



XIX ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR
Blumenau - SC - Brasil

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM REGIÃO COSTEIRA: IMPACTOS DO PORTO DE SANTOS EM GUARUJÁ-SP

Felipe Rakauskas (Universidade Nove de Julho - UNINOVE) - feliperakauskas@gmail.com

Graduado em Transporte Terrestre Fatec São Paulo. Especialização em Logística e Operações pelo IFSP. Mestrando em Cidades Inteligentes e Sustentáveis pela Universidade Nove de Julho (PPGCIS-UNINOVE)

Andreza Portella Ribeiro (UNINOVE) - aportellar@gmail.com

Graduada em Química pela UEPG-PR. Mestre e Doutora em Tecnologia Nuclear (IPEN/USP). Professora Permanente no PPGCIS-UNINOVE.

Leonardo Ferreira da Silva (UNINOVE) - leonardo.silva57@fatec.sp.gov.br

Graduado em Transporte Terrestre Fatec- São Paulo. Mestre pelo PPGCIS-UNINOVE.

Sidnei Aranha (Secretaria do Meio Ambiente - SEMAM-Guar) - sidneiaranhagja@gmail.com

Bacharel em Direito pela UNISANTA. Mestre em Gestão Ambiental pela UNINOVE. Doutorando na UNIFESP. Secretário do Meio Ambiente

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM REGIÃO COSTEIRA: IMPACTOS DO PORTO DE SANTOS EM GUARUJÁ-SP**ST 07: POLÍTICAS PÚBLICAS E A QUESTÃO AMBIENTAL****INTRODUÇÃO**

A preocupação com o meio ambiente é pauta constante e necessária, nas discussões da sociedade em geral, principalmente na comunidade acadêmica e científica e nas esferas públicas, pois desses atores é que se esperam informações esclarecedoras e práticas que possam minimizar os impactos globais das mudanças climáticas. Nesse sentido, diversas ações são tomadas todos os dias, em escala macro, para combater problemas distintos entre si, do meio ambiente (SILVA, MEIRELIS e SANCHES, 2005). Dentre as ações tomadas, desde 1992, foi instituída a Conferência das Partes (COP) da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, com a 1ª edição sendo realizada em 1996, em Berlim, Alemanha. Durante a COP-21, em 2015, foi assinado o Acordo de Paris para reduzir as emissões de gases do efeito estufa (GEE) e a poluição ambiental, sobretudo a atmosférica, com o objetivo de limitar o aquecimento da Terra.

Dos diversos geradores de poluição atmosférica, a maior parte vem dos motores a diesel empregados em diferentes modais de transportes. Atualmente no Brasil, o modal mais utilizado é o transporte rodoviário, responsável pelo transporte de cerca de 61% das cargas (COLAVITE e KONISHI, 2015).

Uma vez que os problemas associados à emissão veicular não são recentes, o Brasil, desde os anos 1980, vem produzindo leis, resoluções e programas ligados à saúde, qualidade do ar e meio ambiente. Dentre os mais importantes e conhecidos estão o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR), o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) e o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares (PROMOT) (CETESB, 2008).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo principal determinar, em termos quantitativos, a contribuição das emissões da frota veicular pesada à poluição atmosférica na região portuária de Vicente de Carvalho, Guarujá-SP, com intuito de levantar informações que possam contribuir, por meio de indicadores de poluição, com os principais programas de controle de emissões veiculares e para o planejamento ambiental urbano de Guarujá-SP.

As áreas portuárias, assim como qualquer complexo industrial, são susceptíveis a diferentes impactos ao meio ambiente. No entanto, dada a sua importância ao desenvolvimento econômico do país, as intervenções de órgãos ambientais nas atividades portuárias para minimizar esses impactos, enfrentam diversas barreiras, sejam por questões burocráticas e/ou operacionais (GUEDES, 2018). No caso de Guarujá, se soma o fato de esta ser uma das mais importantes cidades do litoral paulista e; portanto, tendo no Porto a principal contribuição econômica para melhorias de seus aspectos turísticos (THEOPHILO *et al.*, 2021).

Por outro lado, especificamente, no caso de Vicente de Carvalho, trata-se de um distrito industrial localizado no entorno da margem esquerda do Porto de Santos, o maior da América Latina. Conta com população moradora, apontada

pelo último censo, de cerca de 150 mil habitantes (IBGE, 2010) que, conseqüentemente, sofre diretamente os efeitos adversos das atividades portuárias, como a poluição atmosférica e a falta de indicadores de qualidade do ar, que possam subsidiar os órgãos ambientais locais na tomada de decisões em prol de benefícios compensatórios no próprio distrito (THEOPHILO *et al.*, 2021).

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: ORIGEM, SAÚDE e LEGISLAÇÃO

A poluição atmosférica pode ser definida como a introdução de substâncias, ou compostos, com potencial de tornar o ar impróprio ou prejudicial à saúde humana e de outros seres vivos. A referência de qualidade, está associada a limites máximos de concentração - dessas substâncias - preconizados, normalmente, por agências ambientais e de órgãos de saúde, em nível local, nacional ou global (MANISALIDIS *et al.*, 2020).

De forma geral, o dióxido de enxofre (SO₂), material particulado (MP), metais pesados, monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e óxidos de nitrogênio (NO_x) são os mais comuns para os levantamentos de dados, pois sempre estão relacionados aos efeitos adversos ao meio ambiente e à qualidade de vida (MARTINS *et al.*, 2021).

De acordo com estudos prévios, a poluição do ar apresenta forte correlação com inúmeras doenças, inclusive algumas das mais letais, como infecção respiratória, câncer de pulmão, doença cardiovascular, doença pulmonar obstrutiva crônica e asma (DARÇIN, 2013). Segundo Hill *et al.* (2019), altas concentrações de poluentes no ar implicam em diminuição da expectativa de vida. Por outro lado, dados da Organização Mundial de Saúde e da Agência Europeia do Ambiente indicaram que a “boa” qualidade do ar mantém correlação positiva com a qualidade de vida (DARÇIN, 2013).

Schraufnagel *et al.* (2019) indicaram que a poluição atmosférica causa efeito adversos a quase todos os órgãos do corpo e, como resultado, verificam-se situações frequentes como absenteísmo escolar, nascimentos prematuros entre aqueles supramencionados.

