

Estudo de Dispersão Atmosférica do Poluente Atmosférico PM10 proveniente da Reciclagem do Alumínio Secundário

Maicon Martins da Costa¹; Carlos Eduardo Guarido²; Fabrício Polifke da Silva²; Gisele Dornelles Pires²

¹ Aluno do Programa de Iniciação Científica Graduação Engenharia Civil- Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

² Professor Engenharia Civil -Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

mmartinsengcivil@gmail.com, carlosguarido@globo.com, briciopolifke@gmail.com, eng.gisele.pires@gmail.com

Resumo - Apesar de todo o progresso alcançado na redução da emissão de poluentes atmosféricos durante as últimas décadas, a poluição do ar ainda representa um dos principais problemas ambientais nos centros urbanos. A qualidade do ar pode ser avaliada, em nível local, regional, nacional e internacional, através de estimativas das emissões, do uso de modelos matemáticos e de medidas das concentrações ambientais dos principais poluentes usando métodos físico-químicos. Os possíveis efeitos dependem não somente da concentração e da duração do impacto, mas também de muitos fatores diferentes como o clima, o impacto simultâneo de outros poluentes, dentre outros que desempenham um papel importante. A partir dessas considerações, o objetivo desse trabalho foi realizar um estudo de dispersão do poluente atmosférico PM 10 monitorado por isocinética na saída da chaminé, do processo produtivo da Empresa Alutech Alumínio LTDA, correlacionando-o com as variáveis meteorológicas, propondo medidas de controle e procedimentos para mitigar os impactos a população do entorno a empresa. O cruzamento destes dados permitiu a modelagem da fonte, dispersão, cobertura e distanciamento da fonte. Foi possível analisar o comportamento da pluma de dispersão com a variação da altura da fonte, buscando a mínima variação para melhor dispersão dos poluentes, e propondo medidas em dias de inversão térmica.

Palavras Chaves: poluição do ar, monitoramento, dispersão dos poluentes, modelagem.

Abstract - Despite all the progress made in reducing the emission of air pollutants during the last decades, air pollution still represents one of the main environmental problems in urban centers. Air quality can be assessed, at the local, regional, national and international level, through estimates of emissions, the use of mathematical models and measures of the environmental concentrations of the main pollutants using physical-chemical methods. The possible effects depend not only on the concentration and duration of the impact, but also on many different factors such as the climate, the simultaneous impact of other pollutants, among others that play an important role. Based on these considerations, the objective of this work was to carry out a dispersion study of the atmospheric pollutant PM 10 monitored by isokinetics at the chimney outlet, of the production process of the Company Alutech Alumínio LTDA, correlating it with the meteorological variables, proposing control measures and procedures to mitigate the impacts on the population surrounding the company. The crossing of these data allowed the modeling of the source, dispersion, coverage and distance from the source. It was possible to analyze the behavior of the dispersion plume with the variation of the height of the source, looking for the minimum variation for better dispersion of the pollutants, and proposing measures in days of thermal inversion.

Key Words: *air pollution, monitoring, dispersion of pollutants, modeling.*

1 Introdução

O crescimento demográfico e o desenvolvimento econômico marcado pela Revolução Industrial, nos séculos XVIII e XIX, levaram a um aumento da demanda pelos recursos naturais, e, conseqüentemente, os impactos ambientais passaram a crescer em ritmo acelerado, chegando a provocar desequilíbrio não apenas localmente, mas também em escala global (Conceição 2001).

As intensificações desse desenvolvimento, somada a aglomeração da população em centros urbanos tornou a poluição atmosférica um problema não só ambiental, mas também de saúde pública. Além da deterioração da qualidade do ar e da poluição do solo e da água, a exposição aos poluentes atmosféricos está associada a doenças cardiovasculares, respiratórias e ao câncer (Ribeiro 1993).

Diante disso, com a crescente preocupação da sociedade em busca do comprometimento com as causas ambientais bem como a minimização dos impactos causados à saúde, aliada ao fortalecimento da fiscalização por parte dos órgãos fiscalizadores competentes, fez-se necessário o uso e o aprimoramento dos processos de monitoramento ambiental, em específico o da Qualidade do Ar (CETESB 2011).

Segundo Quiterio (2005) e Sicard (2010), o monitoramento da qualidade do ar consiste na coleta de dados, estudo e acompanhamento contínuo e sistemático de parâmetros, com o objetivo de identificar e avaliar - qualitativa e quantitativamente – as condições do ar atmosférico em um determinado momento, assim como as tendências ao longo do tempo, permitindo o desenvolvimento de estratégias e regulamentações para o controle da poluição do ar.

