



Universidade de Brasília

Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Departamento de Administração

LUCAS DE OLIVEIRA SILVA

**Análise Comparativa da Poluição Ambiental por Partículas dos Modais Rodoviário e Ferroviário Metropolitano de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros no Distrito Federal**

Brasília – DF

2018

LUCAS DE OLIVEIRA SILVA

**Análise Comparativa da Poluição Ambiental por Partículas dos Modais Rodoviário e Ferroviário Metropolitano de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros no Distrito Federal**

Monografia apresentada ao Departamento de Administração como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Administração.

Professora Orientadora: Dra. Clarissa Melo Lima

Brasília – DF

2018

Silva, Lucas de Oliveira.

Análise Comparativa da Poluição Ambiental por Partículas dos Modais Rodoviário e Ferroviário Metropolitano de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros no Distrito Federal / Lucas de Oliveira Silva. – Brasília, 2018.

f. 54: il:

Monografia (bacharelado) – Universidade de Brasília, Departamento de Administração, 2018.

Orientador: Professora Clarissa Melo Lima, Departamento de Administração.

1. Eficiência Energética. 2. Poluição por Partículas. 3. Transporte Urbano. 4. Transporte Coletivo 5. Transporte de Passageiros 6. Mobilidade Urbana. 6. Mobilidade no Distrito Federal.

Dedico o presente trabalho à minha família e outros tantos que amo. Aos meus queridos pais, Maria Cristina de Oliveira e Tiago Pereira da Silva Filho, à minha Professora e irmã, Natália de Oliveira Silva, e à minha companheira e namorada, Luíza Moura de Almeida Abreu.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, preciso agradecer à UnB, por ter me proporcionado muitas experiências, que me tornaram uma pessoa mais bem resolvida, mais tolerante, mais profissional e, principalmente, mais sensata. Juntamente, vieram pessoas sensacionais que, certamente, têm papel fundamental nesse desenvolvimento pessoal que sofri em minha graduação. Dentre o corpo docente e discente, não poderia deixar de começar pelos integrantes do Centro Acadêmico de Administração desta instituição que, diga-se de passagem, teve papel fundamental no despertar do interesse pela política e relações institucionais.

Agradeço aos colegas de CAADM, Alexandre Helou, Aline Martins, Bruno Rosal, Elias Junior, Isabel Guevara, Josian Pereira, Mateus Salles, Orielly DeLa Vega, Pedro Rodrigues, Samira Machado e o saudoso Tiago Fatel, pela primeira experiência de liderança em equipe, relacionamento com diferentes entidades da Universidade, gestão de processos e gestão de projetos. Também não poderia deixar de agradecer à minha primeira experiência empreendedora iniciada nesse cenário, que resultou em muito trabalho, viagens inesquecíveis, diversão e, o fundamental, muitas lições aprendidas. À UnBoss, nossa marca, e ao meu ex-sócio amigo, Igor Costa.

Agradeço aos Professores (as) Doutores (as) que tive até o momento na Universidade de Brasília, em especial à Helena Araujo e Débora Barem, por terem despertado meu interesse pelo curso de Administração logo no início, ao André Serrano e Antônio Isidro, por terem me proporcionado o primeiro contato com um grupo de pesquisa e um grande projeto de consultoria, e por fim, porém não menos importantes, à minha orientadora neste trabalho, Clarissa Lima, e ao Evaldo César, por me nortearem na reta final do curso, abrindo meus olhos para o ambiente acadêmico.

Seguindo a ordem cronológica, agradeço à AD&M por ter proporcionado o primeiro contato com uma cultura organizacional sólida e intensa, me desenvolvendo profissionalmente e despertando o senso de responsabilidade e me ensinando a conciliar diferentes frentes da vida, forçando a priorização. Preciso destacar neste processo a participação dos “Papitos”, Daniel Pacheco, Guilherme César, Igor Meneses, Lucas Amorim, Marcelo Babilônia, Marcelo Rodrigues e, nosso mestre dos PDM’s inesperados, Rodrigo Veloso. O MEJ também me trouxe a oportunidade de conhecer e me reaproximar de pessoas que agregam ao meu networking e que, certamente, ainda terei contato profissional no futuro. Além de ter me aproximado ainda mais do meu primo-irmão Pedro, uma pessoa brilhante que compartilha ensinamentos comigo no dia-a-dia.

Partindo para minha primeira experiência no mundo corporativo, justamente no Setor Industrial que sempre me brilhou os olhos e que, por questões muito particulares, imagino que fará parte de meu futuro profissional, agradeço à Fiat Chrysler Automóveis por ter enriquecido essa trajetória, me fornecendo uma visão ampla desde a produção até a venda e entrega dos veículos, que somada ao contato com concessionárias do norte e centro-oeste, tornaram o período um diferencial em minha carreira. Aos colegas de estágio, Cláudia Veloso, Matheus Miziara e Monallysa Florentino e aos meus ex-chefes Aldemir, Cassio, Geovana e Welcer, deixo meu agradecimento.

Por fim, agradeço ao divisor de águas em minha vida profissional e grande motivador para este estudo. ANFAVEA, ator importante no Setor Automotivo e, por minha sorte, o lugar em que trabalho atualmente. Cresci ainda mais, ampliei meus horizontes e, mais uma vez, preciso agradecer pelas pessoas que fazem a diferença por lá. Meu ex-colega de trabalho, José Eduardo, com quem trabalhei por um curto, porém produtivo período, ao meu chefe Leandro Araujo, por me mostrar diferentes pontos de vista e compartilhar experiências ímpares, e aos colegas de trabalho das montadoras associadas pela parceria.

Em paralelo aos relatos acima, não posso deixar de registrar o grande crescimento que tive na convivência com os antigos amigos da época do colégio, que se tornaram amigos de uma vida, Artur Garcia, Eduardo Gasparotto, Gustavo Rocha, Jeferson Siqueira, João Gabriel Pinto, João Gabriel Rosa, Lucas Alves, Lucas Borges, Marcos Gabrig, Naiara Marques, Victor Augusto, Victor Vasconcelos e, finalmente, Thiago Vizioli, que além de antigo amigo é outro professor e confidente do dia-a-dia que eu tenho a sorte de ter. Outra figura que veio depois, apenas na graduação, mas que não poderia ficar de fora dos agradecimentos é meu amigo Pedro Pessatto, que foi meu primeiro colega de curso, esteve presente na época da Empresa Júnior e eu tenho o prazer de acompanhar de perto apenas o início de uma trajetória empreendedora de sucesso garantido.

Finalmente e, sem dúvidas, a base de toda essa história, tenho a minha já mencionada família. Meu pai, melhor amigo e culpado por todo o interesse pelos carros, Tiago Pereira da Silva Filho; Minha mãe, criatura de coração imenso e inteligência admirável, minha melhor amiga, conselheira e, sem dúvidas, maior fã de tudo que faço e conquisto, Maria Cristina de Oliveira; Minha irmã, por muitas vezes mãe, durante meu curso foi a grande impulsionadora dessa incrível experiência de graduação, com os diálogos e discussões, promoveu uma mudança de mentalidade e contribuiu com a continuidade da formação do meu caráter, Natália de Oliveira Silva; Minha confidente, companheira e amada, por ser um exemplo de superação e inspiração na conquista de meus objetivos, principalmente quando com ela compartilhados, Luíza Moura de Almeida Abreu.

## RESUMO

O estudo faz uma análise dos meios de transporte coletivo urbano rodoviário e ferroviário metropolitano de passageiros no Distrito Federal e discorre sobre as matrizes energéticas de cada um deles, analisando comparativamente com o restante do mundo. Além disso, trata da poluição pela queima de combustíveis fósseis, típicas de motores à combustão interna, principalmente do Ciclo Diesel, dando ênfase à poluição causada por material particulado liberado no processo de transformação de energia para o deslocamento de tais meios de transporte, permanecendo em suspensão no ar atmosférico. Para estudar tais efeitos, foi preciso ir a campo coletar dados que evidenciassem a poluição estudada. Essa pesquisa foi realizada com o auxílio de um aparelho medidor de partículas em suspensão, em pontos de terminais estratégicos de transportes do Distrito Federal, onde ocorre grande circulação de passageiros diariamente. Os usuários sofrem com determinadas partículas prejudiciais à saúde, pois atingem sistemas vitais como o cardiorrespiratório. Neste panorama, é possível definir soluções adequadas ao nosso país, considerando suas particularidades demográficas, produtivas e de geração de energia, trazendo melhorias para todo o sistema viário e tornando-o mais eficiente e sustentável.

Palavras-chave: 1. Poluição por partículas. 2. Eficiência energética. 3. Transporte urbano. 4. Transporte coletivo. 5. Transporte de passageiros. 6. Mobilidade urbana. 6. Mobilidade no Distrito Federal.

