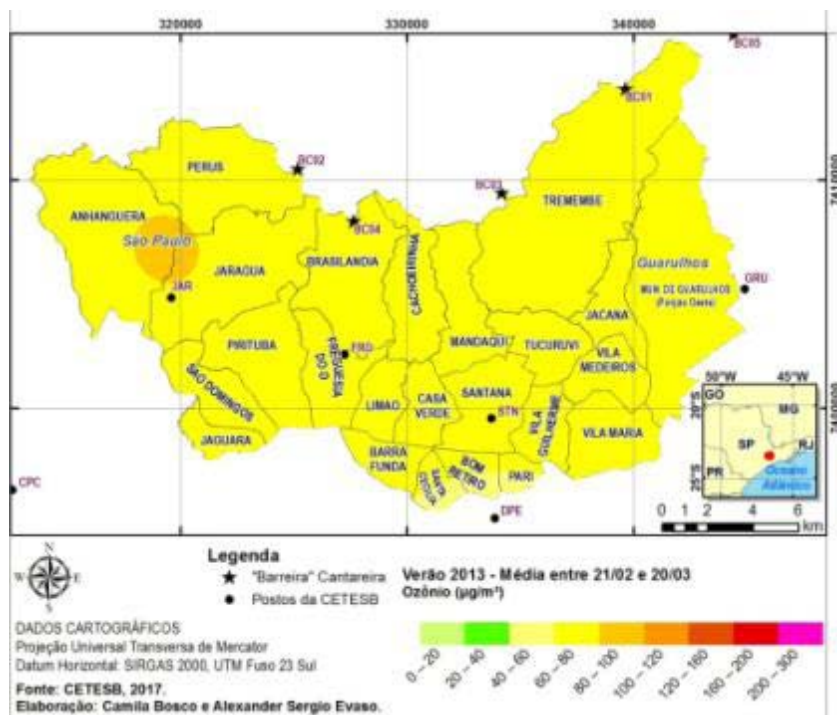


Figura 13 - Média O3 (21/02 a 20/03) do Verão de 2013.

No mapa que representa os índices de ozônio poluente no final do verão no ano de 2013, como observado no início e meio da estação o índice moderado elevado entre 60 a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ prevaleceu em toda a região norte do Município de São Paulo, no entanto apenas uma pequena área entre os distritos de Anhanguera e Jaraguá apresentou o índice alto de ozônio poluente entre 80 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

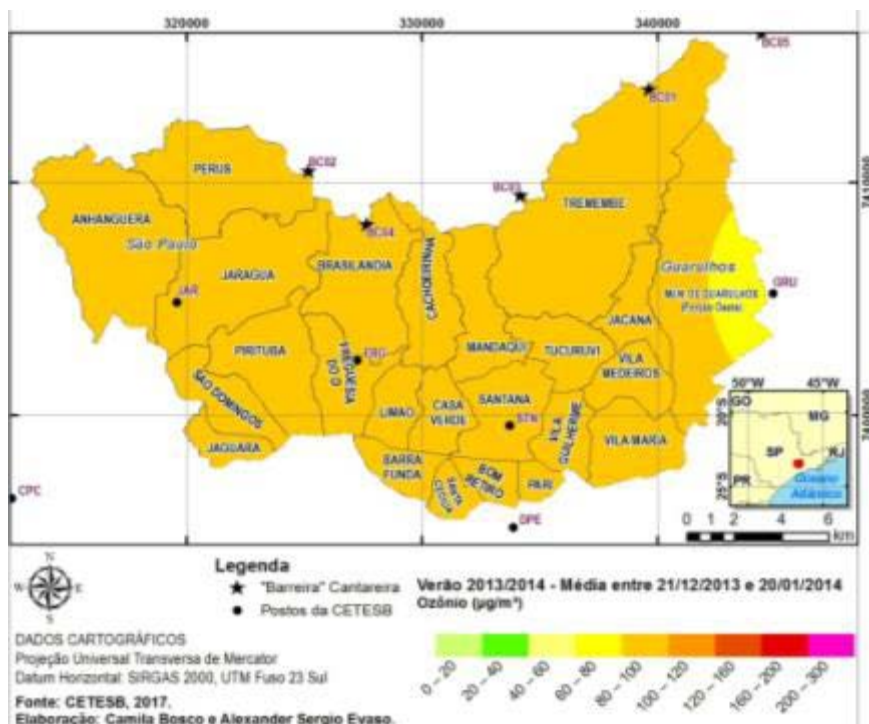


Figura 14 - Média O1 (21/12 a 20/01) do Verão de 2014.