O município de Duque de Caxias se estende por 467,271 km² e contava com 914.383 habitantes no último censo (IBGE, 2018). A densidade demográfica é de 1.956,86 habitantes por km² no território do município. O município limita-se ao norte com Petrópolis e Miguel Pereira; ao leste, com a Baía da Guanabara e Magé; ao sul, com a cidade do Rio de Janeiro e, a oeste, com São João de Meriti, Belford Roxo e Nova Iguaçu. Caxias possui clima quente, porém os terceiro e quarto distritos (Imbariê e Xerém) têm temperatura amena em virtude da área verde e da proximidade da Serra dos Órgãos.

Esse desenvolvimento urbano e industrial, apesar de gerarem diversos benefícios, têm elevado os índices de emissões de poluentes atmosféricos na região.

A fim de quantificar e avaliar essas emissões, o município conta com uma Rede Telemétrica da Qualidade do Ar englobando estações que monitoram continuamente e em tempo real as concentrações de materiais particulados (MP1, MP2,5 e MP10), partículas totais em suspensão (PTS), dióxido de enxofre (SO₂), ácido sulfídrico (H₂S), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e óxidos de nitrogênio (NO_x, NO e NO₂).

Destaca-se, ainda, que esta rede de monitoramento é um mecanismo de controle importante no contexto não só da degradação da qualidade do ar, mas também na elaboração de inventários, na avaliação dos efeitos à saúde e na divulgação dos dados para o conhecimento da população, já que esses são os mais afetados (Carvalho e Lacava 2013).

A inexistência de estudos sobre a qualidade do ar da região de Duque de Caxias bem como da atual distribuição espacial de fontes de emissões, fazem desse trabalho uma importante fonte de informações sobre a concentração dos poluentes atmosféricos na região e dos padrões de qualidade do ar.

A partir dessas considerações, o objetivo desse trabalho é realizar um estudo de dispersão do poluente atmosférico PM 10 monitorado por isocinética na saída da chaminé, do processo produtivo da Empresa Alutech Alumínio LTDA, estabelecida na cidade de Duque de

Caxias, Rio de Janeiro, correlacionando-o com as variáveis meteorológicas, propondo medidas de controle e procedimentos para mitigar os impactos a população do entorno a empresa.

2 Metodologia

Monitoramento Isocinético

Esta avaliação constituiu da inserção de um amostrador para material particulado no duto de saída da chaminé. A amostragem foi realizada pela empresa WS Engenharia Ambiental Ltda, especialista neste tipo de análise. Com os resultados da análise foi possível medir a eficiência do sistema de controle atmosférico, utiliza-los para alimentar o *software* AERMOD e propor medidas para mitigar os impactos gerados pela atividade.

As medições foram executadas em concordância com os métodos do Instituto Estadual do Ambiente – INEA, órgão ambiental do Estado do Rio de Janeiro e U.S *Environmental Protection Agency* (USEPA).

2.1 Dados da Qualidade do Ar

Os dados meteorológicos utilizados foram reais, retirados da estação de monitoramento meteorológico do Aeroporto Internacional do Galeão, para o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2017, totalizando 8.760 dados horários, onde foram utilizados os seguintes parâmetros: direção (graus) e velocidade do vento (m/s), temperatura ambiente (C°), cobertura de nuvens (décimos) e pressão barométrica que foram inseridos no AERMET, responsável por processar e preparar os arquivos meteorológicos nos formatos (*.sfc e *.pfl), que foram utilizados como dados de entrada, no formato SAMSON, no AERMOD View. O arquivo com a extensão (*.sfc) apresentaram os dados meteorológicos de superfície, enquanto o arquivo (*.pfl) contiveram informações relativas aos parâmetros da camada limite, calculados pelo AERMET.

Os dados de qualidade do ar foram obtidos da estação telemétrica de qualidade do ar do Jardim Primavera, operada pelo INEA, a partir das séries temporais, para o período de janeiro de 2017 a dezembro de 2017, disponíveis no site, para os parâmetros óxidos de nitrogênio (NOx), ozônio (O3), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO2) e material particulado (MP10), umidade relativa (ur), bem como dados meteorológicos como direção e velocidade do vento.