Dentro desse panorama, em 1986 a Resolução nº 18 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) criou o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE, que através do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) definiu os primeiros limites e critérios de emissões dos veículos para atender os padrões de qualidade do ar instituídos pelo PRONAR (Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar).

Em 1993 a lei nº 8.723 induziu os fabricantes a desenvolver tecnologias por conta de obrigatoriedade de reduzir os níveis de emissão dos poluentes. Essa exigência é acompanhada pelo PROCONVE que além do controle, realiza ensaios com combustíveis de referência, certifica protótipos, acompanha veículos em fase de produção e produz acompanhamento estatístico.

Já em 1986, a Resolução do CONAMA evidencia grande preocupação com veículos pesados (com massa total de 3.856kg), principalmente por serem movidos a diesel e terem uma grande contribuição nas emissões de MP e NO_x.

O Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito estufa de 2009 mostra que o transporte rodoviário é o segundo maior emissor de Dióxido de Carbono desde 1990 (MCT, 2009). Nesse estudo foi realizado um levantamento das emissões por setores e a queima de

combustíveis pelo transporte ficou em segundo lugar no ano de 1990 com 9% e novamente no ano de 2009 com o mesmo percentual, perdendo apenas para o setor de mudança no uso da terra e florestas com 76% nos dois anos do levantamento (DOMINGUES e GUIMARÃES, 2017).

Pesquisas divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2014 indicam que a causa principal da poluição atmosférica no Brasil se deve aos gases emitidos por veículos automotores.

Diversos itens nos veículos são responsáveis pela emissão de gases nocivos. Além do tipo do motor, regulagem, manutenção e modo de direção dos condutores e mesmo com o veículo parado, pode-se ter contribuição de poluente por conta da evaporação do combustível.

As emissões de NO_x, SO_x e MP têm como principais fontes os veículos pesados (caminhões e ônibus), já os menores (carros e motos) são responsáveis pela maior parte do CO e hidrocarbonetos emitidos na atmosfera (TEIXEIRA, 2008; FERREIRA *et al.*, 2017; MARTINS *et al.* 2021)

Com tanta participação no mercado, o IPCC de 2014 estimou que o setor de transportes fosse o responsável por 14% do total de emissões globais de CO₂. Além do modal rodoviário, as ferrovias e os navios de carga utilizam o diesel como combustível principal. No caso dos navios, além de alimentar o motor de propulsão, o diesel alimenta também os geradores elétricos.

Segundo o estudo realizado pelo Conselho Internacional do Transporte Limpo (ICCT, *International Council on Clean Transportation*) de 2007, os navios utilizavam diversos combustíveis que emitem grande quantidade de gases nocivos, como por exemplo, óleo residual, diesel marítimo e o gasóleo marítimo (ICCT, 2007). Além dessas emissões, um estudo de 2010 demonstrou que os cruzeiros de passageiros são os tipos que mais consomem combustível por conta da necessidade de energia para os equipamentos elétricos e de aquecimento (HOWITT, REVOL, *et al.*, 2010).

Nas regiões portuárias, normalmente, são os veículos de cargas – terrestres e marítimos – que enriquecem o ar com altas concentrações de compostos potencialmente tóxicos. As condições meteorológicas também influenciam a qualidade do ar. Por exemplo, com alta porcentagem de calmaria. Ventos fracos e com menos de 0,5 m/s são parâmetros que favorecem o aumento de poluição atmosférica (CETESB, 2008)

No caso específico de Guarujá, o próprio site do Porto de Santos indica que, anualmente são movimentados cerca de 76,33 milhões de toneladas de produtos e *comodities*. A intensa atividade portuária, obviamente, implica em grande necessidade de transporte de cargas, sobretudo o rodoviário. Portanto, se faz necessário pensar em possíveis soluções para não alterar a economia local, tanto empresarial como turística, com um pensamento em prol do meio ambiente e da qualidade de vida.

A necessidade do transporte rodoviário pode ser reduzida de forma significativa através de planejamento e controle do uso do solo, sendo assim uma solução que pode fazer diferença nas próximas gerações (BLACK, 1996).

Pensando nesse contexto diversos estudos e pesquisas surgiram e surgirão com o intuito de minimizar esse problema. Atualmente o poder público avalia os impactos gerados no ambiente urbano para entender e organizar informações espaciais para servir como base para a avaliação do planejamento e gestão das cidades.

A IMPORTÂNCIA DO TRANSPORTE DE CARGAS

A necessidade inicial é compreender o conceito de transporte. Para Manhein (1979) o termo se refere ao movimento de bens e pessoas de um ponto ao outro. Outros diversos autores citam a definição da mesma forma. Isso mostra que há um grande consenso dos autores. Além de demonstrar que o “transporte” é considerado como deslocamento proposital de pessoas e produtos, diferente de definições mais antigas que considerava o transporte como uma ação casual. O transporte é essencial para qualquer economia, pois oferece a oportunidade de evolução tecnológica e mais acesso à informação, com isso contribui com o desenvolvimento de forma rápida.

Diferente de qualquer outro tipo de transporte, o transporte de carga é primordial na história, pois é o único meio de acesso de produtos e bens para uma cidade ou qualquer outro tipo de conjunto. O transporte de carga pode ser terceirizado ou de frota própria dependendo da necessidade, economia e localização das empresas.

A preferência pelo modal rodoviário no Brasil é algo que ocorre desde os anos 50 por conta dos baixos preços dos combustíveis fósseis associados à expansão da indústria automobilística mundial (SCHROEDER e CASTRO, 1996). Na indústria o transporte tem um papel importante e é visto como um sistema variável onde os custos e características são dependentes da demanda e da produção. A partir dos anos 1970 o setor de transporte cresceu de forma intensa principalmente influenciada pela descentralização geográfica do Brasil, onde os centros econômicos começaram nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste (FLEURY, FIGUEIREDO e WANKE, 2009).

Na Tabela 1 é possível ver essa evolução do transporte de carga no Brasil desde a década de 1970 em comparação aos outros modais. Fica bem claro que a preferência do modal rodoviário é alto, onde mostra que mesmo com a diminuição do percentual em relação a 2011 a diferença é bem notável.