No mapa que representa os índices de ozônio poluente no início do verão no ano de 2014, toda região norte da cidade São Paulo apresentou o índice alto de ozônio entre 80 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Apenas uma área da região Oeste do Município de Guarulhos apresentou o índice moderado mais elevado entre 80 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio poluente.

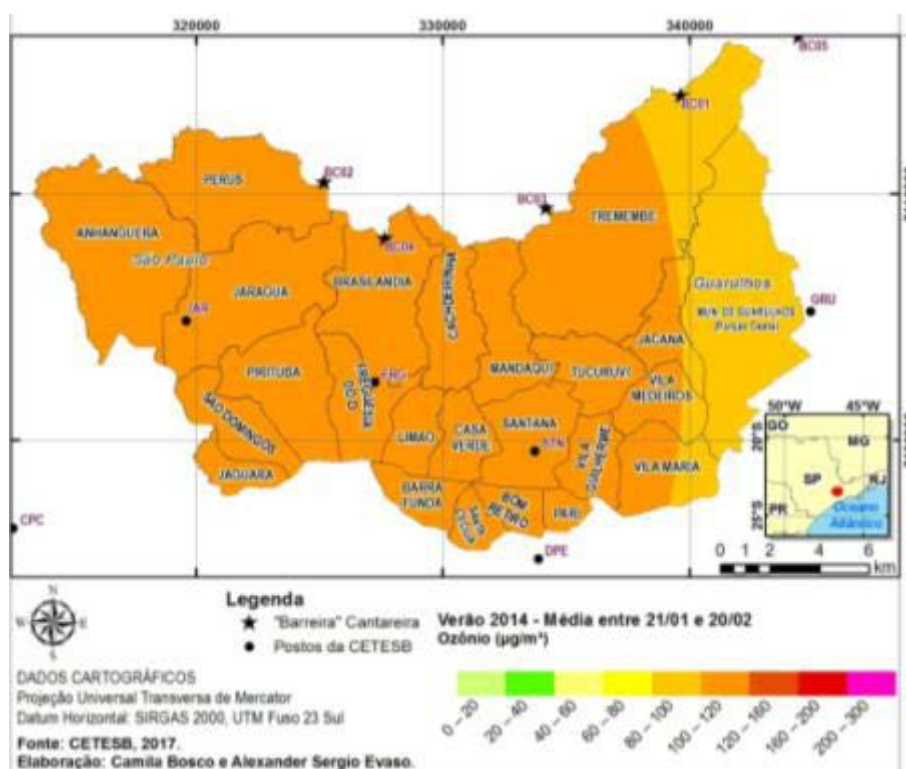


Figura 15 - Média O2 (21/01 a 20/02) do Verão de 2014.

Para o mapa que representa os índices de ozônio poluente no meio do verão no ano de 2014, toda região norte do Município de São Paulo apresentou o índice muito alto de ozônio poluente entre 100 a 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Apenas uma pequena área dos distritos de Vila Maria, Vila Medeiros, Jaçanã e Tremembé junto com a região oeste do Município de Guarulhos, apontaram o índice moderado alto entre 80 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio poluente.