## **ABSTRACT**

The study analyzes the means of public urban passenger transport in Federal District and discusses the energy matrixes of each of them, analyzing comparatively with the rest of the world. In addition, it deals with pollution from burning fossil fuels, typical of internal combustion engines, mainly Diesel Cycle, with emphasis on pollution caused by particulate matter released in the process of energy transformation for the displacement of such means of transport, remaining in suspension in atmospheric air. To study such effects, it was necessary to go on a field collect data that evidenced the studied pollution. This research was made with the aid of a suspended particle meter at strategic points of transportation in Federal District, where there is a big daily circulation of passengers. Users suffer with some particles that are harmful to health, for the creation of vital systems such as cardiorespiratory. In this scenario, it is possible to define adequate solutions for our country, considering its demographic, productive and energy generation peculiarities, bringing improvements to the entire road system and making it more efficient and sustainable.

Keywords: 1. Particle pollution. 2. Energy efficiency. 3. Urban transport. 4. Collective transport. 5. Passenger transport. 6. Urban mobility. 6. Mobility in Federal District.



## RESUMEN

El estudio hace un análisis de los medios de transporte colectivo urbano vial y ferroviario metropolitano de pasajeros en el Distrito Federal y discurre sobre las matrices energéticas de cada uno de ellos, analizando comparativamente con el resto del mundo. Además, trata de la contaminación por la quema de combustibles fósiles, típicos de motores a combustión interna, principalmente del Ciclo Diesel, dando énfasis a la contaminación causada por material particulado liberado en el proceso de transformación de energía para el desplazamiento de tales medios de transporte, permaneciendo en suspensión en el aire atmosférico. Para estudiar tales efectos, fue necesario ir al campo a recoger datos que evidenciara la contaminación estudiada. Esta investigación fue realizada con el auxilio de un aparato medidor de partículas en suspensión, en puntos de terminales estratégicos de transportes del Distrito Federal, donde ocurre gran circulación de pasajeros diariamente. Los usuarios sufren con determinadas partículas perjudiciales para la salud, pues alcanzan sistemas vitales como el cardiorrespiratorio. En este panorama, es posible definir soluciones adecuadas a nuestro país, considerando sus particularidades demográficas, productivas y de generación de energía, trayendo mejoras para todo el sistema viario y haciéndolo más eficiente y sostenible.

Palabras clave: 1. Contaminación por partículas. 2. Eficiencia energética. 3. Transporte urbano. 4. Transporte colectivo. 5. Transporte de pasajeros. 6. Movilidad urbana. 6. Movilidad en el Distrito Federal.

## RÉSUMÉ

L'étude analyse les moyens de transport public dans le rail urbain et métropolitain de passagers dans le District fédéral et discute les matrices d'énergie de chacun d'entre eux, en analysant comparativement avec le reste du monde. En outre, il traite de la pollution due à la combustion de combustibles fossiles, typique des moteurs à combustion interne, en particulier le cycle diesel, en mettant l'accent sur la pollution causée par les particules rejetées dans le processus de transformation de l'énergie au déplacement de ces moyens de transport, rester dans suspension dans l'air atmosphérique. Afin d'étudier ces effets, il a fallu aller sur le terrain pour collecter des données qui ont mis en évidence la pollution étudiée. Cette recherche a été réalisée à l'aide d'un compteur de particules suspendu à des points stratégiques de transport dans le District fédéral, où il y a une grande circulation quotidienne de passagers. Les utilisateurs souffrent de certaines particules nocives pour la santé, car ils atteignent des systèmes vitaux tels que cardiorespiratoire. Dans ce scénario, il est possible de définir des solutions adéquates pour notre pays, compte tenu de ses caractéristiques démographiques, de production et de production d'énergie, apportant des améliorations à l'ensemble du réseau routier et le rendant plus efficace et durable.

Mots-clés: 1. Pollution par particules. 2. Efficacité énergétique 3. Transport urbain. 4. Transport collectif. 5. Transport de passagers. 6. Mobilité urbaine. 6. Mobilité dans le district fédéral.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 2 - Classificação aerodinâmica do material particulado.....	8
Figura 3 - Composição média do Material Particulado inalável em São Paulo.....	9
Figura 4 – Gráfico de geração de energia no brasil.....	17
Figura 5 - Mapa interativo de linhas de ônibus do DF .....	18
Figura 6 - Mapa do Metrô-DF .....	19
Figura 8 - Imagem de satélite da evolução urbana do df nos últimos 20 anos .....	28
Figura 9 - Distância entre lago sul e ceilândia .....	29
Figura 10 - Mapa com as classes de idhm no distrito federal .....	29
Figura 11 - Mapa de estações Metrô-DF .....	30
Figura 12 - Imagem de satélite das linhas metroviárias e terminais finais do DF .....	30
Figura 13 - Imagem de satélite dos terminais rodoviários estratégicos do DF.....	31
Figura 14 - Mapa político de Brasília, região administrativa I.....	32
Figura 15 - Mapa político de Ceilândia, região administrativa IX.....	33
Figura 16 - Mapa político de Samambaia, região administrativa XII .....	34
Figura 17 - Mapa político de Sobradinho, região administrativa V .....	35
Figura 18 - Mapa político de Taguatinga, região administrativa III.....	36
Figura 19 - Equipamento de medição de material particulado.....	37
Figura 20 - Veículo elétrico (Renault Zoe, Z.E. - Zero emissão).....	44
Figura 21 - Veículo elétrico em carregamento .....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantitativo de frota alocada do sistema de transporte.....	4
Tabela 2 - Taxonomia de bloom dos objetivos educacionais.....	6
Tabela 3 - Limites recomendados de concentração de partículas no ar atmosférico .....	11
Tabela 4 - Limites do programa nacional de controle da qualidade do ar .....	13
Tabela 5 - Índice de qualidade do ar .....	14
Tabela 6 - Padrões de qualidade do ar do Decreto Estadual nº 59.113/2013 .....	15
Tabela 7 - Dados de sistemas metroviários no Brasil.....	16
Tabela 8 - Áreas temáticas de gestão em organizações .....	21
Tabela 9 - Limites de emissões g/kWh da fase P-7 .....	23
Tabela 10 - Ranking de de IDH Entre as Capitais dos Estados do País .....	26
Tabela 11 - Evolução da população do distrito federal .....	27
Tabela 12 – Ranking de renda per capita do país .....	28
Tabela 13 - Painel de cumprimento de objetivos .....	39
Tabela 14 - Resultado de medições em terminais rodoviários .....	40
Tabela 15 - Resultado de medições em terminais metroviários .....	41
Tabela 16 - Resultado de medição embarcado em cada modal.....	41
Tabela 17 - Comparativo com limites mundiais .....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**CSN** – Companhia Siderúrgica Nacional

**Eletrobrás** – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

**Petrobrás** – Petróleo Brasileiro S.A.

**BNDES** – O Banco Nacional do Desenvolvimento

**ANFAVEA** – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores;

**Proconve** – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores

**ISO** – Organização Internacional de Normalização

**ONGs** – Organizações Não Governamentais

**Conama** – Conselho Nacional do Meio Ambiente

**IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

**CETESB** – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

**IBRAM** – Brasília Ambiental

**CNT** – Confederação Nacional dos Transportes

**Metrô-DF** – Companhia do Metropolitano do Distrito Federal

**IBICT** – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

**MCTIC** – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

**STPC/DF** – Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal

**DFTrans** – Transporte Urbano do Distrito Federal

**IPCC** – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

**CTB** – Código de Trânsito Brasileiro

**Contran** – Conselho Nacional de Trânsito

**RENAVAM** – Registro Nacional de Veículos Automotores

**DENATRAN** – Departamento Nacional de Trânsito

**OMS** – Organização Mundial da Saúde

**PRONAR** – Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar

**IQAr** – Índice de Qualidade do Ar

**PQAr** – Padrões de Qualidade do Ar

**FEPAM** – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler – RS

**SUSAM** – Superintendência de Saneamento Ambiental

**EURO V** – Nível de Exigência em Emissão de Poluentes da União Europeia

**ARLA 32**– Solução a 32,5% de Uréia de Alta Pureza em Água Desmineralizada

**EGR** – Válvula de Recirculação dos Gases de Escape

**MP** – Material Particulado

**EPA** – Agência de Proteção Ambiental dos EUA

**AQI** – *Air Quality Index*

**EUA** – Estados Unidos da América

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**NBR** – Norma Brasileira Regulamentadora