Tabela 1: Percentual do transporte brasileiro

Modo	1970	1985	1999	2011
Rodoviário	70%	53,60%	61,80%	61,10%
Ferrovário	16,20%	23,60%	19,50%	20,70%
Hidroviário	12,10%	18,30%	13,80%	13,60%
Outros	1,70%	4,50%	4,90%	4,20%

Fonte: GEIPOT, 2010 (Adaptado pelo autor)

O transporte de carga, independente do modal, tem uma forte ligação com a economia da cidade. O transporte eficiente é um elemento significativo na evolução da área portuária e urbana, tantos em termos sociais e econômicos.

Em países de grande porte é possível notar que utilizam mais o modal ferroviário para transportar cargas em grandes distâncias e o modal rodoviário para um transporte porta-a-porta. No Brasil devido à malha ferroviária ser pequena em comparação à rodoviária muitas vezes é necessário fazer grandes viagens com caminhões e atravessar o país para entregar produtos e bens. Em zona portuária é possível ver uma grande movimentação de caminhões carregando e descarregando e apenas alguns trens fazendo o transbordo. Por esse motivo o trânsito nessas regiões e a qualidade do ar são precários.

O transporte ferroviário no Brasil é pouco explorado, principalmente pelas políticas implantadas desde os anos 60. Por conta disso, a diferença entre a malha rodoviária e a malha ferroviária é bem significativa. Conforme o relatório da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) de 2018, as rodovias possuem 1,6 milhões de quilômetros de extensão no território e as ferrovias apenas 30,6 mil quilômetros, onde 8% são destinadas exclusivamente para o minério de ferro, nesse mesmo ano, o total de carga transportada representou 77% (ANTT, 2018).

A pouca oferta da malha ferroviária brasileira é percebida ao se comparar com o sistema da Argentina. Segundo o Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil, o sistema ferroviário brasileiro é o maior da América Latina em relação à carga transportada, porém a malha é menor do que a da Argentina, país com o território três vezes menor que o do Brasil (COLAVITE e KONISHI, 2015).

O transporte de cargas e os portos marítimos trazem diversos benefícios para toda a cadeia logística, desde para o fornecedor, que precisa distribuir os seus produtos, até os consumidores, que precisam utilizar e consumir esses bens. Dada à preocupação mundial com os impactos negativos causados pelo transporte, diferentes políticas são criadas, em nível global, para integrar os diversos modais de transporte. Para Hull (2008), Browne e Ryan (2011) a intervenção política é primordial para minimizar tais impactos, mantendo a competitividade e conectividade.

O IPEA (1999) publicou um estudo realizado em 1997 para quantificar as “deseconomias” geradas pelos congestionamentos, que se refere ao consumo de combustível, emissão de poluentes e ocupação do espaço urbano. O estudo pesquisou dados de 10 cidades brasileiras (Belo Horizonte, Brasília, Campinas, Curitiba, João Pessoa, Juiz de Fora, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo). A análise resultou que os custos chegavam a 500 milhões de reais por ano. Para Quispel (2002) mesmo sendo necessário, o transporte de cargas causa muitos transtornos, entre eles, congestionamentos, poluição atmosférica e sonora, vibração, acidentes, entre outros. Torres (2007), ao desmembrar essas externalidades, mostra que o congestionamento provoca desperdício de combustível, emissão de poluentes prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, desperdício de tempo e redução da qualidade do serviço prestado.

A Região Metropolitana da Baixada Santista, possui uma população estimada em 1,7 milhões de pessoas, nas épocas de férias, carnaval e Réveillon esse valor sobe em média 50% em algumas cidades. Mais especificamente em Santos e Guarujá o caso é preocupante pois, conforme já mencionado, nos municípios está localizado o maior complexo portuário da América Latina, o Porto de Santos, que responde por quase um terço de toda movimentação comercial brasileira. Estrategicamente localizado a menos de 200 quilômetros da Região Metropolitana de São Paulo, o porto é um grande polo gerador de empregos, movimentações, economia e de trânsito (AUTHORITY).

Segundo a Prefeitura do Guarujá, a margem esquerda do Porto (Guarujá) possui dez terminais portuários e oito retroportuário, ofertando cerca de cinco mil vagas de empregos. Com uma população de 290.752 pessoas (IBGE, 2010), Guarujá conta com grande influência do Porto na economia e isso o torna cada vez mais importante para a região. Daí a necessidade de estudos que tragam indicadores sobre os efeitos adversos das atividades do porto, com intuito de

que estes possam ser minimizados, causando o menor prejuízo possível em termos sociais e ambientais.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse artigo conta com 3 análises distintas. Em relação à coleta de dados, *in loco*; inicialmente, realizou-se a quantificação de veículos pesados no principal acesso do porto, a Rua Idalino Pines, popularmente conhecida como Rua do Adubo. A quantificação se deu por meio de filmagens com uma câmera particular em horários de pico do período da manhã (08h00) e no período da tarde (18h00), realizados dias 26 e 27 de agosto de 2020, 18 de janeiro e 24 de fevereiro de 2021.

Com os dados do fluxo dos veículos e caracterização do tipo de veículo foi realizado o cálculo de emissão dos veículos, a partir dos fatores de emissão que a CETESB disponibiliza nos relatórios anuais. O Fator de Emissão é um valor de massa de poluente emitida pelos veículos ao circular por determinada distância. Esses valores são entregues para a CETESB pelos fabricantes através dos Relatórios de Vendas ou de Valores de Emissão de Produção (RVEP). Caso haja ausência desses valores, a CETESB busca em dados na literatura ou dados homologados (CETESB, 2019).

Em relação aos contaminantes atmosféricos, a coleta de dados foi realizada por meio de um dispositivo, que conta com um leitor a laser, modelo LKC 1000, que quantifica diferentes tipos de poluentes, trazendo informações sobre teores de MP (MP₁₀), temperatura, umidade relativa e valores para o “Índice de Qualidade do Ar – IQAr” que, segundo a Resolução CONAMA 491/2018, trata-se de uma modelagem que consiste em resumir os dados de concentração dos poluentes para simplificar a leitura, permitindo categorizar o “status” da qualidade do ar, por meio de 06 classes, que vai de “Boa” à “Crítica”. Na Figura 1, apresenta-se o quadro de classificação da qualidade do ar, de acordo com o IQAr, com destaque para os valores de referência de MP₁₀, que será tratado neste estudo.

Figura 1 – Índice de qualidade do ar.