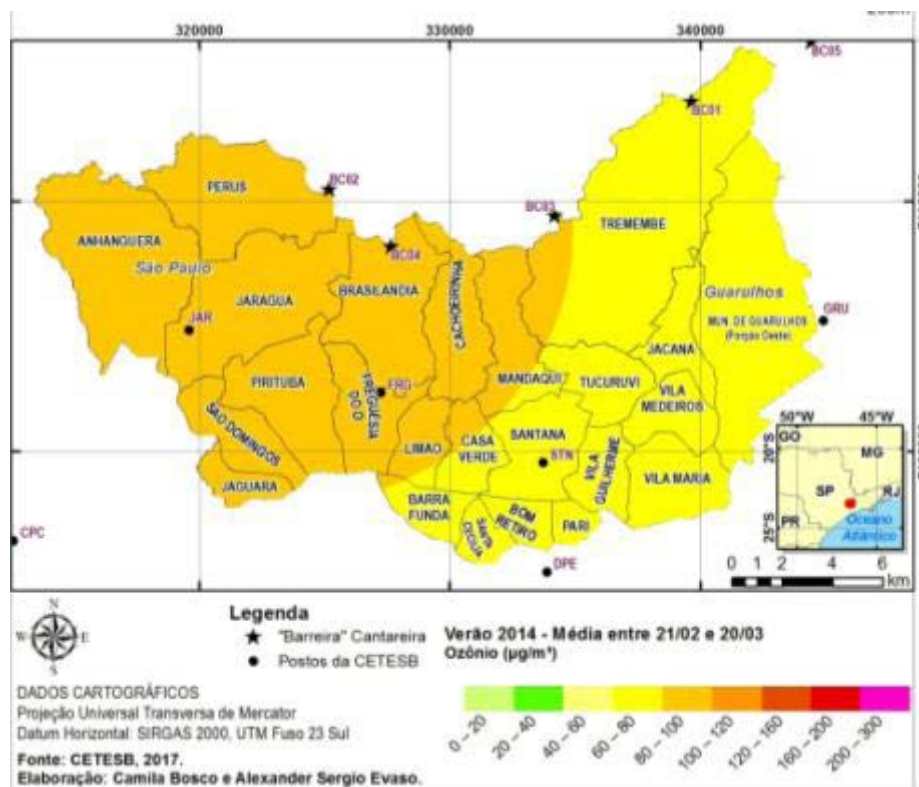


Figura 16 - Média O₃ (21/02 a 20/03) do Verão de 2014.

No mapa que representa os índices de ozônio poluente no final do verão no ano de 2014, tendo em vista o grande índice que se obteve no meio da estação. O término desta apresenta metade da região norte do Município de São Paulo do distrito de Anhanguera até parte do Mandaqui com o índice alto entre 80 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A outra parte da região norte do distrito da Casa Verde até o Oeste do Município de Guarulhos apresentou o índice moderado mais elevado entre 60 a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio poluente.

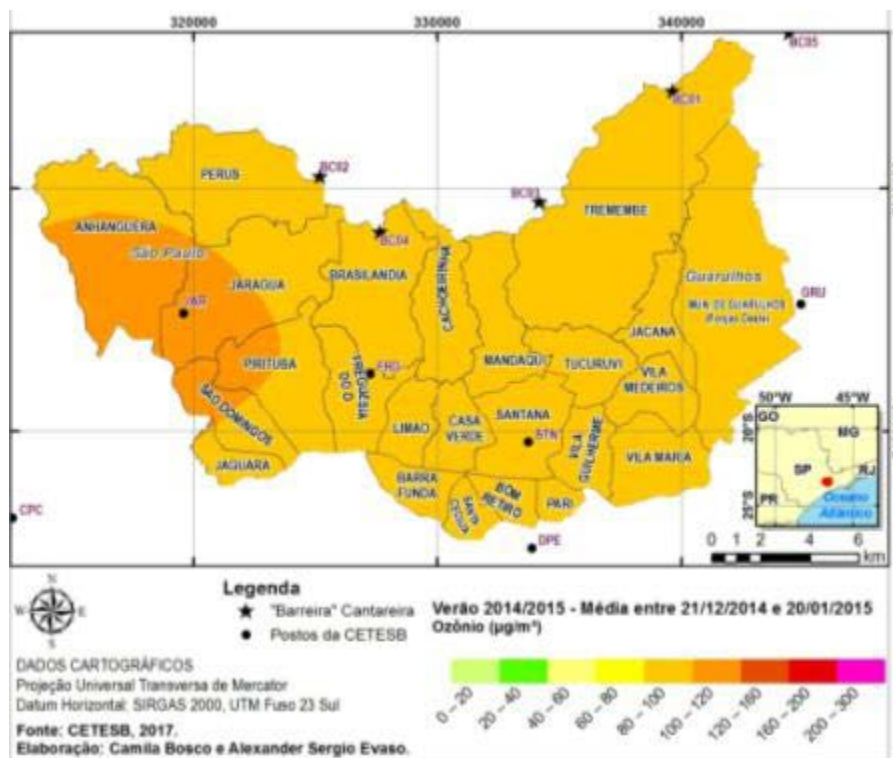


Figura 17 - Média O1 (21/12 a 20/01) do Verão de 2015.

No mapa que representa os índices de ozônio poluente no início do verão no ano de 2015, grande parte da região norte do Município de São Paulo apresenta o índice alto de ozônio entre 80 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. No entanto a área entre os distritos de Anhanguera, Jaraguá, Pirituba e São Domingos apontou o índice muito alto entre 100 e 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ozônio poluente.