2.2 Modelagem de Dispersão de Poluentes

O modelo de dispersão utilizado neste estudo foi do *software* AERMOD View versão 9.6 da Lakes *Environmental Consultants* (2019), Inc. Ontário-Canadá. As características técnicas selecionadas no *software* para as modelagens desta pesquisa foram:

- ✓ Receptores; Área de influência da atividade industrial representada por sistema de coordenadas Cartesianas (x, y), considerando a elevação de cada ponto do receptor, em relação ao nível do mar;
- ✓ Dados Meteorológicos; dados reais para o ano 2017;
- ✓ Resultados das concentrações de poluentes: Primeira Máxima para períodos de 24 horas e anual; e
- ✓ Poluente: Material Particulado (MP10).

Como fonte emissora de poluentes atmosféricos foi selecionada 01 (uma) chaminé. As variáveis técnicas que caracterizam a fonte emissora (chaminé) usadas como dados de entrada no AERMOD View foram as seguintes: coordenadas geográficas da fonte; altitude na base da fonte; altura física da fonte; diâmetro interno da fonte na saída da chaminé; dados de concentração monitorados por isocinética.

3 Resultados

Monitoramento Isocinético

Os resultados do monitoramento isocinético são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do monitoramento isocinético após o sistema de controle atmosférico

Valores						
	símbolos	unidade	amost. # 1	amost.# 2	amost. # 3	média
Data da amostragem	-	-	03/07/2018	03/07/2018	03/07/2018	-
Duração da amostragem	t	min	60	60	60	-
Temperatura na chaminé	Tc	°C	57	57	58	57
Volume medido nas CNTP	VgN	Nm ³	0,9940	1,0421	0,9882	1,0081
Umidade do gás	Bag	%	1,32	1,26	1,07	1,22
Velocidade do gás	v	m / seg	8,85	9,22	8,66	8,98
Vazão normal base seca	Qnbs	Nm ³ / h	81.994	85.436	82.037	83.156
Isocinética	I	%	99,21	99,85	98,60	-
Concentração de material particulado	C	mg / Nm ³	6,84	2,69	7,69	5,74
Taxa de emissão de material particulado	Te	Kg / h	0,561	0,230	0,631	0,474

O resultado obtido para o parâmetro Material Particulado foi comparado por similaridade com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 2006) 382/2006, para atividade de Cimento Portland em que o limite para o Material Particulado é de 50 mg/Nm³. A diretriz do INEA que estabelece o limite para este poluente foi revogada. Nota-se que o valor médio encontrado está bem abaixo do limite, em conformidade com a legislação vigente.

3.1 Modelagem de Dispersão de Poluentes

A seleção das fontes emissoras de poluentes atmosféricos, a quantificação das emissões, constituem-se em subsídio fundamental para o desenvolvimento das simulações de dispersão pretendida. Foi realizada a alimentação do modelo matemático de dispersão empregado para a determinação do impacto (contribuições) dessas fontes na qualidade do ar da região de interesse.

A modelagem de dispersão foi realizada considerando a fonte fixa (chaminé) situada após o sistema de controle atmosférico por filtros de manga. A altura da chaminé era de 10 metros. A dispersão das emissões foi avaliada em uma grade de receptores, com abrangência equivalente a 500 km² para área simulada. As variáveis básicas que caracterizaram a chaminé e usada como dados de entrada no *software* AERMOD View foram: coordenadas geográficas da fonte de emissão; altitude na base da fonte de emissão; altura física da fonte de emissão; e diâmetro interno

da fonte de emissão na saída da chaminé, apresentando unidade de medida em metro. A tabela 2 apresenta as características físicas da fonte fixa emissora utilizada nas simulações.

Tabela 2 – Características físicas da fonte fixa emissora

Fonte	Caracterização das fontes				Taxa de emissão
Descrição	Altura da chaminé (m)	Temperatura dos gases (K)	Velocidade dos gases (m/s)	Diâmetro chaminé (m)	Material particulado (kg/h)
Chaminé	10	33	8,98	2	0,474

As propriedades das emissões atmosféricas utilizadas nas simulações foram estimadas a partir de fatores de emissão característicos da atividade produtiva. Foram consideradas para as modelagens somente as fontes fixas (isocinética), desconsiderando as fontes móveis e fontes fugitivas.

