

X-016 - AVALIAÇÃO DOS EPISÓDIOS DE MP₁₀ NA CIDADE DE LIMEIRA-SP USANDO ANÁLISE DE REGRESSÃO DE TRAJETÓRIA

Felipe Lima Campos de Souza⁽¹⁾

Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
Mestrando em Tecnologia (Área de Concentração: Ambiente) pela Unicamp.

Danilo Covaes Nogarotto⁽²⁾

Graduado e Mestre em Estatística pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Doutor em Tecnologia (Área de Concentração: Ambiente) pela Unicamp.

Simone Andrea Pozza⁽³⁾

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Mestra e Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Professora Doutora na Faculdade de Tecnologia (FT) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

Endereço⁽³⁾: Rua Paschoal Marmo, 1888 – Jd. Nova Itália – Limeira - SP - CEP: 13484-332 - Brasil - Tel: (19) 2113-3407 - e-mail: simone.pozza@ft.unicamp.br

RESUMO

O material particulado (MP) vem sendo muito estudado pela comunidade científica, pelo fato de ser um potencializador de doenças cardiopulmonares, câncer, irritações nos olhos, dentre outras. Esse material é proveniente da queima de combustíveis em veículos automotivos, combustão de biomassa vegetal, indústrias (químicas e outras), etc. Nesse sentido, é importante avaliar períodos de ocorrência de altas concentrações ou picos de MP₁₀. O propósito é entender de quais regiões são provenientes as massas de ar na cidade de Limeira – SP. Para isso, será utilizada a ferramenta estatística Análise de Regressão de Trajetória (ART), onde a variável dependente é a concentração do poluente atmosférico (MP₁₀) em dias de maiores concentração, e as variáveis independentes são o tempo de residência da massa de ar sobre cada uma das nove regiões determinadas, baseadas nas trajetórias obtidas no modelo HYSPLIT. A maior contribuição nos episódios de altos níveis do MP₁₀ em Limeira, foram de fontes locais, que correspondem a 54,1% de contribuição. O modelo da ART foi capaz de explicar cerca de 95% da variabilidade da concentração do MP₁₀ em dias de episódios de alta concentração.

PALAVRAS-CHAVE: HYSPLIT, ART, MP₁₀.

INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é todo tipo de matéria que, a depender da concentração, poderá causar riscos à saúde, à fauna e também à flora (BRAGA *et al.*, 2005). Dentre os poluentes, existe o material particulado (MP) caracterizado como inorgânico, é proveniente de partículas de areia e fuligem, e o material particulado orgânico tem origem nos pólenes e microrganismos, ou seja, a composição do MP depende de sua fonte, que pode ser natural ou antrópica, gerando composições variadas de características orgânica ou inorgânica. Esse material pode causar sérias consequências à saúde dos seres humanos. As partículas de MP₁₀, são inaláveis, com diâmetro de até 10 µm, ao qual tendem a perdurar em suspensão na atmosfera terrestre por um extenso período de tempo (BAIRD, 2002; BRAGA *et al.*, 2005; REDINGTON *et al.*, 2016). Essas partículas também são chamadas de grosseiras (SEINFELD e PANDIS, 2006).

Nas grandes cidades ou metrópoles, com intenso tráfego de veículos, é praticamente impossível que não haja contato entre a população urbana e os poluentes atmosféricos, sendo que estes fazem mal à saúde. As indústrias outra das fontes de poluentes atmosféricos, porém nas cidades devido ao excesso de automóveis nas ruas, essa fonte tem ultrapassado as indústrias no quesito da emissão de poluentes. Isso acontece porque os carros lançam pelo escapamento, muitos gases e partículas (IBAMA, 1998; CETESB, 2017). Segundo o *National Park Service – USA* (NPS, 2018) mais da metade de toda poluição atmosférica nos EUA, é causada por fontes antrópicas móveis. Entretanto, esses lançamentos não são apenas decorrentes aos processos contidos no motor do carro, mas também pelo fato da movimentação do veículo no asfalto e pelo uso dos freios, que por sua vez,

suspende alta quantidade de partículas devido ao atrito (TRESMONDI *et al.*, 2008; ROSASCO *et al.*, 2011). A saúde da população pode sofrer diversos efeitos, em decorrência da exposição dos poluentes do ar, como: mortalidade e morbidade por doenças cardiorrespiratórias, aumento da incidência de neoplasias (câncer), alterações na reprodução, nos efeitos comportamentais e cognitivos, inflamação pulmonar, alteração no calibre das vias aéreas, no tônus vascular, irritações nos olhos e no controle do ritmo cardíaco (SEINFELD e PANDIS, 2006; CALIJURI e CUNHA, 2013).