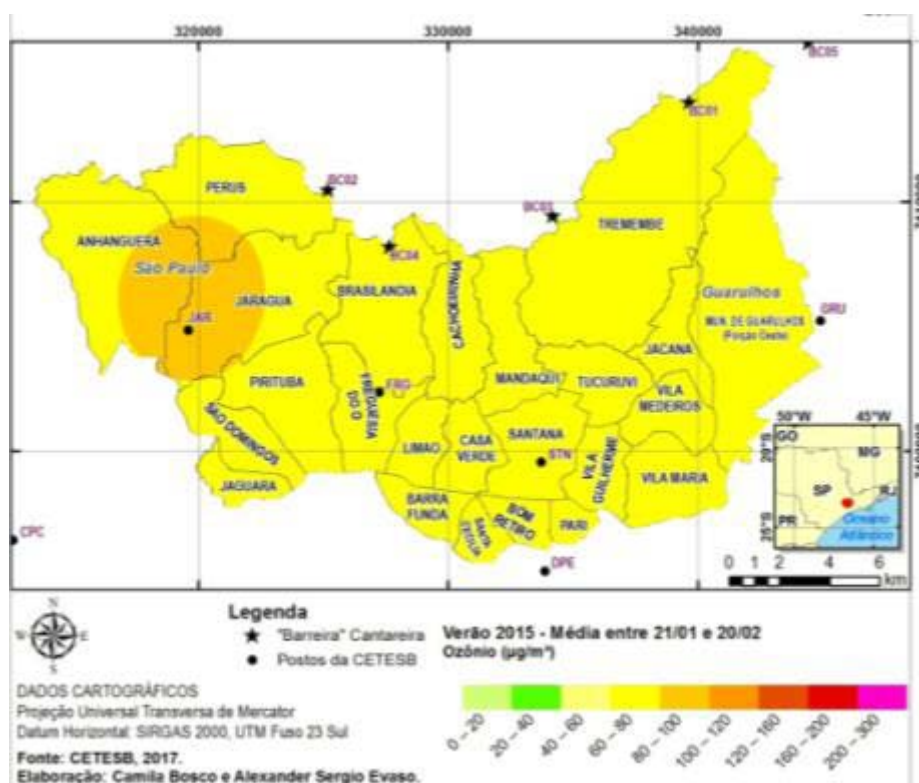


Figura 18 - Média O2 (21/01 a 20/02) do Verão de 2015.

Para o mapa que representa os índices de ozônio poluente no meio do verão no ano de 2015, diferentemente do que foi apresentado no início da estação, a região norte apresentou o índice moderado alto entre 60 a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozônio. Entretanto apenas a área entre os distritos de Anhanguera e Jaraguá apontou o índice pouco mais alto entre 80 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

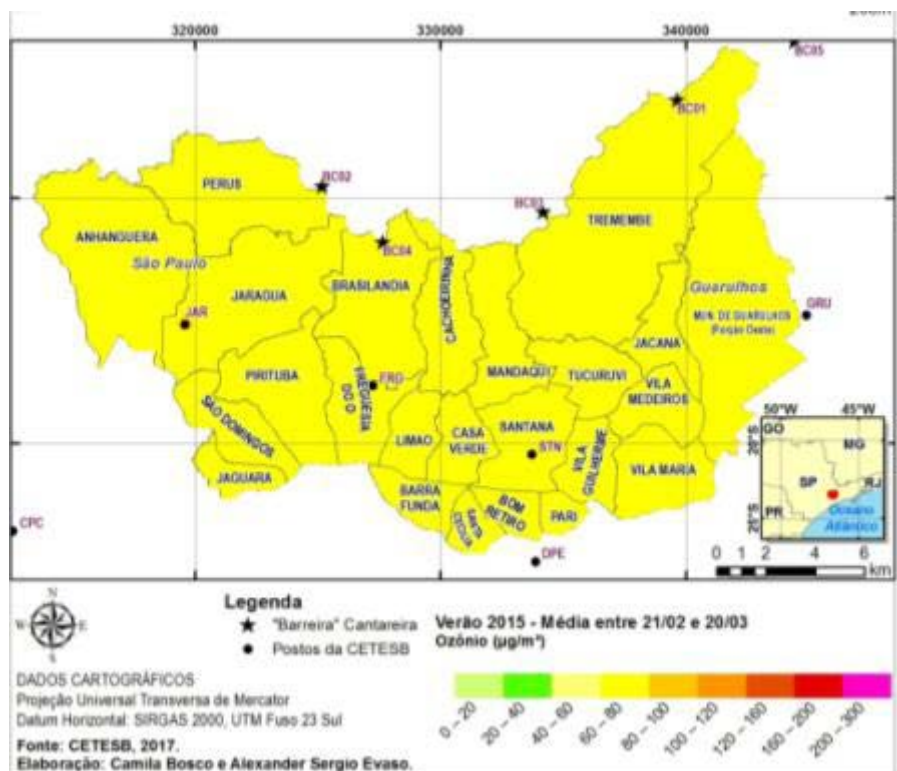


Figura 19 - Média O3 (21/02 a 20/03) do Verão de 2015.