**RA** – Região Administrativa

**BRICS** – Brasil, Rússia, Índia e China (países em desenvolvimento de destaque na economia mundial)

**CODEPLAN** – Companhia de Planejamento do Distrito Federal

**AGV** – Amostrador de Grande Volume

**PTS** – Partículas Totais em Suspensão

**MMA** – Ministério do Meio Ambiente

**PIS** - Programa de Integração Social

**COFINS** – Contribuição para Financiamento da Seguridade Social

**ICMS** – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços

**IPI** – Imposto sobre Produtos Industrializados

**Camex** – Secretaria-Executiva da Câmara de Comércio Exterior

**CPFL** – Companhia Paulista de Força e Luz

**IoT** – Internet of Things (Internet das Coisas)

**RenovaBio** – Política Nacional de Biocombustíveis

**JK** – Juscelino Kubitschek

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Contextualização .....	2
1.2	Formulação do problema .....	4
1.3	Objetivo Geral .....	4
1.4	Objetivos Específicos.....	4
1.5	Justificativa .....	5
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	6
2.1	Impacto ambiental.....	7
2.2	Poluição por partículas .....	8
2.2.1	Origem .....	9
2.2.2	Impacto no ar atmosférico.....	9
2.2.3	Impacto sobre a saúde humana.....	10
2.2.4	Regulamentação sobre qualidade do ar .....	10
2.3	Mobilidade urbana .....	15
2.4	Modais de transporte coletivo urbano de passageiros no DF .....	17
2.5	Gestão Ambiental .....	20
3	MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA.....	24
3.1	Tipo e descrição geral da pesquisa .....	24
3.2	Caracterização do local da pesquisa .....	26
3.3	População e amostragem .....	32
3.3.1	Brasília .....	32
3.3.2	Ceilândia .....	33
3.3.3	Samambaia .....	34
3.3.4	Sobradinho.....	35
3.3.5	Taguatinga .....	36
3.4	Caracterização dos instrumentos de pesquisa .....	37
3.5	Procedimentos de coleta e de análise de dados .....	38
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
4.1	Modal rodoviário .....	40
4.2	Modal ferroviário metropolitano .....	40
4.3	Comparativo embarcado em cada modal .....	41
4.4	Relação com limites regulamentados .....	42
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
5.1	Tendências .....	43
5.2	Obstáculos.....	45



5.3 Recomendações futuras .....	47
REFERÊNCIAS .....	48
APÊNDICES .....	52
Apêndice A – Compilado de fotos das coletas de dados .....	52
Apêndice B – Tabulação de dados da coleta .....	53

# 1 INTRODUÇÃO

Para que seja entendido o sistema viário brasileiro, é preciso voltar na década de 1950 e observar a evolução da industrialização do país. Até o referido momento, o Brasil, na Era Vargas, havia investido apenas em indústria de base. Essas indústrias, também conhecidas como pesadas, são aquelas voltadas para a produção de equipamentos (bens de capital) e matérias-primas processadas (extrativas) para outras indústrias. Segundo Piquet (2008), são exemplos de indústrias de base extrativas as mineradoras, madeireiras e petrolíferas. Já como exemplo de indústrias de base de bens de capital temos as siderúrgicas, metalúrgicas, indústrias de equipamentos e máquinas.

No que toca o presente estudo, a Indústria Siderúrgica foi, sem dúvidas, o alicerce para a futura indústria automotiva nacional. Como exemplo dessas empresas, podemos citar a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e a Vale do Rio Doce, que aliadas à Eletrobrás e Petrobrás, e ao BNDE (nome de origem do atual BNDES), formariam os três pilares necessários para um avanço futuro Loureiro (2008).

Após, temos o desenvolvimentismo, tipo de política econômica baseada na meta de crescimento da produção industrial e da infraestrutura, com participação ativa do estado, como base da economia e o conseqüente aumento do consumo. Segundo Gonçalves (2012), sua primeira forma, no final do século XVIII e depois nos séculos XIX e XX, é também conhecida como nacional-desenvolvimentismo ou neomercantilismo. Na América Latina o nacional-desenvolvimentismo foi executado a partir dos anos de 1930.

No Brasil, segundo Loureiro (2008), o desenvolvimentismo foi aplicado tanto por regimes autoritários — como na ditadura militar do Brasil (quando houve o "milagre econômico") e no Estado Novo — quanto na vigência da democracia, no governo Juscelino Kubitschek (JK), podendo ser chamado também de *take off* da economia brasileira. Seguiu a linha de abertura de mercado para indústrias estrangeiras, usando como base o trabalho das empresas estatais do período anterior. Com seu *slogan* "50 anos em 5", precisava de capital para o investimento em seu ousado plano, principalmente de mudança da Capital do País para o Distrito Federal.

O plano de metas de JK, teve como principais focos os setores de energia e transporte, tendo em vista a dimensão continental de nosso país e o baixo nível de desenvolvimento de seu interior. Segundo Campos (2009), em contrapartida à injeção de capital estrangeiro no país, teve-se o estabelecimento das primeiras fábricas de automóveis

com planta industrial no Brasil, com a pioneira DKW, do Grupo Volkswagen. Foi também neste momento que as empresas começaram a se organizar, sendo este o segundo marco para a indústria automotiva brasileira. A fundação da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA, que é, até hoje, ponto focal das negociações e principal fornecedora de indicadores, principalmente da economia, para programas do Governo.

Com isso, era substituído um modal ferroviário, iniciado na Era Mauá, por um plano nacional rodoviário. Fechando assim um ciclo de consumo, aliado ao primeiro regime industrial automotivo do Brasil, com benefícios para empresas com fábricas no país.

No Brasil, segundo Castro (1998), o modal ferroviário nunca alcançou a representatividade obtida em outros países de grande extensão territorial. A sua participação na produção de transporte no país, medida pela tonelada quilômetro útil, variou, nas décadas de 80 e 90, entre aproximadamente 20% e 23%. Este grau de utilização para o transporte de carga coloca o Brasil na companhia de diversos países europeus, como França e Alemanha que possuem uma extensão territorial significativamente menor que a nossa. Adicionalmente, a participação do transporte ferroviário de cargas no Brasil tem sido restrita ao segmento de curtas distâncias, em que as vantagens dos custos e serviços ferroviários não são significativas. É interessante ressaltar que para longas distâncias a participação do modal ferroviário é a menor dentre todos os modais de transporte no Brasil.

## 1.1 Contextualização

Neste contexto, podemos perceber no Brasil uma cultura rodoviária, tanto no transporte de cargas quanto de passageiros. Quando se trata de transporte coletivo urbano de passageiros, não é diferente, salvo raras exceções.

No Brasil, para o transporte coletivo de passageiros, a principal matriz energética é a queima do óleo diesel, que como qualquer outra queima de combustível fóssil, resulta em emissão de gases poluentes, formadores do “*smog*”<sup>1</sup> e Material Particulado, o aerossol atmosférico, Goldemberg (2007).

---

<sup>1</sup>*Smog* designa, em termos genéricos, nevoeiro contaminado por fumaças. O termo resulta da junção das palavras da língua inglesa “*smoke*” (fumaça) e “*fog*” (nevoeiro). Oliveira (1997).

Atualmente, segundo a Confederação Nacional dos Transportes (CNT), proporcionalmente, o sistema ferroviário metropolitano da capital federal é um dos menos utilizados pela população em comparação a outras cidades. No ano de 2016, o metrô do DF foi utilizado por uma média de 144 mil pessoas por dia útil. Número menor do que o registrado em cidades como Porto Alegre (RS), com 202,2 mil; Belo Horizonte (MG), 202,2 mil; e Recife (PE), 367 mil; que têm população inferior à de Brasília. O índice é ainda menor se comparado com Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP), que receberam, em média, 5,9 milhões e 1,5 milhão de passageiros, respectivamente, a cada dia útil, CNT (2016).

Ainda segundo a CNT (2016), os dados mostram que apenas 4,9% da população do DF é usuária do metrô, ante os 28,2% de São Paulo, os 12,2% do Rio de Janeiro e até os 8% de Belo Horizonte. Entretanto, com relação à extensão das linhas, o DF supera a capital mineira, com 39,1km, contra os 28,1km de Belo Horizonte. Segundo os cálculos da CNT, seriam necessários pelo menos mais 15 quilômetros de linhas em Brasília para atender a demanda populacional.

De acordo com o levantamento do Projeto Brasília 2060, estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), a evolução da frota operacional do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF) nos últimos dez anos apresentou oscilação entre 2005 e 2008, quando saltou de 2032 veículos para 2742, um crescimento na ordem de 35% para o período.

Há de se ressaltar que no ano de 2007 foram lançados dois processos licitatórios que resultaram no acréscimo da frota em 450 micro-ônibus e 170 ônibus alongados, no entanto, de 2008 para 2015, o quantitativo de ônibus permaneceu praticamente inalterado, com um acréscimo de apenas 43 veículos no sistema, o equivalente a um crescimento percentual de 1,5%. Embora tenha ocorrido aumento no total de veículos alocados no sistema entre 2008 e 2014, quando o sistema atingiu a marca de 3017 veículos alocados para circulação, em 2015 a frota tem uma pequena redução devido à saída de operação dos veículos de duas cooperativas, Cootarde com 50 veículos e Alternativa com 40. Conforme tabela 1.

Tabela 1 - Quantitativo de frota alocada do sistema de transporte

Área/ Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Bacia 1</b>	368	375	388	507	507	515	501	508	502	593	589
<b>Bacia 2</b>	523	541	554	709	709	737	746	741	719	756	782
<b>Bacia 3</b>	377	463	460	571	571	576	561	607	667	690	623
<b>Bacia 4</b>	301	307	315	356	356	364	355	350	360	341	337
<b>Bacia 5</b>	463	455	462	599	599	579	606	622	647	637	591
<b>Frota</b>	2.03	2.14	2.17	2.74	2.74	2.77	2.76	2.82	2.89	3.01	2.92
<b>Total</b>	2	1	9	2	2	1	9	8	5	7	2

Fonte: DFTrans (2016).

## 1.2 Formulação do problema

Tendo em vista a realidade do país e da Unidade da Federação analisada no presente estudo, seriam os meios de transporte e suas respectivas matrizes energéticas as mais eficientes atualmente e em uma visão de médio prazo, até 2030?