A exposição de populações a episódios severos de material particulado pode ser associada a doenças respiratórias, principalmente em crianças e idosos (CESAR *et al.*, 2015; NASCIMENTO *et al.*, 2017). Estudos pelo mundo, tem avaliado episódios severos, como em Shangai (China), onde episódios de alta concentrações de $MP_{2,5}$ foram investigados durante os anos de 2012 a 2013. Um total de aproximadamente 1.400 horas anuais foram consideradas como episódios de alta concentração de $MP_{2,5}$ (maior que $75 \mu g/m^3$), sendo que esses picos contribuíram com uma massa extra de $MP_{2,5}$ de $14 \mu m/m^3$, dentro dos níveis de $33 \mu g/m^3$ sem os episódios de poluição. Uma análise química identificou 3 tipos de episódios típicos como, queima de biomassa, poeira suspensa e eventos com fogos de artifício. Sendo que este último, foi identificado no Festival da Primavera Chinês (WANG *et al.*, 2015). Além disso, em Beijing, na China, entre 19/02 a 12/03/2014, foram identificados 5 episódios de altas concentrações de $MP_{2,5}$. Ma *et al.* (2017) constataram que a duração destes episódios dependia que a média da concentração de $MP_{2,5}$ permanecesse acima de $75 \mu g/m^3$. Tais picos foram causados a partir das altas descargas de poluentes no ar, aquecimento e estabilidade climática local. O transporte regional do Sul foi a principal razão para ocorrência de episódios de níveis intensos ($150-250 \mu g/m^3$) e severos ($>250 \mu g/m^3$) de $MP_{2,5}$.

Durante os anos de 2008 e 2009, altos níveis de concentração de MP_{10} ocorreram na cidade de Gdynia (Polônia), ultrapassando, em 25 vezes, o limite diário de $50 \mu g/m^3$, predominantemente nos meses do inverno. Segundo Lewandowska e Falkowska (2013) houveram três tipos de episódios de alta concentração. O primeiro tipo ocorreu três vezes, sendo relacionado com aerossóis marinhos, o segundo foi relacionado com aerossóis secundários, e o último foi constatado devido atividades portuárias.

Outro estudo, realizado em Seul (Coréia do Sul) (LEE *et al.*, 2011), considerou dias em que a concentração do MP_{10} foi maior que $100 \mu g/m^3$ para estudar como as variáveis meteorológicas influenciam nos picos de concentração. No período do estudo, entre 2001 e 2008, um total de 254 dias foram identificados como episódios de picos de alta concentração. Fenômenos meteorológicos atuando na região sendo eles a alta temperatura do ar, ventos fracos e precipitação leve potencializaram os picos. Além disso, foram obtidas as trajetórias reversas das últimas 72 h para cada um dos 254 dias. Com a análise de cluster essas trajetórias foram agrupadas em três grupos para identificar os locais das possíveis fontes de emissão do MP_{10} . No cluster 1, emissões locais como alto tráfego de veículos, aerossóis marinhos, uso de combustíveis fósseis e poeira urbana, são os causadores dos picos. Já no cluster 2 e no cluster 3, as fontes emissoras do MP_{10} são provenientes de regiões altamente industrializadas (especialmente indústrias químicas) e regiões muito distantes (deserto de Gobi na Mongólia e a Ásia Central), respectivamente.