No mapa que representa os índices de ozônio poluente no final do verão no ano de 2015, toda a região norte do Município de São Paulo apresentou o índice moderado mais elevado entre 60 a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

DISCUSSÃO

INVERNO DE 2013 A 2015

Baseando-se no que foi apresentado nos mapas, o início e meio do inverno nos três anos analisados, os mesmos mostram índices menores de ozônio poluente variando entre o moderado baixo (60 a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e algumas áreas apontando o índice bom de ozônio (20 a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Entretanto ao final da estação observa-se uma mudança nos índices apresentados. O fim do inverno aponta índices moderado elevado (60 a 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) como o de 2013 e o índice alto (80 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nos anos de 2014 e 2015.

Para esse aumento do nível do ozônio poluente mais para o final da estação, devemos levar em consideração a proximidade da troca de estação, a transição entre inverno e primavera, onde as temperaturas tendem a se elevar. E como o ozônio é um poluente que necessita da luz solar para sua formação, esta condição se torna favorável para sua incidência.

VERÃO ENTRE 2013 A 2015

Tendo em vista os mapas gerados para o verão nos anos de 2013 a 2015, podemos observar que os começos desta estação, os índices de ozônio poluente são maiores variando entre o moderado elevado (60 a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$), o alto (80 a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) até alguns episódios de níveis muito altos (100 a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Para o ano de 2014 observamos que o meio da estação para este ano, apontou um índice de ozônio poluente muito alto (100 a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) em praticamente toda a região norte do Município de São Paulo.

Foi observado também que durante o verão para estes anos, os distritos de Anhanguera e Jaraguá mantiveram sempre picos pontuais em comparação com os outros distritos da região norte. Podemos atribuir este fenômeno ao alto índice de degradação ambiental, que conseqüentemente eleva as temperaturas do local e o tráfego de veículos, tendo em vista as obras do Rodoanel trecho Norte que ocorrem na área.

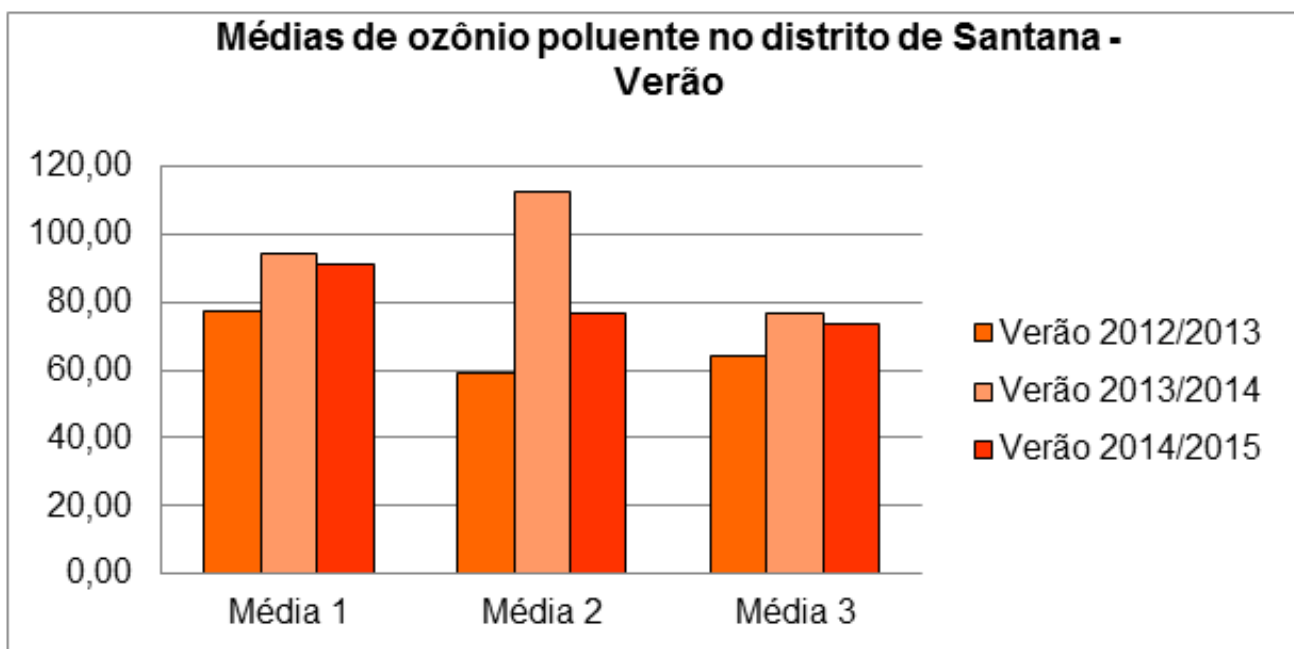


Figura 20 - Médias de ozônio poluente no distrito de Santana - Verão.