ÍNDICE DA QUALIDADE DO AR (IQAr)								
Qualidade	Índice	Níveis de Cautela sobre a Saúde	PI _{2,5} (µg/m ³)	PI ₁₀ (µg/m ³)	S _{O2} (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (ppm)	O ₃ (µg/m ³)
 Boa	0-40	Seguro à Saúde	0-25	0-50	0-20	0-200	0-9,0	0-100
 Regular	41-100	Tolerável	26-60	51-120	21-125	201-260	****	101-140
 Inadequada	101-199	Insalubre para Grupos Sensíveis	61-124	121-249	126-799	261-1129	9,1-14,9	141-199
 Má	200-299	Muito Insalubre (Nível de Atenção)	125-209	250-419	800-1599	1130-2259	15,0-29,9	200-399
 Péssima	300-399	Perigoso (Nível de Alerta)	210-249	420-499	1600-2099	2260-2999	30,0-39,9	400-599
 Crítica	400 ou maior	Muito Perigoso (Nível de Emergência)	≥ 250	≥ 500	≥ 2100	≥ 3000	≥ 40	≥ 600

Fonte: CONAMA, 2018

As medições foram realizadas em 43 pontos de coleta, dentro do distrito de Vicente de Carvalho. Esses mesmos 43 pontos já foram utilizados em outros

trabalhos para a análise de metais pesados, como cádmio (Cd), Chumbo (Pb) e Cobre (Cu) (THEOPHILO *et al.*, 2021).

Os dados de MP₁₀ foram tratados no *software* QGIS, por meio de ferramentas geoestatísticas, com intuito de serem identificados, espacialmente, os locais, na área de estudo, com as mais altas concentrações do poluente.

Na plataforma do *software i-Tree Canopy*, foram realizadas simulações que permitiram identificar na área estudada a presença de infraestrutura verde, principalmente árvores urbanas, e seu potencial para sequestro de poluentes. O *i-Tree* apresenta uma série de aplicações voltadas à avaliação de benefícios de áreas verde urbanas e rurais. A plataforma foi criada por um pesquisador do Serviço Florestal dos Estados Unidos para quantificar e avaliar os serviços ecossistêmicos fornecidos por árvores, incluindo remoção de poluição, sequestro de carbono, emissões de carbono evitadas, escoamento de águas pluviais entre outros. Isto é, com esse *software* é possível identificar, em determinada área de estudo, a proporção de áreas verdes, construções, vias de acesso e diferenciar na área verde o que são árvores, arbustos e gramado. O relatório gerado pelo sistema permite estimar a contribuição das áreas verdes para o “sequestro” de poluentes.

No caso de Vicente de Carvalho, as simulações do *i-Tree* permitiram identificar os locais mais críticos em relação à presença de paisagem natural e propor “soluções baseadas na natureza” para reverter o cenário atual.

RESULTADOS

Na primeira etapa do trabalho, realizou-se a contabilização dos veículos, em seguida realizou-se a multiplicação da quantidade e tipo de veículos pelo fator de emissão da CETESB de 2019, o mais recente publicado.

Por conta da pandemia e o município de Guarujá ter decretado lockdown no mês de março, optou-se por não coletar mais dados, tanto de veículos como de qualidade do ar, para atender às medidas de segurança e, também, por se considerar a possibilidade de alteração na quantidade de veículos transitando, o que afetaria os resultados, pois talvez o conjunto de dados não refletisse a realidade.

Os resultados obtidos para as coletas, realizadas em agostos de 2020 e janeiro de 2021, demonstram a grande movimentação de veículos pesados na região. Nas Tabelas 2 a 5, são apresentados os valores para cada dia, 27 e 28/08/2020 e 18/01 e 24/02/2021, respectivamente.

Tabela 2: Fluxo veicular (27/08/2020), em Vicente de Carvalho, Guarujá-SP.

Fluxo veicular (caminhões) Rua Idalino Pines (adubo) x Av. Santos Dumond - Guarujá									
Nº Eixos	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
30min	9	15	12	87	108	8	5	12	256
1h	13	18	16	92	127	9	8	17	300
1h30	12	21	19	96	115	12	4	23	302
Total/Eixo	34	54	47	275	350	29	17	52	858
	Semileves	Leves	Médios	Semipesados		Pesados			
MP (ug/m³)	0,059878	0,474824	0,387186	4,072511	5,1831964	0,376456	0,220681	0,675024	
Total/dia	275	IQAr							

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 3: Fluxo veicular (28/08/2020), em Vicente de Carvalho, Guarujá-SP.

Fluxo veicular (caminhões) Rua Idalino Pines (adubo) x Av. Santos Dumond - Guarujá									
Nº Eixos	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
30min	6	18	8	52	46	10	0	8	148
1h	10	15	9	57	58	15	5	12	181
1h30	7	12	11	62	51	11	2	9	165
Total/Eixo	23	45	28	171	155	36	7	29	494
	Semileves	Leves	Médios	Semipesados		Pesados			
MP (ug/m³)	0,0405057	0,395687	0,230664	2,532362	2,2954156	0,467325	0,090869	0,376456	
Total/dia	154	IQAr							

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 4: Fluxo veicular (18/01/2021), em Vicente de Carvalho, Guarujá-SP.

Fluxo veicular (caminhões) Rua Idalino Pines (adubo) x Av. Santos Dumond - Guarujá									
Nº Eixos	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
30min	6	9	6	21	33	0	0	3	78
1h	8	7	5	25	31	4	2	5	87
1h30	11	10	6	29	38	6	3	5	108
Total/Eixo	25	26	17	75	102	10	5	13	273
	Semileves	Leves	Médios	Semipesados		Pesados			
MP (ug/m³)	0,044028	0,228619	0,140046	1,110685	1,5105315	0,129812	0,064906	0,168756	
Total/dia	82	IQAr							

Fonte: Autor, 2021.

Tabela 5: Fluxo veicular (24/02/2021), em Vicente de Carvalho, Guarujá-SP.

Fluxo veicular (caminhões) Rua Idalino Pines (adubo) x Av. Santos Dumond - Guarujá									
Nº Eixos	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
30min	8	12	8	64	116	12	16	67	303
1h	12	10	2	78	121	16	13	72	324
1h30	11	8	1	73	114	11	9	68	295
Total/Eixo	31	30	11	215	351	39	38	207	922
	Semileves	Leves	Médios	Semipesados		Pesados			
MP (ug/m³)	0,0545947	0,263791	0,090618	3,183964	5,1980056	0,506268	0,493287	2,687117	
Total/dia	299	IQAr							

Fonte: Autor, 2021.