A escolha do poluente (MP10) justifica-se pela significância de suas emissões nas tipologias de fontes das atividades produtivas existentes na região estudada. Assim como, serem considerados convencionais e/ou regulamentados pela resolução CONAMA 03/1990 (CONAMA 1990), que estabelece padrões primários e secundários de qualidade do ar a serem obedecidos na região de estudo, além de serem precursores da formação de poluentes secundários na atmosfera.

As principais variáveis meteorológicas da área de estudo que contribuíram diretamente para a dispersão de poluentes atmosféricos foram a temperatura, velocidade, direção do vento e precipitação.

A pluma de poluentes resultante da simulação de 24 horas apresentou perímetro aproximado de 30 km, se dispersando principalmente nas direções Nordeste (NE), Sudoeste (SE) e Oeste (W), conforme pode ser observado nas isolinhas de concentrações das figuras 01, 02 e 03.

O deslocamento da pluma na orientação Sudoeste, em linha reta, a partir das fontes emissoras, com concentrações variando de 4,48 a 3,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (próximo das fontes, com variação de altura de 10 a 14 m) e, de 0,04 a 0,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (nos pontos mais distantes) conforme demonstrado pelas isolinhas de concentrações. A tabela 3 apresenta para cada simulação de altura, as concentrações mínimas e máximas.

Tabela 3 – Variação das concentrações mínima e máxima de PM10, com variação de altura da chaminé.

Altura da Chaminé (m)	Concentração Máxima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentração Mínima ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
10	0,048	4,81
12	0,04	4,22
14	0,04	3,58

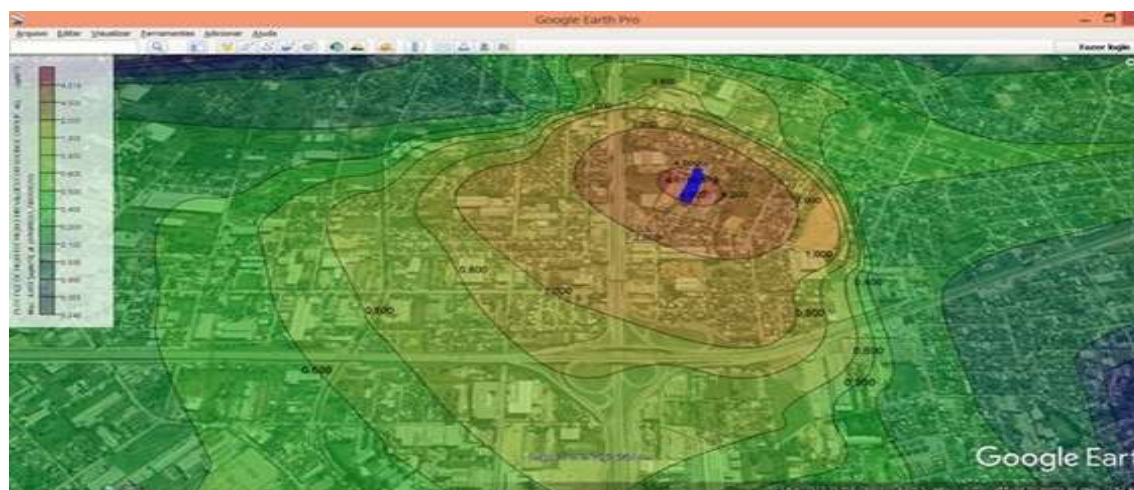


Figura 1 - Modelagem de PM10 com o modelo AERMOD - isolinhas de concentrações da pluma sobre áreas habitadas, para uma chaminé com altura de 10 metros. Simulação anual.