O gráfico acima nos mostra as médias apresentadas pelo posto de monitoramento do distrito de Santana na estação do verão, observamos que o início e fim de estação dos anos de 2013 e 2015 possuem semelhança em seu comportamento, com isso a tendência

é de que os índices de ozônio poluente serem maiores no início do verão (Média 1), apesar do pico anômalo apresentada na Média 2 no verão de 2013/2014.

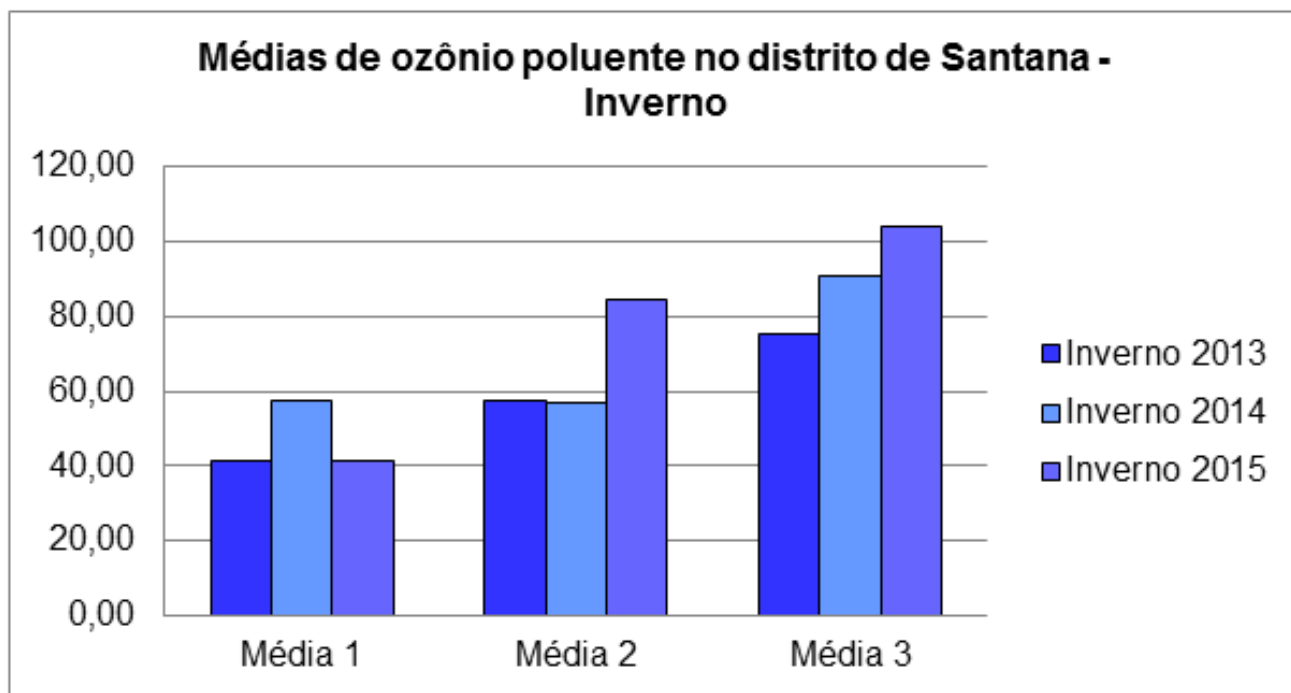


Figura 21 - Médias de ozônio poluente no distrito de Santana - Inverno.

O gráfico com as médias obtidas para o inverno também para o distrito de Santana pôde observar no que já foi analisado nos mapas, os índices de ozônio poluente em elevação no final da estação a partir do ano de 2014 e predominando no ano de 2015.

Como fora citado anteriormente o ozônio poluente é um poluente fotoquímico e necessita do calor para que ocorra sua formação, com isso o gráfico a seguir apresenta as médias das temperaturas nos mesmos períodos apresentados durante a estação do inverno e verão nos anos de 2013 a 2015.