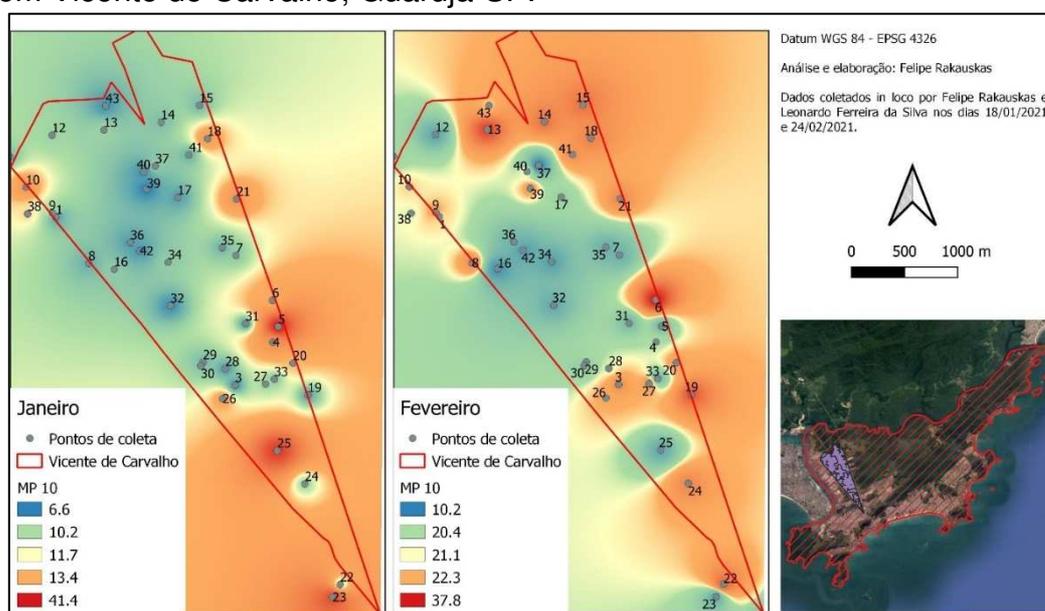
Ao se observar os dados (Tabelas 2 a 5), é possível verificar que a situação na região é preocupante, pois em dois dias de coleta (27/08/2020 e 24/02/2020) a qualidade do ar, segundo o IQAr (CONAMA, 2018) é considerada como “Muito Insalubre”. Nos outros dois dias (28/08/2020 e 18/01/2021) o *status* do ar é considerado como “Tolerável” e “Insalubre para grupos sensíveis” (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).

A quantidade de veículos também chama a atenção, pois se concentra em apenas uma via de Vicente de Carvalho, a Rua Idalino Pines. No dia 24 de fevereiro, em apenas uma hora e meia de coleta, passaram 922 veículos, isso é basicamente 10,2 veículos de carga por minuto em uma via simples de dois sentidos.

CONCENTRAÇÃO DE MP₁₀

A segunda etapa de análise de dados se refere à medição de MP₁₀, nos trabalhos de campo realizados em janeiro e fevereiro de 2021, na mesma data das contagens de veículos (18/01/2021 e 24/02/2021). Os dados foram tabulados e interpolados no QGIS, com intuito de indicar a distribuição espacial de suas concentrações. Na Figura 2, apresentação a interpolação dos dados. Inicialmente, é possível observar que a mais alta concentração foi em janeiro com 41,4 ug/m³, próximo à principal rodovia, que liga a RMSP à cidade, a Rodovia Cônego Domênico Rondoni (ponto 5). Em fevereiro a concentração foi maior e mais distribuída ao longo de toda a área estudada.

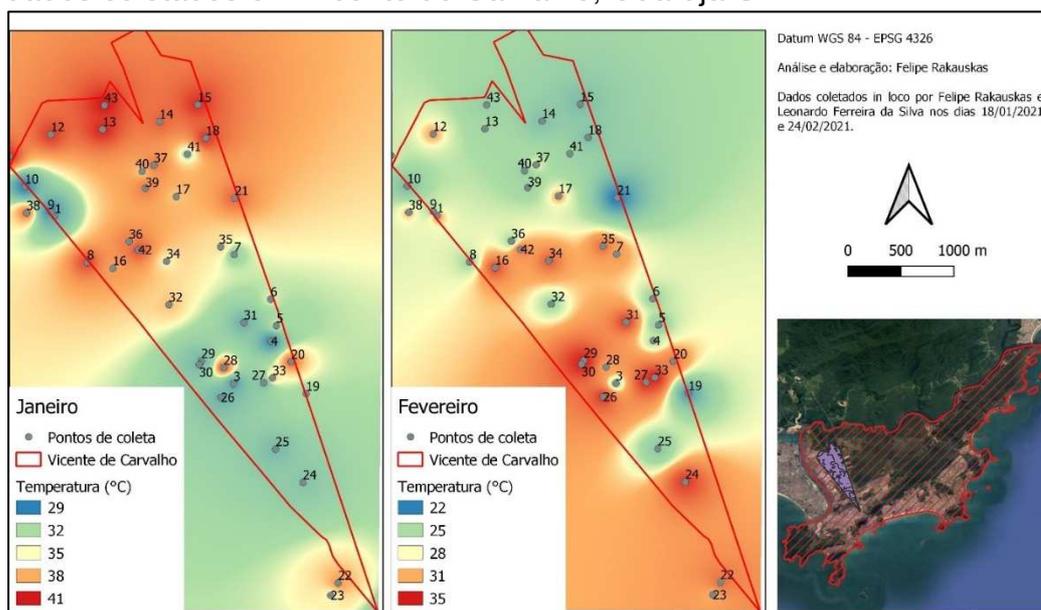
Figura 2 – Distribuição espacial de MP₁₀, elaborada a partir dos dados coletados em Vicente de Carvalho, Guarujá-SP.



Fonte: Autor, 2021.

Na Figura 3, indica-se a distribuição da temperatura, realizada concomitantemente às medidas de MP. De acordo com os mapas, as mais altas temperaturas também foram registradas em janeiro, em comparação a fevereiro, coincidindo com o pico de concentração de MP₁₀.