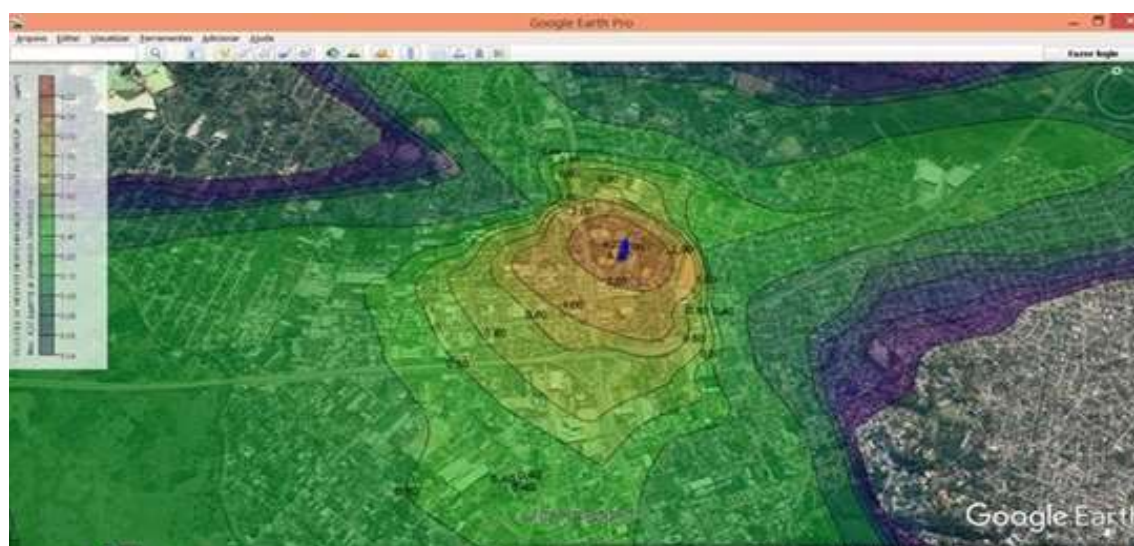


Figura 2 - Modelagem de PM10 com o modelo AERMOD - isolinhas de concentrações da pluma sobre áreas habitadas, para uma chaminé com altura de 12 metros. Simulação anual.

Os dados reportados na tabela 3, confrontados com o perfil de isolinhas de concentrações das figuras 01, 02 e 03, mostram que a altura base de 10 metros, apresentam uma redução de 13% quando aumentado 2 metros, 25% quando aumentado 4 metros.

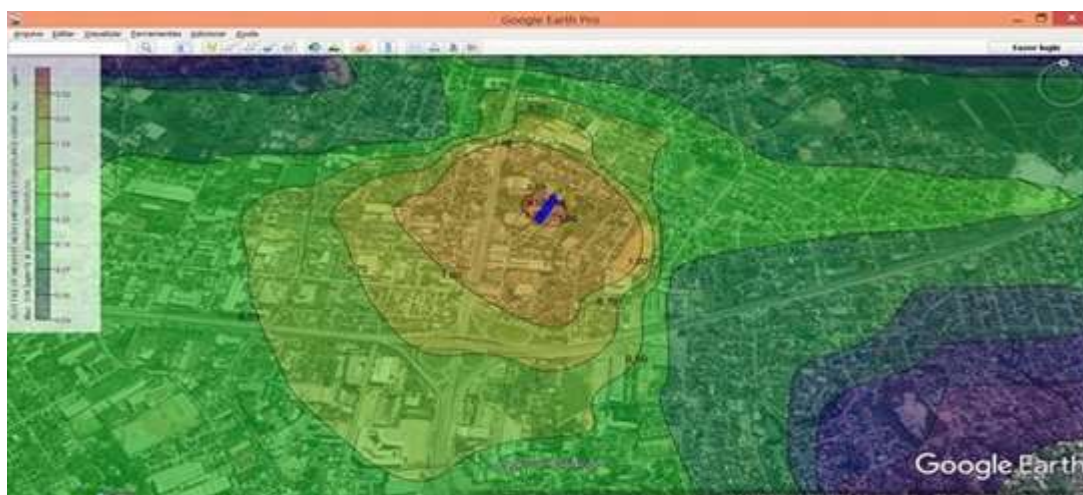


Figura 03 - Modelagem de PM10 com o modelo AERMOD - isolinhas de concentrações da pluma sobre áreas habitadas, para uma chaminé com altura de 14 metros. Simulação anual.

Nestas figuras, pode-se observar que a Vila Maria Helena e Parque Santa Lucia foram os locais afetados pela dispersão de poluentes atmosféricos simulados. As áreas avaliadas apresentavam heterogeneidade de atividades econômicas como comércio, serviços, lazer e indústrias, oferecendo melhor oferta de serviços públicos entre outros, redes de abastecimento de água, rede de distribuição de energia elétrica e serviço de atendimento à saúde.

A maioria dos imóveis era desprovida de serviços de coleta de resíduos domésticos, tratamento de água e esgoto. A distribuição de energia elétrica e água se estendia de modo abrangente a todas as residências. No que se refere à tipologia construtiva e a existência ou não de infraestrutura (saneamento básico, fornecimento de energia, serviço de saúde, organização comunitária, etc.), percebeu-se que às formas de ocupação existentes nas comunidades reflete-se numa organização espacial com grande disparidade entre relação à Vila Maria Helena e Parque Santa Lucia.