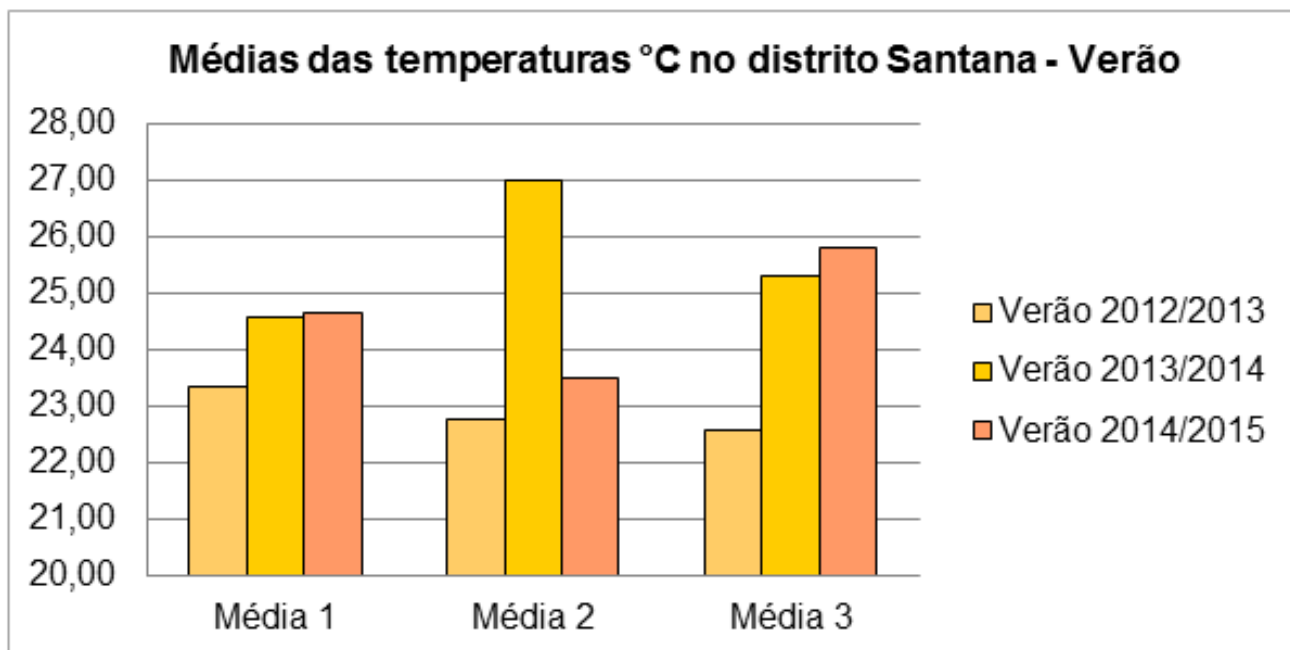


Figura 22 - Médias das temperaturas °C no distrito Santana - Verão.

Analisando as temperaturas das médias para o verão dos respectivos anos, observamos que eles possuem o comportamento semelhante aos níveis de ozônio poluente apresentado no gráfico das médias de ozônio poluente no verão (figura 24), com isso temos mais certeza da correlação da alta temperatura com os altos índices que ozônio.

Para o gráfico referente às médias de temperaturas para o inverno nos períodos dos anos estudados, a semelhança de comportamento mostrado no gráfico das temperaturas para verão, o mesmo ocorre para o inverno.