## 1.3 Objetivo Geral

Analisar comparativamente a poluição ambiental por material particulado dos modais rodoviário e ferroviário metropolitano (Metrô) de transporte coletivo urbano de passageiros no Distrito Federal.

## 1.4 Objetivos Específicos

- Identificar os modais de transporte coletivo urbano de passageiros existentes no Distrito Federal;
- Modelar coleta de dados que embase o estudo;
- Comparar os números de poluição por partículas dos modais analisados;
- Reconhecer as políticas e tendências tecnológicas de acordo com o resultado obtido.

## 1.5 Justificativa

O presente trabalho pretende explorar vantagens e desvantagens dos meios de transporte coletivo urbano de passageiros no Distrito Federal, comparando com outros sistemas de mobilidade urbana pelo país e o resto do mundo. Adicionalmente, serão explorados os impactos de cada matriz energética, evidenciando qual é o melhor caminho a ser tomado pelo país, tendo em vista os desafios da eletrificação e metas de emissões estabelecidas no mundo.

A pesquisa se justifica em vista da constante mudança de prioridades para políticas públicas no setor de transportes, motivadas principalmente pelo avanço da tecnologia, mudança no hábito de consumo da população e pelo grande desafio ambiental no tema de emissões, intensificado após a década de 1980 ao redor do mundo e regulamentada no Brasil pelo Proconve, no ano de 1986, em sua primeira fase.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para a definição de objetivos da pesquisa, foi utilizado o método de Taxonomia de Bloom do Domínio Cognitivo, Bloom (1956). Tal metodologia é estruturada em níveis de complexidade crescente – do mais simples ao mais complexo – e isso significa que, para adquirir uma nova habilidade pertencente ao próximo nível, deve ter sido dominado e adquirido a habilidade do nível anterior. De acordo Bloom (1956), são estabelecidos os seguintes níveis e verbos:

**Conhecimento:** refere-se à habilidade recordar, definir, reconhecer ou identificar informação específica, a partir de situações de aprendizagem anteriores;

**Compreensão:** refere-se à habilidade em demonstrar compreensão pela informação, sendo capaz de reproduzir a mesma por ideias e palavras próprias;

**Aplicação:** refere-se à habilidade em recolher e aplicar informação em situações ou problemas concretos;

**Análise:** refere-se à habilidade em estruturar informação, separando as partes das matérias de aprendizagem e estabelecer relações, explicando-as, entre as partes constituintes;

**Síntese:** refere-se à habilidade em recolher e relacionar informação de várias fontes, formando um produto novo;

**Avaliação:** refere-se à habilidade em fazer julgamentos sobre o valor de algo (produtos, ideias, etc.) tendo em consideração critérios conhecidos.

Tabela 2 - Taxonomia de bloom dos objetivos educacionais

Capacitação	Definição	Palavras-chave
Informação	Lembrar a informação	Identificar, descrever, nomear, rotular, reconhecer, reproduzir, seguir.
Compreensão	Entender o significado, parafrasear um conceito	Resumir, converter, defender, parafrasear, interpretar, dar exemplos
Aplicação	Usar a informação ou o conceito em uma nova situação	Criar, fazer, construir, modelar, prever, preparar
Análise	Dividir a informação ou o conceito em partes visando um entendimento mais completo	Comparar/contrastar, dividir, distinguir, selecionar, separar
Síntese	Reunir ideias para formar algo novo	Categorizar, generalizar, reconstruir
Avaliação	Fazer julgamento sobre o valor	Avaliar, criticar, julgar, justificar, argumentar, respaldar

Fonte: Adaptada de *Taxonomy of educational objectives*, Bloom (1956).

## 2.1 Impacto ambiental

Segundo a Resolução Conama nº 1 de janeiro de 1986, o impacto ambiental é definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Portanto, um impacto ambiental positivo ou benéfico consiste no resultado de uma norma ou medida que seja melhor para o meio ambiente. A recuperação de rios e matas têm um impacto ambiental positivo. A construção de uma barragem pode também ter um impacto positivo na fauna e flora de uma determinada região. Já o impacto ambiental negativo, mais conhecido e com maior repercussão é aquele que causa danos ao meio ambiente em função da atividade humana, e não uma simples mudança que pode ser compensada mais à frente.

A Lei 6.938/81 estabelece uma definição ampla para a poluição. Segundo este dispositivo, a poluição constitui “a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”.

Segundo Sposito (1988), a poluição é essencialmente produzida pelo homem e está diretamente relacionada com os processos de industrialização e a conseqüente urbanização da humanidade. Esses são os dois fatores contemporâneos que podem explicar claramente os atuais índices de poluição, principalmente, porque o desenvolvimento vem se efetivando em detrimento ao meio ambiente, sem um planejamento adequado ou uma política de crescimento sustentável.

Segundo Williamson (1973), a poluição do ar é definida como a presença de um ou mais contaminantes colocados na natureza, pela ação do homem ou fenômenos naturais, em quantidades que podem causar dano aos seres humanos e demais seres vivos. Além disso, a CETESB considera poluente qualquer substância presente no ar e que, pela sua concentração, possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando



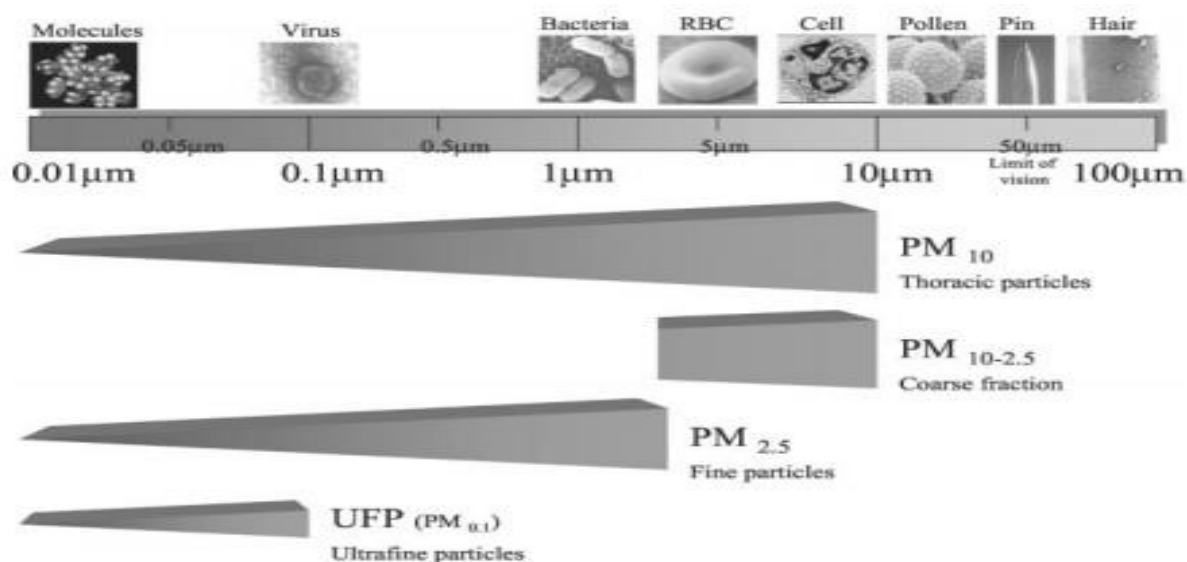
inconveniente ao bem-estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

## 2.2 Poluição por partículas

A queima de combustíveis fósseis é um dos principais agentes poluidores do ar atmosférico no ambiente urbano. Por ser a principal matriz energética do transporte de carga e de transporte coletivo de passageiros no país, é de suma importância o estudo de suas emissões, além de ser uma grande preocupação para a sociedade brasileira. Os malefícios das emissões originárias de motores à combustão interna não são apenas do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gás recorrentemente vinculado ao efeito estufa, que contribui fortemente para o aquecimento global, Bookman (2002).

De acordo com o a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA, 1995), o material particulado é uma mistura de partículas muito pequenas, cerca de cinco vezes mais finas que um fio de cabelo ou mesmo que gotículas de substâncias líquidas. Essas partículas podem ser dos mais diversos materiais, como compostos químicos orgânicos, ácidos, como sulfatos e nitratos, metais, e até mesmo poeira.