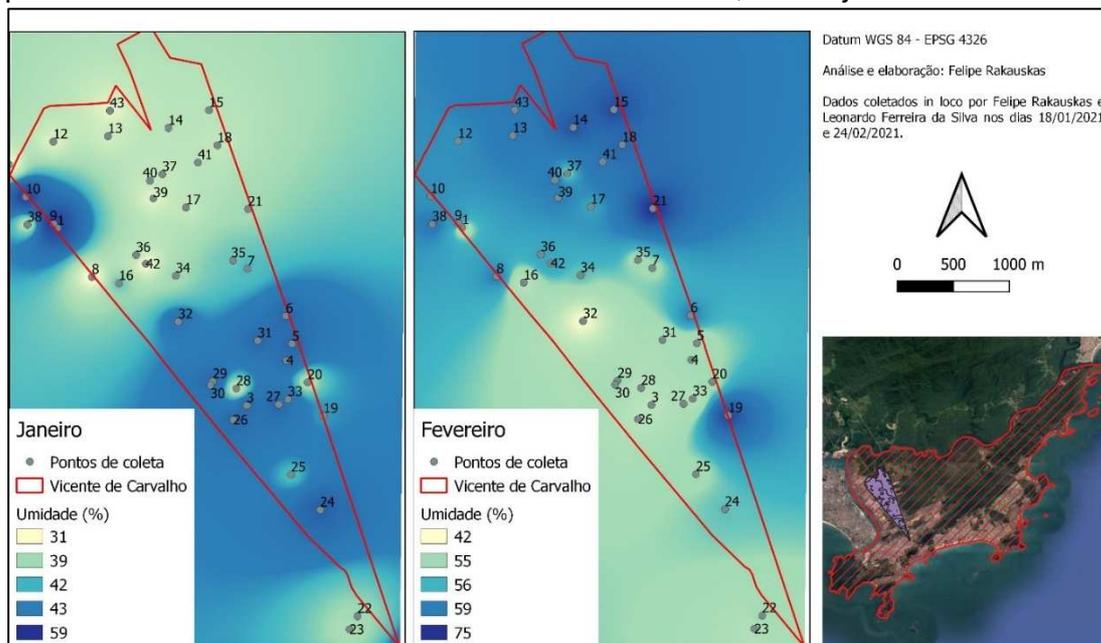
Figura 3 – Distribuição espacial das temperaturas, em °C, elaborada a partir dos dados coletados em Vicente de Carvalho, Guarujá-SP.



Fonte: Autor, 2021

Na Figura 4, apresenta-se a distribuição espacial da umidade relativa do ar, que apresentou comportamento inverso à temperatura. Como esperado, isto é; temperatura mais alta resulta em umidade mais baixa e vice-versa. Com essa análise é possível verificar que o MP₁₀ se concentra mais em área com a umidade maior e temperatura menor.

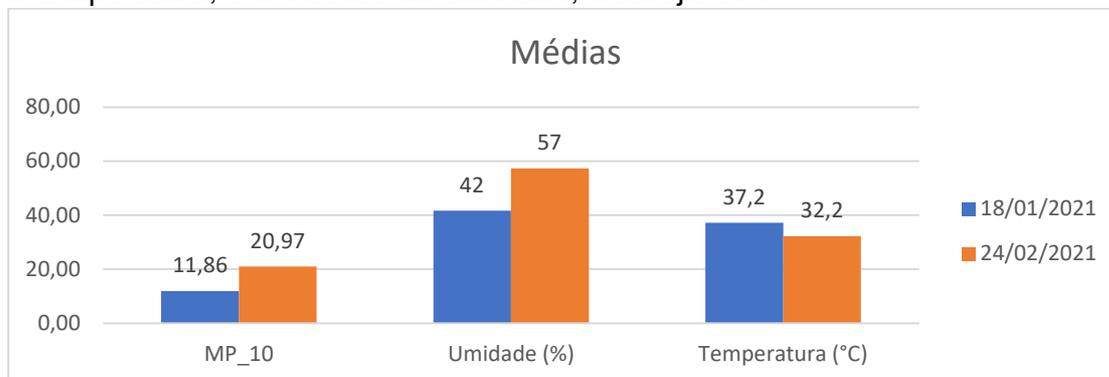
Figura 4 - Distribuição espacial da umidade relativa do ar, em %, elaborada a partir dos dados coletados em Vicente de Carvalho, Guarujá-SP.



Fonte: Autor, 2021.

Para uma melhor visualização da comparação dos dados, na Figura 5, apresenta-se um gráfico com as médias dos dados coletados: MP₁₀, umidade relativa e temperatura, em Vicente de Carvalho, Guarujá-SP.

Figura 5 – Comparação das médias dos dados de coleta: MP, umidade relativa e temperatura, em Vicente de Carvalho, Guarujá-SP.



Fonte: Autor, 2021.

Segundo Theophilo *et al.* (2021), períodos mais chuvosos tendem a diluir os poluentes atmosféricos. Em seu trabalho, os autores indicaram que na série histórica (1980 a 2016) de dados meteorológicos, disponibilizados pelo site *da Weather Spark*, normalmente, janeiro é mais chuvoso, em Guarujá. A precipitação média no mês, inicia-se com cerca de 196 mm, podendo fechar o mês com precipitação acima de 300 mm. Fevereiro apresenta tendência à diminuição de precipitações. O mês começa com volume de chuva por volta de 200 mm e pode fechar abaixo de 100 mm.

No caso específico desse estudo, a coleta realizada em fevereiro se deu em dia mais chuvoso do que em janeiro, que aconteceu em dia ensolarado. Portanto, a precipitação pode ter influenciado os resultados; contudo, eles são coerentes ao indicarem que as concentrações de MP₁₀ foram maiores em fevereiro - ainda que a umidade relativa tenha sido ligeiramente maior do que em janeiro - como também foi verificado por Theophilo *et al.* (2021), que observaram que as mais altas concentrações de Cd, metal pesado, foram registradas no mês de fevereiro de 2019.

I-TREE CANOPY

A terceira parte dos resultados se refere às informações obtidas a partir do *i-Tree Canopy*. No recorte do relatório gerado pelo *software* (Figura 5), observa-se os pontos coletados, por meio de imagens de satélite, da área de Vicente de Carvalho, categorizados por cores, a saber:

- ✓ cinza escuro = área edificada,
- ✓ cinza claro = áreas impermeáveis não-identificadas,
- ✓ vermelho = ruas,
- ✓ marrom = solo exposto,
- ✓ azul = água,
- ✓ verde escuro = árvores
- ✓ verde claro = grama

Figura 5 – Mapa com distribuição dos 500 pontos, obtidos por meio de imagens de satélite, para Vicente de Carvalho, a partir do *software i-Tree Canopy*.