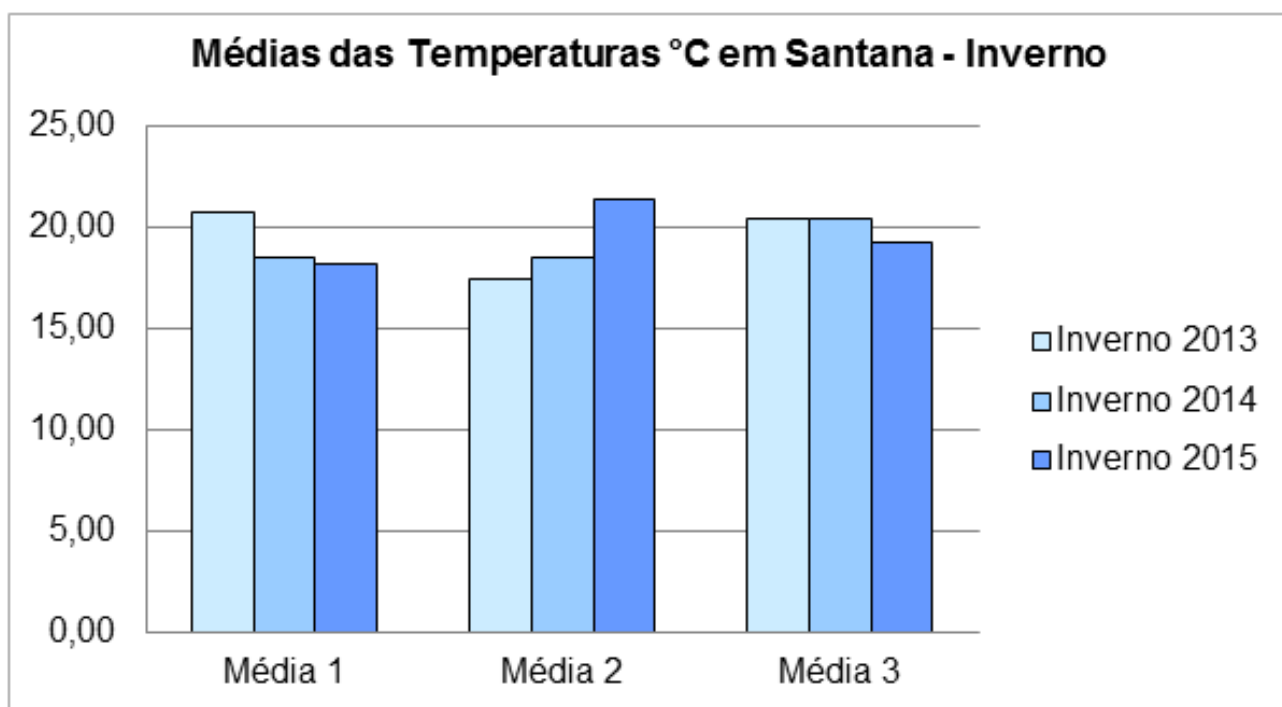


Figura 23 - Médias das Temperaturas °C em Santana - Inverno.

Como foi observado nos mapas, o final da estação do inverno apresenta índices de ozônio poluente mais elevado, no entanto as médias das temperaturas para o mesmo período não ultrapassaram os 21°C, o que não é considerado uma temperatura alta. Entretanto já é sabido que os invernos tendem a serem mais secos e com a poluição das frotas veiculares e o calor que estes podem gerar dentro do tráfego intenso, podemos pensar que existe sim, a possibilidade da formação do ozônio poluente com estas condições impostas.

Considerando o que foi apresentado com a geração dos mapas e gráficos comparativos do ozônio poluente e suas respectivas médias de temperaturas, podemos observar a correlação da temperatura com a formação do poluente. E quanto maior número de indústrias e altos níveis de tráfego veicular que emitem os precursores da formação do ozônio na região, os índices deste poluente terão um crescimento exponencial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa visou fixar a conceituação do ozônio estratosférico e troposférico, bem como dissertar a respeito de sua formação como poluente, seus precursores e os danos à saúde provocados pela exposição excessiva. Para executar esta tarefa, foram utilizadas bibliografias, a fim de permitir o aprofundamento do assunto.

Com base nos resultados obtidos, destacando os períodos do início do verão e final do inverno, onde os mesmos apresentaram índices de ozônio poluente mais elevado, podemos citar a importância e necessária atenção da sociedade civil e principalmente dos agentes públicos para os males causados pelo ozônio poluente, e que estes possam executar políticas públicas para prevenir e mitigar o despejo dos precursores do ozônio no ar, como os compostos orgânicos voláteis e o dióxido de nitrogênio, a fim de evitar sua formação.

REFERÊNCIAS

ALVIM, DEBORA S., GATTI, L. V, SANTOS,H.M, ; Yamazaki, A, **Estudo dos compostos orgânicos voláteis precursores de ozônio na cidade de São Paulo**, Studies of the volátil e organic compounds precursors of ozone in São Paulo city, Artigo Técnico, Eng. Sanit. Ambient. vol.16 no.2, 189-196,Rio de Janeiro Apr./June 2011.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB, **Abrangência Espacial das Estações de Monitoramento de Ozônio (referente ao item I do Artigo 14º do Decreto Estadual nº 59.113/2013**. Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2013/12/relatorio-GTO3.pdf>>, Acesso em 11 de Março de 2017.

FREITAS, E. D. et.al. **A simple photochemical module implemented in RAMS for tropospheric ozone concentration forecast in the metropolitan area os São Paulo, Brazil: Coupling and validation**. Atmospheric Environment. Vol. 39, p; 6352-6361. 2005.

MINISTÉRIO DA SAUDE – Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluição Atmosférica – VIGIAR. **Instrumento de Identificação dos Municípios de Risco, IIMR, 2012. Situação dos Estados Brasileiros.** Brasília. 2013.

NEVES, NEUZA. **Formação e Dispersão de Ozônio na Região do Recôncavo Baiano,** Salvador, 2010.

NOVAIS, D. L. V. **Ozônio: Aliado e Inimigo.** São Paulo: Spicione, 1998.

SÃO PAULO, Decreto nº 59.113, de 23 de Abril de 2013, **Estabelece novos padrões de qualidade do ar e das providências correlatas,** Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo, São Paulo, 2013.

Recebido em: 30/11/2017

Aceito em: 12/12/2017