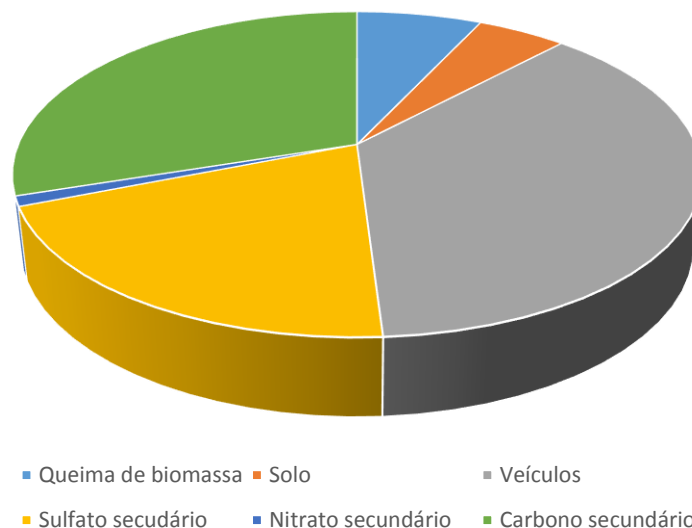
Figura 1 - Classificação aerodinâmica do material particulado



Fonte: Brook, R. D., Franklin, B., Cascio, W., Hong, Y., Howard, G., Lipsett, M., ... Tager, I. (2004). Air pollution and cardiovascular disease: A statement for healthcare professionals from the expert panel on population and prevention science of the American Heart Association. *Circulation*, <<https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000128587.30041.C8>>

Ainda segundo a EPA (1995), o material particulado pode ser dividido em duas categorias. O MP<sub>10</sub>, com partículas de tamanho entre 2,5 e 10 micrômetros, que pode ser encontrado em regiões próximas a indústrias, e o MP<sub>2,5</sub>, formado por partículas cujo tamanho chega até 2,5 micrômetros, e pode ser encontrado em nevoeiros e na fumaça.

Figura 2 - Composição média do Material Particulado inalável em São Paulo



Fonte: Adaptado da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2009).

### 2.2.1 Origem

O material particulado pode ter origem nos mais diferentes lugares e processos, sendo, nos grandes centros urbanos, a queima de combustíveis fósseis sua principal fonte.

As fábricas e as centrais elétricas, que usam combustível para que suas turbinas funcionem, também são grandes emissores de material particulado, e indiretamente interessam ao estudo, por serem fontes secundárias de emissão dos meios de transporte urbano.

### 2.2.2 Impacto no ar atmosférico

Um dos tipos mais comuns de material particulado é o carbono negro ou fuligem, sua origem é a queima incompleta de diesel e incêndios, Alves (2005). Esse tipo de poluente é o segundo maior contribuinte com o aquecimento global, ficando atrás apenas do CO<sub>2</sub>, que,

conforme já citado, também é um dos resultados do funcionamento dos motores à combustão interna.

Além disso, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), uma outra grande preocupação é a incerteza sobre as previsões climáticas, por conta desse tipo de emissão, Nobre (2010).

### 2.2.3 Impacto sobre a saúde humana

Segundo Brasseur (1999), as pequenas partículas e gotículas presentes no material particulado, principalmente no MP<sub>2,5</sub>, são responsáveis por uma série de problemas de saúde, dentre eles, estão a morte prematura de cardíacos, problemas do coração como ataques cardíacos e arritmia cardíaca. Ainda há relatos de desenvolvimento de asma em crianças e outros problemas relacionados ao sistema respiratório, como irritação das vias aéreas, tosse e dificuldade de respiração.

Segundo a OMS (2014), a explicação mais consistente e mais aceita para explicar tais fenômenos é a de que altas concentrações de oxidantes e pró-oxidantes contidos nos poluentes ambientais, como o MP<sub>2,5</sub>, em contato com o epitélio respiratório<sup>2</sup>, provocam a formação de radicais livres<sup>3</sup> de oxigênio e de nitrogênio que, por sua vez, induzem o estresse oxidativo nas vias aéreas. Em outras palavras, o contato das referidas partículas com as diferentes partes do sistema respiratório humano provoca a inflamação das vias aéreas, o que é facilitado pelo seu tamanho muito reduzido, de modo que o MP<sub>2,5</sub> pode penetrar os brônquios, causando os problemas listados.

### 2.2.4 Regulamentação sobre qualidade do ar

Na maior parte dos países há leis que regulam os níveis de emissões de material particulado e, para se adequarem aos padrões exigidos, as indústrias se utilizam da tecnologia para diminuir suas emissões. Uma das mais utilizadas são os precipitadores eletrostáticos, um tipo especial de filtro ou catalizador.

---

<sup>2</sup>Mucosa que reveste boa parte do trato respiratório, estendendo-se das Cavidade Nasal até os brônquios.

<sup>3</sup> Moléculas instáveis propensas a associar-se a outras moléculas.

Nas Américas do Sul e do Norte, a combustão do diesel é um dos principais responsáveis pelas emissões de material particulado. O Brasil segue o padrão de emissões da Europa, regulamentado pelo Proconve P7; a implementação do ARLA 32, adicionado ao catalizador dos veículos de grande porte movidos à diesel; além do diesel S10, com menos partes de enxofre por milhão, menos poluente e menos danoso à saúde.

Uma medida eficaz para fiscalização, prevista no Código de Transito Brasileiro (CTB) desde sua última reforma, em 1997, mas que só foi regulamentada em dezembro de 2017, pela Resolução 716 do Conselho Nacional de Trânsito (Contran), é a Inspeção Técnica Veicular, que além dos itens obrigatórios de segurança, verifica também os níveis de emissões de CO, CO<sub>2</sub>, HC e material particulado dos carros registrados no Registro Nacional de Veículos Automotores (RENAVAM).<sup>4</sup>

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2006) recomenda limites máximos de concentração de alguns contaminantes presentes na atmosfera, como MP<sub>10</sub>, MP<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub>, conforme apresentado na tabela abaixo.

Tabela 3 - Limites recomendados de concentração de partículas no ar atmosférico

POLUENTE	CONCENTRAÇÃO	TEMPO DE AMOSTRAGEM
Material Particulado (MP10)	50 µg/m <sup>3</sup>	24 horas
Material Particulado (MP2.5)	25 µg/m <sup>3</sup>	24 horas
Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> )	20 µg/m <sup>3</sup>	24 horas
Dióxido de nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	200 µg/m <sup>3</sup>	1 hora
Monóxido de carbono (CO)	10 µg/m <sup>3</sup>	8 horas
Ozônio (O <sub>3</sub> )	100 µg/m <sup>3</sup>	8 horas

Fonte: Organização Mundial da Saúde - OMS (2006).

Considerando que a emissão de poluentes por veículos automotores contribui para a contínua deterioração da qualidade do ar especialmente nos centros urbanos, o Conama instituiu, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE, 1986), que tem como objetivo reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores.

A Resolução do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente)n.º09/90, em seu artigo 2º, estabelece os seguintes padrões de qualidade do ar:

**Primários:** concentrações de poluentes que, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população, e

<sup>4</sup> Sistema desenvolvido pelo Serpro que cobre todo o Brasil, tendo como principal finalidade o registro de todos os veículos do país, efetuados pelas unidades do Detran em cada estado, e centralizados pela unidade central, o Denatran

**Secundários:** concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à flora, à fauna, aos materiais e ao meio ambiente como um todo.

A Resolução Conama nº 5 de 1989, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR). Como estratégia para o controle, preservação e recuperação da qualidade do ar, o programa é basicamente encarado como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem-estar das populações e melhoria da qualidade de vida com o objetivo de permitir o desenvolvimento econômico e social do País de forma ambientalmente sustentável através da limitação dos níveis de emissão de poluentes por tipologia de fontes e poluentes prioritários.

No monitoramento da qualidade do ar, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM) fornece diariamente em seu site, o boletim da qualidade do ar, com informações de poluentes críticos, além do Índice de Qualidade do Ar (IQAr), que tem como objetivo principal proporcionar à população o entendimento sobre a qualidade do ar local, em relação a diversos poluentes atmosféricos amostrados nas estações de monitoramento. Sendo divulgados através de um boletim da qualidade do ar, das últimas 24 horas.

Este índice é uma ferramenta matemática utilizada para transformar as concentrações medidas dos diversos poluentes em um único valor adimensional que possibilita a comparação com os limites legais de concentração para os diversos poluentes, os chamados Padrões de Qualidade do Ar (PQAr).

O IQAr proposto pela FEPAM é obtido através de uma função linear segmentada, na qual os pontos de inflexão<sup>5</sup> representam os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar e os critérios para episódios agudos da poluição do ar estabelecidos conforme a Resolução Conama nº 3, de 28 junho 1990, para cinco poluentes atmosféricos, a saber: Partículas Inaláveis, Dióxido de Enxofre, Dióxido de Nitrogênio, Ozônio e Monóxido de Carbono.

---

<sup>5</sup>Em cálculo diferencial, um ponto de inflexão ou simplesmente inflexão, é um ponto sobre uma curva na qual a curvatura (a derivada de segunda ordem) troca o sinal. A curva muda de ter curvatura côncava para cima (positiva) para concavidade para baixo (curvatura negativa), ou vice-versa. Berger (1988)

Tabela 4 - Limites do programa nacional de controle da qualidade do ar

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Padrão secundário ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Método de medição
Partículas totais em suspensão	24 horas <sup>1</sup>	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA <sup>2</sup>	80	60	
Partículas inaláveis	24 horas <sup>1</sup>	150	150	Separação inercial / Filtração
	MAA <sup>3</sup>	50	50	
Fumaça	24 horas <sup>1</sup>	150	100	Refletância
	MAA <sup>3</sup>	60	40	
Dióxido de Enxofre	24 horas <sup>1</sup>	365	100	Pararosanilina
	MAA <sup>3</sup>	80	40	
Dióxido de Nitrogênio	1 hora <sup>1</sup>	320	190	Quimiluminescência
	MAA <sup>3</sup>	100	100	
Monóxido de Carbono	1 hora <sup>1</sup>	40000 (35 ppm)	40000 (35 ppm)	Infravermelho não dispersivo
	8 horas <sup>1</sup>	10000 (9 ppm)	10000 (9 ppm)	
Ozônio	1 hora <sup>1</sup>	160	160	Quimiluminescência

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano

(2) Média aritmética anual

(3) Média aritmética anual

Fonte: Resolução Nº 03 Conama (1990).