Kavouras *et al.* (2013), utilizaram da análise de regressão de trajetória para avaliar a importância do transporte regional nos dias mais poluídos, para as cidades de Amsterdam, Atenas, Birmingham e Helsinki, entre outubro de 2002 e março de 2004. Foram ajustados dois modelos de regressão, sendo a variável de interesse para o primeiro modelo a concentração diária do $MP_{2,5}$ (partículas finas), e para o segundo modelo, a concentração de $MP_{10-2,5}$ (partículas grossas). Como variáveis independentes no modelo, considerou-se o tempo de residência da massa de ar sobre regiões pré-determinadas. O tempo de residência foi calculado a partir das trajetórias das massas de ar obtidas pelo modelo HYSPLIT (*Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory*), do laboratório NOAA – ARL (*National Oceanic and Atmospheric Administration – Air Resources Laboratory*). Após o ajuste do modelo de regressão, foi definido os dias mais poluídos acima do 80º percentil da concentração medido para cada cidade. Para as cidades de Atenas e Birmingham os altos picos de $MP_{2,5}$ foram devidas as condições meteorológicas estagnadas em razão das condições topográficas destas cidades. Para Amsterdam, a região da Europa Central foi a que teve a maior contribuição dos dias mais poluídos. Já para Helsinki os episódios mais altos de $MP_{2,5}$ foram atribuídos ao transporte da massa de ar vindo da Rússia e da Europa Central.

Estudos feitos por Xu *et al.* (2006); Kavouras *et al.* (2013); Dimitriou e Kassomenos (2014); Rodopoulou *et al.* (2014); Chalbot *et al.* (2013), identificaram quais regiões mais contribuíram nos níveis de concentração de poluente atmosférico medido num local de amostragem, usando a Análise de Regressão de Trajetória (ART). Com essa ferramenta é possível identificar possíveis locais de fontes emissoras do poluente atmosférico. No caso da ART, a variável dependente é a concentração diária do poluente atmosférico e as variáveis independentes são o tempo de residência da massa de ar sobre uma determinada região (XU *et al.* 2006; KAVOURAS *et al.*, 2013; DIMITRIOU e KASSOMENOS, 2014).

O objetivo deste trabalho foi investigar os episódios de alta concentração do MP₁₀ da cidade de Limeira-SP, a fim de identificar a localização de possíveis fontes emissoras deste poluente, com uso da Análise de Regressão de Trajetória. Com isso, será possível quantificar a contribuição de cada região nos dias de picos de concentração do MP₁₀.

METODOLOGIA

Dados horários da concentração diária do MP₁₀ (µg/m³) da estação automática da cidade Limeira nos anos de 2016 e 2017 foram usados neste trabalho. O município possui uma intensa atividade agrícola com o plantio de cana-de-açúcar e indústrias químicas voltadas à fabricação de semi joias, etc.

Os dados foram coletados da base do QUALAR (Qualidade do Ar) disponível no site da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) (QUALAR, 2016). O modelo HYSPLIT foi usado para obter as trajetórias de massas de ar que chegam a Limeira, chamadas de trajetórias *backward* ou reversas. Essas trajetórias serão usadas na Análise de Regressão de Trajetória (ART), no cálculo do tempo de residência da massa de ar.

O modelo de regressão de trajetória é baseado na Equação 1.

$$MP_j = \sum_{k=1}^m B_k T_{jk} \quad (1)$$

Onde: MP_j é a concentração do MP no dia j (variável resposta); T_{jk} é o tempo de residência total de massa de ar sobre a região k no dia j ; B_k é o fator de contribuição do MP na região k .

Cada coeficiente B_k indica o quanto a região k influencia na concentração do MP. Ao se multiplicar o B_k por T_{jk} , obtém-se a contribuição final do MP no dia j para a região k . Tais contribuições calculadas de cada região refletem a contribuição após a ocorrência de todas as prováveis perdas como deposição úmida, dispersão do vento, diluição química, entre outras (DIMITRIOU e KASSOMENOS, 2014). O tempo de residência calculado sobre cada célula (ou seja, a soma de número de pontos de trajetória dentro de cada célula) foram somados para cada região pré-definida a fim de determinar o tempo gasto sobre cada região.