Fonte: Autor, 2021.

De acordo com a Figura 5, é possível observar o predomínio de área impermeável (cinza escuro), principalmente, no centro da região estudada. Pelo relatório gerado pelo *i-Tree* (Figura 6) é possível ver a porcentagem do uso do solo segundo a classificação do *software*. Os edifícios impermeáveis (em preto) se referem a 58% da área, enquanto as ruas e avenidas estão relacionadas a 22,4% dos pontos gerados (em vermelho). Isto significa que 80,4% da área refere-se à infraestrutura cinza, que contribui para exacerbação das ilhas de calor e retenção de poluentes (Ribeiro *et al.*, 2021). O valor é preocupante, pois Vicente de Carvalho possui apenas 12,8% de área com árvores e gramas, valor insuficiente para minimizar os impactos da poluição atmosférica (Martins *et al.*, 2021).

Figura 6 – Dados do relatório do *i-Tree* gerado a partir da seleção de 500 pontos, em Vicente de Carvalho, com as % das categorias definidas pelo *software*.

Classe de Cobertura	Pontos	% Cobertura	Área (ha)
Grama/Herbáceo	39	7,8	49,98
Edifícios Impermeáveis	290	58	371,66
Outros Impermeáveis	8	1,6	10,25
Estrada Impermeável	112	22,4	143,54
Solo descoberto	18	3,6	23,07
Árvore/Arbusto	25	5	32,04
Água	8	1,6	10,25
Total	500	100	640,79

Fonte: Autor, 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O MP é uma mistura de partículas muito pequenas e gotículas líquidas, com diferentes tamanhos, no caso de MP₁₀, estas apresentam tamanho menor que 10 µm e, quando inaladas, podem contribuir para graves problemas de saúde, como as doenças respiratórias.

No caso de Vicente de Carvalho, os resultados preliminares sobre esse poluente indicaram que suas concentrações (entre 82 e 299 µg/m³), em termos dos níveis de cautela sobre a saúde (CONAMA, 2018), se enquadram em “toleráveis” (51 a 120µg/m³) a muito insalubre (250 a 419 µg/m³). É preciso deixar claro, entretanto, que não existe uma relação direta entre as concentrações observadas, a inalação de MP₁₀ pela população de Vicente de Carvalho e os prejuízos à saúde. Nesse sentido, destaca-se a necessidade de serem conduzidos na região, estudos epidemiológicos ambientais mais rigorosos, que envolvam humanos, para avaliar os efeitos de dose.

Além disso, os resultados também indicaram a necessidade de ações práticas e simples para minimizar o impacto da poluição veicular. Por exemplo, as “soluções baseadas na natureza”, como a criação de um plano de arborização específico para Vicente de Carvalho, para aumentar significativamente a porcentagem de áreas verdes, capazes de atuar como filtro natural aos poluentes atmosféricos e a criação de parques lineares, juntamente com políticas de restrição de tráfego de caminhões, as quais estão sendo levadas em consideração pela Secretaria do Meio Ambiente (SEMAM) de Guarujá, que tem atuado como instituição parceira nesse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo nº 2020/05383-9) pelo subsídio financeiro e à SEMAM-Guarujá pelo interesse no desenvolvimento da pesquisa e disponibilidade de apoio técnico e logístico.

BIBLIOGRAFIA

- ABE, K. C.; MIRAGLIA, S. G. E. K. Avaliação de impacto à saúde do programa de controle de poluição do ar por veículos automotores no município de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, p. 61-73, 2018.
- ADAMS, C. et al. Governança ambiental no Brasil: acelerando em direção aos objetivos de desenvolvimento sustentável ou olhando pelo retrovisor? **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, v. 25, n. 81, p. 1-13, 2020.
- AGUIAR, M. S. D. **Análise de alternativas do transporte intermodal de cargas manufaturadas destinadas à exportação**. Itajubá: Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá, 2011.
- AMBIENTE, I. D. E. E. M. **1º Diagnóstico da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar no Brasil**. [S.l.]. 2014.
- ANDRADE, M. D. F. et al. Vehicle emissions and PM_{2.5} mass concentrations in six Brazilian cities. **Air Quality, Atmosphere, & Health**, Rockville, v. 5, n. 1, p. 79-88, november 2010.
- ANTT. **Relatório Anual de Atividades**. [S.l.]. 2018.

- ARNETZ, B. B. et al. Neighborhood air pollution and household environmental health as it relates to respiratory health and healthcare utilization among elderly persons with asthma. **Journal of Asthma**, v. 57, n. 1, p. 28-39, 2018.
- ARRETECHE, M. T. D. S. **O SUS e a municipalização da política nacional de atenção à saúde**. Rio de Janeiro: Revan, 2000.
- AUTHORITY, S. P. Disponível em: <<https://www.portodesantos.com.br/institucional/o-porto-de-santos/>>. Acesso em: 29 jun. 2020.
- BARROS, B. R. C. D. et al. Comparação de emissão de CO₂ entre os modos rodoviário e hidroviário - Ensaio sobre o corredor norte/eixo Tocantis. **32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET**, Gramado/RS, Novembro 2018.
- BLACK, W. R. Sustainable Transportation: a US Perspective. **Journal of Transport Geography**, 1996. 151-159.
- BOCKEN, N. et al. A literature and practice review to develop sustainable business model. **Journal of Cleaner Production**, 2014. 42-56.
- BRAGA, A.; PEREIRA, L. A. A. P.; SALDIVA, P. H. N. Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, p. 10-16, 2001.
- BROWNE, D.; RYAN, L. Comparative Analysis of Evaluation Techniques for Transport Policies. **Environmental Impact Assessment Review**, 2011. 226-233.
- BULKELEY, H.; BETSILL, M. Rethinking sustainable cities: multilevel governance and the 'urban' politics of climate change. **Environmental Politics**, v. 14, n. 1, p. 42-63, 2005.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information Systems**. [S.l.]: Oxford University Press, 1998.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.
- CANCELLI, D. M.; DIAS, N. L. BRevê: uma metodologia objetiva de cálculo de emissões para a frota brasileira de veículos, 2014.
- CARVALHO, C. H. R. D. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. Brasília: IPEA, 2011.
- CARVALHO, F. G. D.; JABLONSKI, A.; TEIXEIRA, E. C. Estudo das partículas totais em suspensão e metais associados em áreas urbanas. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 614-617, 2000.
- CARVALHO, V. S. B. et al. Air quality status and trends over the Metropolitan Area of São Paulo, Brazil as a result of emission control policies. **Environmental Science & Policy**, v. 47, p. 68-79, March 2015.
- CETESB. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo**. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo. 2008.
- CETESB. **Emissões Veiculares no Estado de São Paulo**. [S.l.]. 2019.
- COLAVITE, A. S.; KONISHI, F. **A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade**. [S.l.]: [s.n.]. 2015.
- D.HILL, T. et al. Air quality and life expectancy in the United States: An analysis of the moderating effect of income inequality. **SSM - Population Health**, 2019.
- DARÇIN, M. **How Air Pollution Affects Subjective Well-Being**, 2017.
- DIAS, J. M. G. Cálculo das Emissões de Navios que Atracaram em Portos Portugueses, Poto, Portugal, Julho 2016. 109.