O IQAr também pode ser associado aos efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana. Nos Estados Unidos, através da Agência de Proteção Ambiental (EPA), o *Air Quality Index* (AQI), EPA-454/R-99-010(1999) é aplicado na divulgação diária da qualidade do ar, indicando níveis de poluição, associando-os com os efeitos sobre a saúde e com os cuidados que devem ser adotados.

O IQAr é divulgado para cada estação da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar, considerando-se o índice mais elevado dos poluentes monitorados, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso. Na ultrapassagem dos Padrões Nacionais de Qualidade do Ar para mais de um poluente na mesma estação, todos serão divulgados, identificados pela qualidade INADEQUADA (IQAr maior que 100). A qualidade MÁ (IQAr maior que 200) indica a ultrapassagem do Nível de Atenção, a qualidade PÉSSIMA indica a ultrapassagem do Nível de Alerta e a qualidade CRÍTICA, a ultrapassagem do Nível de Emergência.

Tabela 5 - Índice de qualidade do ar

Qualidade	Índice	Significado
N1 - Boa	0 – 40	
N2 – Moderada	41 – 80	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
N3 – Ruim	81 – 120	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
N4 – Muito ruim	121 – 200	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
N5 - Péssima	>200	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2013).

Além disso, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), agência do Governo do Estado responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição, com a preocupação fundamental de preservar e recuperar a qualidade das águas, do ar e do solo.

Criada em 24 de julho de 1968, a CETESB, exerce grande influência não só no estado de São Paulo, mais em todo o país. Tendo em vista sua antiga criação, inclusive anterior à criação do IBAMA, e por ser o estado com maior número de fábricas e automóveis no país, tem papel fundamental na regulação de emissões e estudos na área.

Pode ser observado na tabela abaixo que os limites da CETESB vão além do regulamentado pelo Conama, dividindo o material particulado por tamanho, em finas, MP<sub>2,5</sub>, e as demais, MP<sub>10</sub>.

Tabela 6 - Padrões de qualidade do ar do Decreto Estadual nº 59.113/2013

Padrões	CO (ppm)	SO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		MP10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		MP2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		FMC ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Pb ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		O3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	8h	24h	MAA	24h	MAA	24h	MAA	24h	MGA	24h	MAA	MAA	1h	MAA	8h
<b>MI 1</b>	9	60	40	120	40	60	20	240	80	120	40	0,5	260	60	140
<b>MI 2</b>	9	40	30	100	35	50	17	240	80	100	35	0,5	240	50	130
<b>MI 3</b>	9	30	20	75	30	37	15	240	80	75	30	0,5	220	45	120
<b>PF</b>	9	20	-	50	20	25	50	240	80	50	20	0,5	200	40	100

Fonte: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2013).

A nível distrital, temos o Instituto Brasília Ambiental (IBRAM), que coordena e executa o Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar do Distrito Federal. Existe desde 2005 de maneira pontual, em locais priorizados em função da grande circulação pessoas aliada ao trânsito de veículos ou presença de fontes emissoras fixas (como fábricas de cimento, usinas de asfalto, etc.). Entretanto, utiliza em suas medições a mesma metodologia aceita os mesmos limites da resolução atual do Conama.

## 2.3 Mobilidade urbana

A necessidade da população mundial de se deslocar por grandes distâncias destacou muito a importância dos meios de transporte após a Revolução Industrial e a consequente expansão urbana. Em virtude do rápido e intenso aumento da densidade demográfica nos centros urbanos contemporâneos, a existência de transportes coletivos eficientes se tornou, e continua sendo, um dos maiores impasses do Brasil e do mundo. Além da dificuldade de acesso de toda a população carente de tais serviços em virtude da falta de tecnologia para adequação de certos meios de transporte a locais com geografia limitada, toda a infraestrutura exigida para o funcionamento dos sistemas encarece o preço cobrado pelo consumidor, principalmente em países subdesenvolvidos, como é o caso do Brasil.

Somado a isso, o Brasil e a grande maioria dos países também trazem um problema cultural e de falta de confiança nos serviços de transporte público, que ainda prefere ter seu veículo privativo, o que torna o tráfego viário ainda mais caótico e insustentável ecologicamente. A situação poderia ser para o meio ambiente e para a saúde das pessoas, caso os carros elétricos e autônomos fossem implementados na frota brasileira de uma forma acessível, para que se tornassem maioria entre os meios de transporte privados.

Com o objetivo de melhoria da mobilidade urbana de suas cidades e a ampliação do acesso e aumento da funcionalidade aos seus espaços, vários países têm investido em tecnologias importantes para o reconhecimento geográfico e a adaptação dos meios de



transporte de acordo com a sua realidade. A partir disso, surgiram várias iniciativas inovadoras no mundo dos transportes como os *Metrocable* de Medellín, na Colômbia, e o sistema de *Bus Rapid Transit* (BRT) em Curitiba, que inclusive já chegou em outras capitais do Brasil como Rio de Janeiro e Brasília.

A matriz energética do Brasil é a que tem maior porcentagem de fontes renováveis entre os países industrializados atualmente, com a maior parte de sua produção proveniente de energias hídricas, eólicas e solares, incluindo também a larga produção e queima de biomassa e etanol. Fator que incentivou nas últimas 3 décadas o estudo e implementação de sistemas ferroviários metropolitanos nas capitais do país.

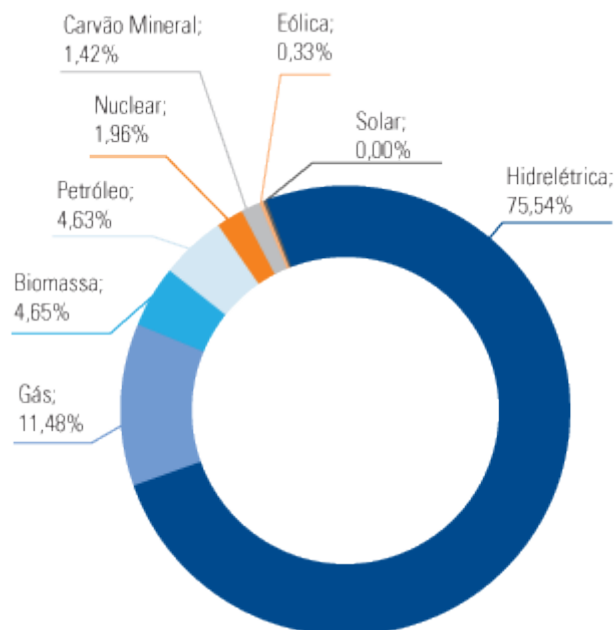
Tabela 7 - Dados de sistemas metroviários no Brasil

<b>Cidade</b>	<b>Nº de passageiros por dia (em milhares)</b>	<b>Ano de abertura</b>	<b>Extensão (Km)</b>	<b>Nº de estações</b>	<b>Nº de linhas</b>
São Paulo	2700	1984	260,8	90	6
Rio de Janeiro	780	1979	58	41	3
Recife	400	1985	71	35	2
Salvador	270	2014	29	19	2
Belo Horizonte	241	1986	28,2	19	1
Porto Alegre	228	1985	44,2	23	1
Brasília	130	2001	42,38	23	2
Salvador	19	1984	13,5	10	1
Fortaleza	18	2012	24,1	18	1
Teresina	15	1989	13,5	9	1
Maceió	11	1984	32	15	1
João Pessoa	10,1	1984	30	12	1
Natal	9,3	1984	55,7	22	2

Fonte: Adaptado de portais municipais (2018).

Segundo a ANEEL (2017), mais de 75% da energia elétrica do país é advinda do funcionamento de usinas hidrelétricas, mesmo que apenas um terço do potencial hidráulico nacional esteja sendo utilizado. A maior aposta do Brasil em relação a avanços tecnológicos e comércio exterior está hoje centrada no etanol, que pode ser utilizado na maioria dos meios de transporte e, por ser renovável, é considerado mais sustentável que a gasolina, ainda que em sua combustão também libere partículas nocivas à natureza e à saúde humana.

Figura 3 – Gráfico de geração de energia no Brasil



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2015).