Na ART foram escolhidos apenas os dias com alta concentração de MP₁₀. Esta seleção pode ser feita de várias maneiras, como observado nos trabalhos de Lee *et al.* (2011), Lewandowska e Falkowska (2013), Kavouras *et al.* (2013) e Wang *et al.* (2015). Neste estudo os episódios severos de concentração de MP₁₀ serão selecionados se a concentração diária do MP₁₀ for maior que 75º percentil. Ou seja, corresponde aos 25% dos dias mais poluídos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de 01/01/2016 a 30/12/2017 foram identificados 175 dias com valores de concentração diária maior que 41,2 µg/m³. Esse valor é o 75º percentil da concentração diária do MP₁₀ em Limeira no período. Para o Estado de São Paulo, o Decreto Estadual nº 59113/2013 (SÃO PAULO, 2013) e a nível nacional, a Resolução CONAMA nº 491/2018 (BRASIL, 2018), estabelecem um limite de no máximo 120µg/m³ para 24 h. No entanto, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2005), os números são mais restritivos, sendo de 50 µg/m³ diário. Percebe-se assim, que os valores máximos para MP₁₀ na legislação estadual e nacional é menos restritivo em relação ao internacional. E ainda, o valor limite escolhido (75 º percentil) está abaixo do limite da OMS, ou seja, mais restritivo, e atendendo assim a legislação vigente.

A Tabela 1 apresenta a frequência de episódios de alta concentração, ao longo dos meses dos anos de 2016 e 2017. Nota-se em geral que os episódios de MP₁₀ se concentraram nos meses de inverno (Junho a Setembro), sendo 128 dias nesse período. Os meses de Janeiro e Dezembro não tiveram nenhum pico. Esses dois meses são conhecidos como sendo bastante úmidos, o que auxilia na deposição do MP. Outro fato observado é que o ano de 2016 apresentou uma frequência maior se comparado ao ano de 2017. O ano de 2016 foi um período de muita seca, contribuindo com maiores valores do MP₁₀.

Tabela 1: Frequência de dias com concentração acima do 75º percentil

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2016	0	0	2	20	8	14	25	18	14	2	1	0	104
2017	1	1	0	1	2	6	9	19	27	5	0	0	71
Total	1	1	2	21	10	20	34	37	41	7	1	0	175

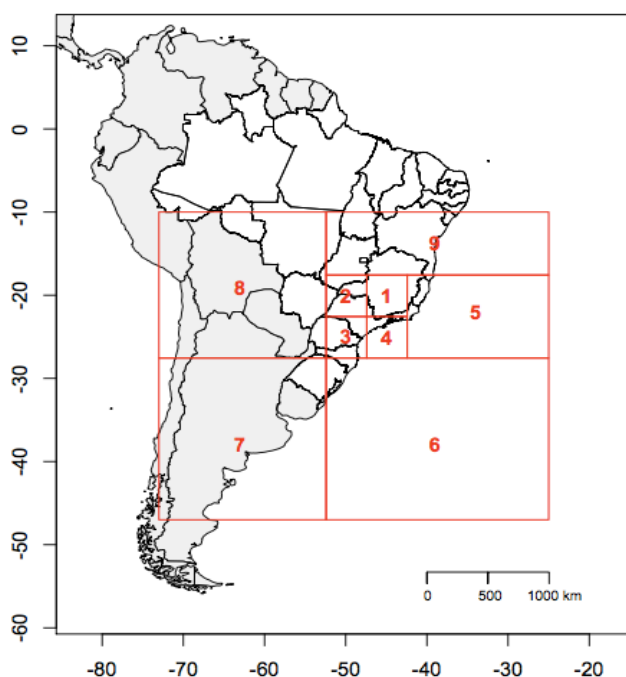


Figura 1: Regiões de residência de massa de ar em Limeira

Tabela 2: Descrição das regiões 1 a 9

Região	Fonte	Descrição
1	Local	São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro
2	Local	São Paulo, Triângulo mineiro, Goiás e Mato Grosso do Sul
3	Local	São Paulo, Paraná e Santa Catarina
4	Local	Região Metropolitana de São Paulo e Litoral Paulista
5	Litorânea	Minas Gerais, Espírito Santo e Litoral Sudeste
6	Litorânea	Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Atlântico Sul
7	Continental	Rio Grande do Sul, Uruguai e Litoral Uruguiaio e Argentina e Litoral Argentino
8	Continental	Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Paraná, Santa Catarina, Bolívia, Paraguai, Argentina, Chile e Peru
9	Litorânea	Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Minas Gerais, Bahia, Sergipe e Litoral Nordeste

A partir do município em estudo, foram delimitadas 9 regiões, sendo elas traçadas no contorno do ponto de chegada das trajetórias (Figura 1). As regiões 1 a 4 feitas de tamanhos iguais com 5°x 5°(Graus). Na Tabela 2,

é possível identificar cada região e suas respectivas fontes. Para calcular o tempo em que as massas de ar permaneceram em cada uma das nove extensões demarcadas, foi-se necessário a soma dessas massas, até alcançar o tempo gasto em todas as regiões pré-determinadas.