- DOMINGUES, D. S.; GUIMARÃES, F. S. Estimativa da Emissão de Poluentes pelo Transporte Público no Bairro Buritis em Belo Horizonte/MG, Belo Horizonte, 2017. 15.
- EL-GAFY, M. A.; ABDELRAZIG, Y. A.; ABDELHAMID., T. S. Environmental Impact Assessment for Transportation Projects: Case Study Using Remote-Sensing Technology, Geographic Information Systems, and Spatial Modeling. **Journal of Urban Planning and Development**, 2 June 2011. 153-158.
- FERREIRA, A. B. et al. A Streamlined Approach by a Combination of Bioindication and Geostatistical Methods for Assessing Air Contaminants and Their Effects on Human Health in Industrialized Areas: A Case Study in Southern Brazil. **Plants' responses to "novel" environmental pressures**, 2017.
- FLEURY, P. F.; FIGUEIREDO, K. F.; WANKE, P. **Terceirização Logística no Brasil**. São Paulo: Atlas, 2009.
- GEIPOT. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. **Ministério da Infraestrutura**, 2010. Disponível em: <<https://www.infraestrutura.gov.br/component/content/article/119-geipot/9276-anuario-estatistico-de-transportes-geipot.html>>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- GUARIEIRO, A. L. N.; TORRES, E. A.; ROCHA, G. O. Redox activity and PAH content in size-classified nanoparticles emitted by a diesel engine fuelled with biodiesel and diesel blends, v. 116, p. 490-497, 2008.
- GUEDES, S. R. A. **CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO AMBIENTAL DO SISTEMA PORTUÁRIO BRASILEIRO.**, Brasília, 2018.
- HOWITT et al. Carbon emissions from international cruise ship passengers' travel to and from New Zealand., 2010.
- HULL. A. Policy integration: What will it take to achieve more sustainable transport solutions in cities? **Transportation Policy**, 2008. 94-103.
- IBGE, 2000. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acesso em: 15 maio 2020.
- IBGE, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/guaruja/panorama>>. Acesso em: 29 jun. 2020.
- IBGE. Censo 2010, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=355030%26search=sao-paulo|sao-paulo&lang>>. Acesso em: 11 fevereiro 2019.
- IBGE. **Censo demográfico de 2010**. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [S.l.]. 2010.
- IBGE. IBGE Teen. **IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 8 abril 2018. Disponível em: <<https://teen.ibge.gov.br/sobre-o-brasil/populacao/populacao-rural-e-urbana.html>>.
- IBGE. **População Estimada**. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019.
- ICCT. Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ships : Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth. **International Council on Clean Transportation**, 2007.
- INFRAESTRUTURA, M. D. **Complexo Portuário de Santos**. [S.l.]. 2019.
- IPEA. **Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público**. IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília. 1999.
- KONG, T.; WU, X. **Transportation and Sustainable Development**, 2009.
- MANHEIN, L. . M. **Fundamentals of Transportation Systems Analysis: Basic Concepts**. Massachusetts: Cambridge, v. 1, 1979.

- MANISALIDIS, I. et al. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. **Public Health**, 2020.
- MARTINS, A. P. G. et al. Infraestrutura verde para monitorar e minimizar os impactos da poluição atmosférica. **Energia e Ambiente**, 2021.
- MCT. **Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções antrópicas de Gases do Efeito Estufa: Informações gerais e valores preliminares**. Ministério da Ciência e Tecnologia. [S.l.]. 2009.
- MOREIRA, D.; TIRABASSI, T. Modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera: um instrumento técnico para a gestão ambiental. **Ambiente&Sociedade**, Dezembro 2004.
- OLIVEIRA, L. R. N. D. **ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico. Setor costeiro da Baixada Santista**. São Paulo. 2013.
- RANGEL, F.; MACIEL, G. F.; SERRA, J. C. V. Estimativa da Emissão de Poluentes do Transporte Coletivo no Município de Palmas-TO. **ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**.
- RIBEIRO, A. P. et al. Diagnóstico da poluição atmosférica em regiões sem redes convencionais de monitoramento da qualidade do ar: estudo em uma pequena cidade do Paraná, Brasil. **Interciencia**, v. 42, n. 11, p. 767-773, 2017.
- SALDIVA, P. H. N. Vida urbana e saúde: Os desafios dos habitantes das metrópoles, 2018.
- SCHRAUFNAGEL, D. E. et al. Health benefits of air pollution reduction. **Annals of the American Thoracic Society**, 2019.
- SCHROEDER, E. M.; CASTRO, J. C. Transporte Rodoviário de Cargas: Situação Atual e Perspectivas. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 3, 1996. ISSN 6.
- SILVA, O. R. D.; MEIRELIS, M.; SANCHES, C. Gestão Ambiental Portuária: O problema da Poluição Atmosférica no Porto de Santos, 2005.
- THEOPHILO, C. Y. S. . R. A. P. . M. E. G. . A. Biomonitoring as a Nature-Based Solution to Assess Atmospheric Pollution and Impacts on Public Health. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, abr. 2021.
- VARA-VELA, A. Impact of vehicular emissions on the formation of fine particles in the Sao Paulo Metropolitan Area: a numerical study with the WRF-Chem model. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 16, n. 2, p. 777-797 , 2016.
- VESENTINI, W. J. **Geografia: Série Brasil**. São Paulo: Ática, v. Único, 2003.