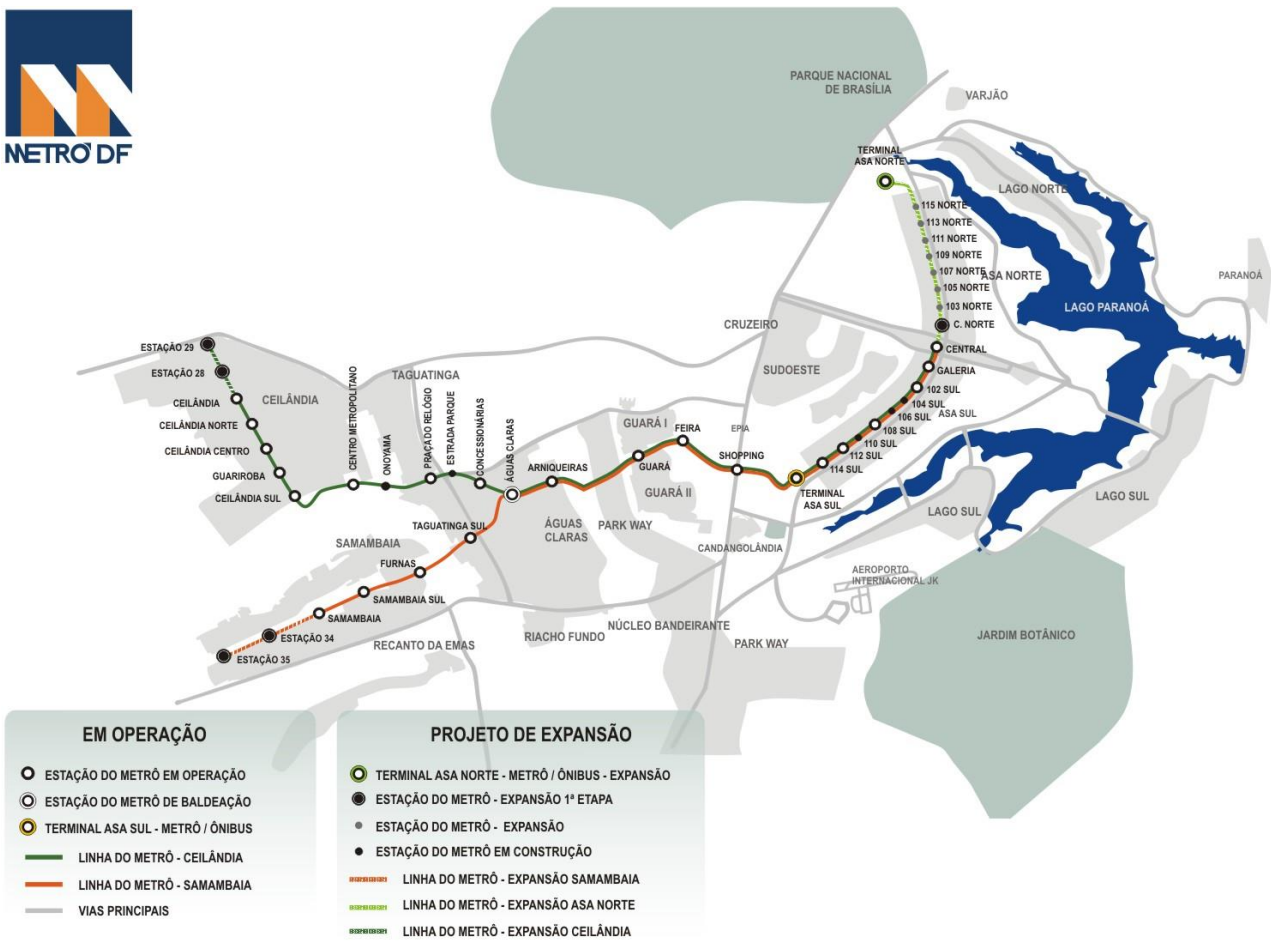
## 2.4 Modais de transporte coletivo urbano de passageiros no DF

Como reflexo do restante do país, no Distrito Federal o principal modal de transporte de passageiros também é o rodoviário. Com frota de 8.888 ônibus, dentre as capitais do país fica atrás somente de São Paulo e Rio de Janeiro, segundo IBGE (2012). A frota relativamente grande em relação às outras capitais do país é justificada pela distância proporcionalmente maior entre as regiões administrativas em relação às outras cidades que possuem bairros mais próximos entre si.

Outro fator que justifica o tamanho da frota é a falta de oferta de metrô na maioria das Regiões Administrativas. Por outro lado, o Distrito Federal foi projetado para o uso intenso de carros, com vias expressas largas e vários pontos inacessíveis por ônibus e ainda inacessíveis por outros meios de transporte público, além dos fatores já abordados no capítulo passado.



Figura 5 - Mapa do Metrô-DF



Fonte: Metrô DF <metro.df.gov.br> (2018).

## 2.5 Gestão Ambiental

Gestão ambiental é o campo de estudo da administração do exercício de atividades econômicas e sociais de forma a utilizar de maneira racional os recursos naturais, visando à sustentabilidade.

De acordo com Tinoco (2004)

Gestão ambiental é o sistema que inclui atividades de planejamento, responsabilidades, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental. É o que a empresa faz para minimizar ou eliminar os efeitos negativos provocados no ambiente por suas atividades.

De acordo com a certificação ISO 14001, que estipula uma série de normas e que estabelece diretrizes sobre a área de gestão ambiental dentro de empresas a gestão ambiental abrange uma vasta gama de questões, inclusive aquelas com implicações estratégicas e competitivas. “A demonstração de um processo bem-sucedido de implementação desta norma pode ser utilizada por uma organização para assegurar às partes interessadas que ela possui um sistema de gestão ambiental apropriado em funcionamento”. ISO 14001 (2015).

Antonius (1999) conceitua o gerenciamento ambiental como a integração de sistemas e programas organizacionais que permitam controlar e reduzir os impactos no meio ambiente, devido às operações ou produtos; Cumprimento das leis e normas ambientais vigentes; Desenvolvimento e uso de tecnologias apropriadas para minimizar resíduos industriais; Monitoramento e avaliação dos processos e parâmetros ambientais; Eliminação ou redução dos riscos ao meio ambiente e ao homem; Utilização de tecnologias limpas, visando minimizar os gastos e materiais; Melhoria do relacionamento entre a comunidade e o governo; Antecipação de questões ambientais que possam causar problemas ao meio ambiente e, particularmente, à saúde humana.

Tinoco (2004) divide a Gestão Ambiental de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 8 - Áreas temáticas de gestão em organizações

Gestão de processos	Gestão de resultados	Gestão de sustentabilidade	Gestão de plano ambiental
Exploração de recursos	Emissões gasosas	Qualidade do ar	Políticas e compromisso
Transformação de recursos	Efluentes líquidos	Qualidade da água	Política ambiental
Acondicionamento de recursos	Resíduos sólidos	Qualidade dos solos	Conformidade legal
Transporte de recursos	Particulados	Abundancia e diversidade da flora	Objetivos e metas
Aplicação e uso de recursos	Odores	Abundância e diversidade da fauna	Programa ambiental
Quadro de riscos ambientais	Ruídos e vibrações	Qualidade de vida do ser humano	Projetos ambientais
Situação de emergência	Iluminação	Imagem institucional	Ações corretivas e preventivas

Fonte: Adaptada de Contabilidade e gestão ambiental, Tinoco (2004, p.110-111).

Pode ser observado na tabela acima a diferença entre as áreas temáticas de gestão dentro das empresas, definida pela administração. Paralelamente, é importante ter em vista a interdependência entre as áreas da administração e a necessidade de um planejamento estratégico alinhado com a Gestão Ambiental da organização em questão.

De acordo com Teodósio, Barbieri e Csillag (2006), qualquer proposta de Gestão Ambiental inclui no mínimo três dimensões, a saber:

**Dimensão espacial:** concerne à área na qual se espera que as ações de gestão tenham eficácia;

**Dimensão temática:** delimita as questões ambientais às quais as ações se destinam;

**Dimensão institucional:** relativa aos agentes que tomaram iniciativas na gestão.

Desta maneira, a proposta de Gestão Ambiental está diretamente relacionada com os impactos que uma determinada instituição pode causar, sua área ocupada e a abrangência de responsabilidade da instituição. Daí vem a forte ligação entre a empresa e seus *stakeholders*, por ser um processo no qual devem participar indivíduos diretamente ligados a instituição e a comunidade ao seu redor, sendo esta uma questão social na qual envolve a Comunicação e Educação Ambiental realizadas de forma a respeitar as questões

socioculturais da comunidade. Para a empresa alcançar a excelência ambiental, é necessária a obtenção do respeito da comunidade e a compreensão desta para a necessidade da existência da instituição. Podem ser obtidas, através de uma comunicação adequada, na qual seja informada a Política da Empresa, seu produto e os possíveis riscos, bem como a orientação da comunidade perante estes riscos.

Desse modo, a Gestão Ambiental pode ser subdividida nas seguintes frentes:

**Política Ambiental:** conjunto de princípios doutrinários que conformam as aspirações sociais e/ou governamentais quanto à regulação do uso, controle, proteção e conservação do ambiente;

**Planejamento Ambiental:** estudo prospectivos que visa atender a Política Ambiental, através da coordenação, compatibilização, articulação e implantação de projetos de intervenção estruturais e não estruturais;

**Gerenciamento ambiental:** conjunto de ações para regular na prática operacional o uso, controle, proteção e conservação do ambiente, verificando sua conformidade com a Política Ambiental;

**Métodos de Gerenciamento Ambiental:** estabelecimento de referencial teórico para a participação dos diferentes agentes envolvidos no Gerenciamento;

**Sistema de Gerenciamento Ambiental:** conjunto de organismos, agências e instituições governamentais e privadas, estabelecido para executar a Política Ambiental. Não podendo ser implementado sem que se conheça a Legislação Ambiental vigente, sendo de âmbito Federal, Estadual e Municipal.