Na Figura 2 são apresentados os percentuais de contribuição de cada região nos níveis de MP_{10} em Limeira, enquanto que na Figura 3 é apresentado o mapa com as regiões e a faixa de contribuição de cada uma. Observe que todas as regiões foram significativas a um nível de 5% de significância, ou seja, todas as regiões contribuem na composição do MP_{10} (Figura 2). Na Figura 3 percebe-se que as regiões que mais contribuíram ficam a nordeste de Limeira (regiões 1, 5 e 9). Por outro lado, as regiões de menor contribuição foram as regiões 3, 6 e 7, mais ao sul de Limeira.

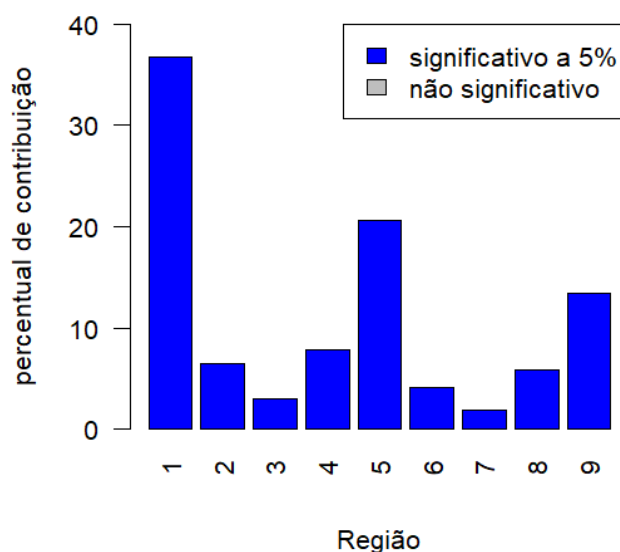


Figura 2: Percentual de contribuição das regiões 1-9

Os percentuais de contribuição calculados foram obtidos da Equação 1, e refletem a contribuição média de cada região durante os episódios (dias em que a concentração média foi maior que $41,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). As regiões de maior contribuição no MP_{10} foram 1, 5 e 9, respectivamente com 36,7%, 20,0% e 13,4%. Nas regiões 2, 4 e 8 houveram contribuições bem próximas, com 6,4%, 7,8% e 5,8%, respectivamente. As regiões de menor contribuição foram as 3 (3,0%), 6 (4,1%) e 7 (1,8%).

Separando por características das regiões, temos que as regiões de 1 a 4, correspondem a fontes locais, somando 54,1% de contribuição. Nestas regiões, há uma densa malha rodoviária, além de aglomerados urbanos importantes, como as regiões metropolitana de São Paulo e Campinas. Além disso, próximo a Limeira, há o polo cerâmico de Santa Gertrudes, e o polo petroquímico de Paulínia. Todos esses fatores podem impactar numa maior contribuição nos níveis do MP_{10} em Limeira. Da região 4 (7,8%), pode haver uma pequena contribuição de fontes litorâneas, visto que nesta região está localizado todo o litoral do estado de São Paulo. As regiões predominantemente litorâneas são as 5 e 6, que juntas somam 24,7% de contribuição, porém bem mais forte a contribuição da região 5, com 20,0%. Essa região corresponde ao litoral do Sudeste, principalmente litoral do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Outra região que há contribuição litorânea no MP_{10} é a região 9, com 13,5%, porém nesta região há também a contribuição continental. A região 9 corresponde ao sul da região nordeste brasileira, e o litoral nordestino. Se considerarmos as três regiões (5, 6 e 9), há uma contribuição de 38,2% nos níveis do MP_{10} em Limeira. Por fim, as regiões 7 e 8, que são regiões continentais, que correspondem a 7,7% somadas. Há contribuição desde os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, até os países sul-americanos (Argentina, Uruguai, Chile, Paraguai, Peru, Bolívia).