É importante ressaltar nas comunidades relatadas não houve indícios dos efeitos da exposição ao material particulado, que sugerissem associação aos efeitos adversos à saúde respiratória.

O aumento da chaminé em 04 metros foi suficiente para a dispersão do material particulado, não afetando a população no entorno, visto a redução em 25% das concentrações. Corroborado pela eficiência do sistema de controle instalado, uma vez que os resultados da amostragem isocinética mostraram que a concentração na entrada foi medida em $266,32 \text{ mg/Nm}^3$ e após saída $5,74 \text{ mg/Nm}^3$.

No entanto, como forma de preservar ainda mais a população do entorno, medidas de redução na produção foi adotada em dias de inversão térmica, uma vez que a dispersão ocorre de forma lenta. Para tanto, como metodologia de análise, em dias de inversão térmica a produção é reduzida em 30%, com troca de matéria-prima mais limpa (latas de alumínio) em vez de outros materiais a base de alumínio (painéis, motores, perfis, etc), reduzindo o tempo de fusão no forno rotativo. Além destas ações, a perda de carga do sistema de controle é monitorada, de forma a evitar a colmatagem de material nos dutos e sistema de jato pulsante das mangas mais eficiente,

com coleta do material particulado em bags lacrado, não permitindo emissões fugitivas, deposição sobre piso e nova suspensão do material.

4 Conclusões

As modelagens demonstraram a possibilidade de utilizar o modelo AERMOD View na verificação da distribuição espacial dos receptores, do alcance e distribuição das plumas de poluente, na estimativa das concentrações de poluentes emitidos e comparações entre concentrações de poluentes simulados e qualidade do ar.

A pluma de poluentes resultante da simulação de 24 horas apresentou perímetro aproximado de 30 km, se dispersando principalmente nas direções Nordeste (NE) e Sudoeste (SE), a identificação das áreas afetadas pela poluição atmosférica, através da subposição das isolinhas de concentração de poluentes na imagem aérea da região alvo da pesquisa.

A Vila Maria Helena e Parque Santa Lucia foram os locais afetados pela dispersão de poluentes atmosféricos simulados e não havia indícios dos efeitos da exposição ao material particulado, que eles estivessem associados a efeitos adversos à saúde respiratória.

Considera-se que o aumento da chaminé em 04 metros seja suficiente para a dispersão do material particulado, não afetando a população no entorno, visto a redução em 25% das concentrações, bem como, as ações sugeridas e incorporadas em dias de inversão térmica, proporcionaram menor impacto a população do entorno.

5 Agradecimentos

A Universidade Iguaçu pela oportunidade desta pesquisa, através do Programa de Iniciação Científica, e a Empresa Alutech Alumínio LTDA por disponibilizar os dados para simulação.

6 Referências

AERMOD (2019) Description of model formulation. EPA- 454/R-03-004. 2004a. <http://www.epa.gov>. Acessado em 15 de fevereiro de 2019

Carvalho JR, Lacava PT (2003) Emissões em Processos de Combustão. Editora UNESP, São Paulo

CETESB (2001) Companhia Tecnológica De Saneamento Ambiental. 1º Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do estado de São Paulo, São Paulo

CONAMA (1990) Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 3 de 28 de junho de 1990. http://www.ibram.df.gov.br/images/institucional/qualidade/resol_03.pdf. Acessado em 15 de fevereiro de 2019.

CONAMA (2006) Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 382 de 26 de dezembro de 2006. <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520>. Acessado em 15 de fevereiro de 2019.

Conceição GMS et al (2001) Modelos MLG e MAG para análise da associação entre poluição atmosférica e marcadores de morbi-mortalidade: uma introdução baseada em dados da cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. 4(3):206-219

IBGE (2018). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <https://www.ibge.gov.br/>. Acessado em 15 de fevereiro de 2019

Quiterio SL et al. (2005) Evaluation of levels, sources and distribution of airborne trace metals in seven districts of the Baixada Fluminense, Rio de Janeiro, Brazil. *Atmospheric Environment*. 35:3503– 3512

Ribeiro LE (1993) Aspectos estruturais da forma urbana: suas influências na concentração de poluentes atmosféricos e nos impactos receptivos – alternativas de planejamento urbano para o caso de São Paulo- SP. 1993.Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Sicard et al. (2011) Air quality trends and potential health effects: development of an aggregate risk index. *Atmospheric Environment*. 45(5):1145-1153