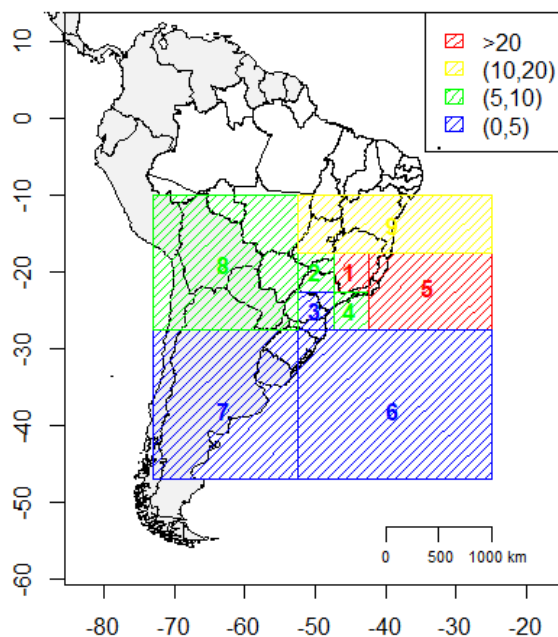


Figura 3: Mapa do percentual de contribuição das regiões 1-9

Para avaliar o desempenho do modelo da ART ajustado, foi feita uma análise dos resíduos. O gráfico dos resíduos não apresentou nenhuma tendência, porém houve vários pontos aberrantes, e todos ficaram positivos. O teste de Kolmogorov-Smirnov indicou normalidade nos resíduos a nível de 5% de significância (p-valor = 0,8409). Além disso, o R^2 (coeficiente de determinação) obtido foi de 0,9502, indicando que 95,02% da variabilidade total do MP₁₀ (episódios ocorridos em Limeira) foi explicado pelo modelo da ART, ou seja, pelas trajetórias das massas de ar.

CONCLUSÕES

A Análise de Regressão de Trajetória (ART) possibilitou identificar possíveis locais de fontes emissoras, nos episódios de alta concentração do MP₁₀ em Limeira. Estudar os episódios é importante para entender que fatores podem influenciar na ocorrência de alta concentração do MP. A tentativa deste estudo foi de investigar os episódios, utilizando as trajetórias de massa de ar, por meio da ART. Com a ART, é possível verificar a contribuição percentual na concentração do MP₁₀ de cada região nos dias de episódios em Limeira, no interior do Estado de São Paulo, durante o período de 2016 e 2017.

A maior parte (54,1%) da contribuição da concentração do MP₁₀ em Limeira, nos dias acima de 41,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (episódios), correspondem as fontes locais. As fontes de regiões litorâneas e regionais/continentais também tiveram contribuição significativa estatisticamente. Além disso, o modelo apresentou um desempenho satisfatório, com um elevado R^2 .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAIRD, C. Química Ambiental. Material particulado e poluição atmosférica. Porto Alegre: 2ª edição - Bookman, p. 108-135, 2002.
2. BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L., MIERZWA, J. C., BARROS, M. T. L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N., EIGER, S. Introdução à Engenharia Ambiental. O desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo: 2a edição - Pearson Prentice Hall. p.168-180, 2005.
3. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) – Resolução 491. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>

4. CALIJURI, M. C., CUNHA, D. G. F. Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão. Rio de Janeiro: Elsevier. p.345-350, 2013.
5. CESAR, A. C. G.; NASCIMENTO, L. F. C.; MANTOVANI, K. C. C.; VIEIRA, L. C. P. Material particulado fino estimado por modelo matemático e internações por pneumonia e asma em crianças. Revista Paulista de Pediatria v.34, n.1, p. 18-23, 2015.
6. CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2017. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2018/05/relatorio-qualidade-ar-2017.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2018.
7. CHALBOT, M. -C., MCELROY, B., KAVOURAS, I. G. Sources, trends and regional impacts of fine particulate matter in southern Mississippi valley: significance of emissions from sources in the Gulf of Mexico coast. Atmospheric Chemistry and Physics, v.13, p.3721-3732, 2013.
8. DIMITRIOU, K., KASSOMENOS, P. A study on the reconstitution of daily PM₁₀ and PM_{2.5} levels in Paris with multivariate linear regression model. Atmospheric Environment, v.98, p.648-654, 2014.
9. KAVOURAS, I. G., LIANOU, M., CHALBOT, M. -C., VEI, I. C., KOTRONAROU, A., HOEK, G., HAMERI, K., HARRISON, R. M. Quantitative determination of regional contributions to fine and coarse particle mass in urban receptor sites. Environmental Pollution, v.176, p.1-9, 2013.
10. IBAMA, INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Programa de controle da poluição do ar por veículos automotores (PROCONVE). 2º edição, Brasília (DF). pp. 181, 1998.
11. LEE, S., HO, C.-H., CHOI, Y.-S. High-PM₁₀ concentration episodes in Seoul, Korea: Background sources and related meteorological conditions. Atmospheric Environment, v.45, p.7240-7247, 2011.
12. LEWANDOWSKA, A. U., FALKOWSKA, L. M. High concentration episodes of PM₁₀ in the air over the urbanized coastal zone of the Baltic Sea (Gdynia — Poland). Atmospheric Research, v.120(121), p.55-67, 2013.
13. MA, Q., WU, Y., ZHANG, D., WANG, X., XIA, Y., LIU, X., TIAN, P., HAN, Z., XIA, X., WANG, Y., ZHANG, R. Roles regional transport and heterogeneous reactions in the PM_{2.5} increase during winter haze episodes in Beijing. Science of the Total Environment, v.599(600), p.246-253, 2017.
14. NASCIMENTO, A. P.; SANTOS, J. M.; MILL, J. G.; SOUZA, J. B.; JÚNIOR, N. C. R.; REISEN, V. A. Associação entre concentração de partículas finas na atmosfera e doenças respiratórias agudas em crianças. Revista Saúde Pública, v. 51, n. 3, 2017.
15. NPS – National Park Service. Where Does Air Pollution Come From? 2018. Disponível em: <<https://www.nps.gov/subjects/air/sources.htm>>. Acesso em: 19 de junho de 2018.
16. OMS – Organização Mundial da Saúde. Guia de qualidade do ar da OMS relativo ao material particulado, ozônio, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre, 2005. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=B2040A3FFDF50E57C21C6FC49BA7C52E?sequence=1>. Acesso em: 17 de outubro de 2018.
17. QUALAR. Qualidade do Ar, CETESB, Dados meteorológicos. Acesso em 16 de Janeiro de 2016. Disponível em: <http://ar.cetesb.sp.gov.br/qualar/>, 2016.
18. RODOPOULOU, S., CHALBOT, M. -C., SAMOLI, E., DUBOIS, D. W., FILIPPO, B. D. S., KAVOURAS, I. G. Air pollution and hospital emergency room and admissions for cardiovascular and respiratory diseases in Doña Ana County, New Mexico. Environmental Research, v.129, p.39-46, 2014.
19. REDINGTON, A. L.; WITHAM, C. S.; HORT, M. C. Source apportionment of speciated PM₁₀ in the United Kingdom in 2008: Episodes and annual averages. Atmospheric Environment, v. 145, p. 251-263, 2016.
20. ROSASCO, F. V.; MARIANI, R. S.; MARTINS, M. P. P.; PEREIRA, E. B. Caracterização morfológica de partículas na atmosfera de São José dos Campos –SP, utilizando microscopia eletrônica de varredura (MEV). Geoquímica Brasileira 25 (1). pp. 25-33, 2011.
21. SÃO PAULO, 2013. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/norma/170057>>. Acesso em: 17 de outubro de 2018.
22. SEINFELD, J. H., PANDIS, S. N. Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change, 3ª edição 2006.
23. TRESMONDI, A. C. C. L., BELI, E.; TOMAZ, E.; PICCININI, M. D. L. R. Concentração de Material Particulado Inalável MP₁₀ em Espírito Santo do Pinhal – SP. Engenharia Ambiental v.5, n.1, p. 133-144, 2008.

24. WANG, H. L., QIAO, L. P., LOU, S. R., ZHOU, M., CHEN, J. M., WANG, Q., TAO, S. K., CHEN, C. H., HUANG, H. Y., LI, L., HUANG, C. PM_{2.5} pollution episode and its contributors from 2011 to 2013 in urban Shanghai, China. *Atmospheric Environment*, v.123, p 298-305, 2015.
25. XU, J., DUBOIS, D., PITCHFORD, M., GREEN, M., ETYEMEZIAN, V. Attribution of sulfate aerosols in Federal Class I areas of the western United States based on trajectory regression analysis. *Atmospheric Environment*, v.40, p.3433-3447, 2006.