No âmbito privado, a prática da gestão ambiental introduz a variável ambiental no planejamento empresarial, e quando bem aplicada, permite a redução de custos diretos - pela diminuição do desperdício de matérias-primas e de recursos cada vez mais escassos e mais dispendiosos, como água e energia - e de custos indiretos - representados por sanções e indenizações relacionadas a danos ao meio ambiente ou à saúde de funcionários e da população habitante das proximidades geográficas com as unidades de produção da empresa. Um exemplo prático de políticas para a inserção da gestão ambiental em empresas tem sido a criação de leis que obrigam a prática da responsabilidade pós-consumo, geralmente de logística reversa.

Na esfera pública, a prática gestão ambiental é essencial no Brasil, tendo em vista não somente a base constitucional de garantia do meio ambiente equilibrado (Artigo 225 da Constituição Federal de 1988), mas também a centralidade do Estado em matéria de gestão

ambiental, tendo em vista que o Estado é o principal ator em matéria de ambiente, o que lhe confere importante papel mediador junto à sociedade civil e ao setor privado.

No âmbito federal, o Ministério do Meio Ambiente desempenha tal papel mediador, tendo como função esperada a de conciliar os interesses de conservação ambiental aos demais interesses da sociedade - seja articulando-se com outros órgãos da administração pública, seja mediando interesses, como em seus órgãos consultivos. No Conselho Nacional do Meio Ambiente -Conama, por exemplo, conta com participação da sociedade civil, com representantes de ONGs ambientalistas, e de representantes do setor privado, geralmente por meio das associações. No que toca o presente estudo, podemos citar o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - Proconve, de responsabilidade do IBAMA, órgão ligado ao citado Ministério, já está em sua sétima etapa, equivalente ao EURO V, e vem promovendo um imenso avanço em termos de emissões veiculares, de maneira consonante ao restante do mundo, principalmente no que toca motores de Ciclo Diesel, introduzindo no mercado catalizadores que utilizam o ARLA 32 e válvulas *Exhaust Gas Recirculation* (EGR).

Tabela 9 - Limites de emissões g/kWh da fase P-7

<b>Poluentes/ Limites de emissão</b>							
	<b>NOx</b>	<b>HC</b>	<b>CO</b>	<b>CH4(2)</b>	<b>MP</b>	<b>NMHC</b>	<b>Opacidade (m - 1)</b>
<b>Ensaio ESC (4) / ELR (5)</b>	2,00	0,46	1,50	N.A.	0,02	N.A.	0,50
<b>Ensaio ETC (1)</b>	2,00	N.A.	4,00	1,10	0,03 (3)	0,55	N.A.

- (1) Ciclo E.T.C. – Denominado Ciclo Europeu em Regime Transiente – Ciclo de ensaio que consiste de mil e oitocentos modos transientes, segundo a segundo, simulando condições reais de uso. Motores a gás são ensaiados somente neste ciclo.
- (2) Somente motores a gás são submetidos a este limite.
- (3) Motores a gás não são submetidos a este limite.
- (4) Ciclo E.S.C. - Denominado Ciclo Europeu em Regime Constante – Consiste de um ciclo de ensaio com treze modos de operação em regime constante.
- (5) Ciclo E.L.R - Denominado Ciclo Europeu de Resposta em Carga – Ciclo de ensaio que consiste numa sequência de quatro patamares a rotações constantes e cargas crescentes de dez a cem por cento, para determinação da opacidade da emissão de escapamento.

Fonte: Adaptado de Resolução Conama nº 403 (2008).



### 3 MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

Após vasta pesquisa bibliográfica e consulta aos dados, documentos e legislações de órgãos federais e distritais competentes, foi realizada uma pesquisa de natureza quantitativa e cunho exploratório, por meio de coleta de dados em campo, nos moldes estabelecidos por este capítulo.

#### 3.1 Tipo e descrição geral da pesquisa

A presente pesquisa tem como base três pilares descritos abaixo.

**Revisão Bibliográfica:** presentes no referencial teórico deste documento, após exaustiva busca por trabalhos das áreas as quais a pesquisa aborda, são essencialmente trechos de livros, artigos, dissertações de mestrado e teses de doutorado.

**Regulamentações:** por se tratar de um trabalho que análise de poluição ambiental, utiliza publicações, leis e coletivos legais, documentos oficiais e recomendações de órgãos competentes para determinar limites de emissão e efeito comparativo.

**Pesquisa:** além da análise documental, o trabalho também contempla parte prática de coleta, em campo, de dados quantitativos, que servem como input para uma análise qualitativa e sistêmica da problemática presente.

Para Gil (2010) existem diversas maneiras de se classificar uma pesquisa, no entanto estas devem atender a critérios previamente definidos para sua correta classificação. Sendo assim, pode-se determinar múltiplos sistemas para classificação que serão definidas segundo a área e conhecimento, finalidade, nível de explicação e métodos adotados.

Dito isso, uma pesquisa pode ser classificada pelo ponto de vista de sua natureza, pela forma de abordagem ao problema, pelos seus objetivos e pelo ponto de vista de seus procedimentos técnicos.

**Finalidade da pesquisa:** a pesquisa atual é classificada como aplicada, pois depende das descobertas ao longo de sua aplicação para ser completa. Além disso, tem interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos, e está menos voltada para o desenvolvimento de teorias de valor universal. Assim como define Gil (2010, p. 27).

**Nível da Pesquisa:** dentre as classificações definidas por Duverger (1962), a pesquisa atual é de nível exploratório, por ter como principal finalidade desenvolver,

esclarecer, por meio de pesquisa teórica, conceitos e ideias e, posteriormente, comprovar por meio de pesquisa prática.

A pesquisa exploratória, conforme Vergara (1998), “é realizada em área na qual há pouco conhecimento acumulado e sistematizado por sua natureza de sondagem, não comporta hipóteses que, todavia, poderão surgir durante ou ao final da pesquisa. ”

E para Gil (2010):

As pesquisas exploratórias têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Seu planejamento tende a ser bastante flexível, pois interessa considerar os mais variados aspectos relativos ao fato ou fenômeno estudado. Pode-se afirmar que a maioria das pesquisas realizadas com propósitos acadêmicos, pelo menos em um primeiro momento, assume o caráter de pesquisa exploratória, pois neste momento é pouco provável que o pesquisador tenha uma definição clara do que irá investigar.

Este estudo surge como uma pesquisa exploratória já que busca se aprofundar o conhecimento no tema ao qual se propôs, trazendo maior clareza e simplificação ao tema.

Entretanto, também se utiliza da pesquisa descritiva para delinear os atuais limites legais e tecnológicos do assunto, e da pesquisa exploratória para aprofundar em uma comparação entre os meios de transporte coletivo urbano de passageiros não só no distrito federal, mas também ao redor do mundo.

Vergara (1998) define:

A pesquisa descritiva expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno. Pode também estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza. Não tem compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação.

**Natureza:** esta pesquisa é de natureza mista, por ter uma primeira parte de análise quantitativa dos dados, e em um segundo momento utilizar o background de regulamentações e tecnologias emergentes para comparar e constatar fatores entre os modais de transporte coletivo da capital do país.

De acordo com Marconi e Lakatos (2011)

O método qualitativo difere do quantitativo não só por não empregar instrumentos estatísticos, mas também pela forma de coleta e análise dos dados. A metodologia qualitativa preocupa-se em analisar e interpretar aspectos mais profundos, descrevendo a complexidade do comportamento humano. Fornece análise mais detalhada sobre as investigações, hábitos, atitudes, tendências de comportamento, etc.

Uma pesquisa qualitativa caminha em um sentido de interpretação dos fenômenos, quando são atribuídos significados sem que o uso de técnicas e métodos estatísticos sejam requeridos. A fonte do pesquisador será o ambiente natural, de onde serão coletados dados para uma análise indutiva, justamente a segunda parte do trabalho.

**Procedimento:** para as comparações de foco do trabalho, o procedimento de coleta de dados foi o estudo de campo, que segundo Gil (2010)

Os estudos de campo apresentam muitas semelhanças com os levantamentos. Distinguem-se destes, porém, em relação principalmente a dois aspectos. Primeiramente, os levantamentos procuram ser representativos de um universo definido e fornecer resultados caracterizados pela precisão estatística. Já os estudos de campo procuram muito mais o aprofundamento das questões propostas do que a distribuição das características da população segundo determinadas variáveis. Como consequência, o planejamento do estudo de campo apresenta muito maior flexibilidade, podendo ocorrer mesmo que seus objetivos sejam reformulados ao longo do processo de pesquisa.

Portanto, a presente pesquisa, de finalidade aplicada, de nível descritivo e exploratório e natureza mista, contendo um experimento de coleta de dados quantitativos e fazendo uso de dados subjetivos e qualitativos para estimar tendências de mercado e políticas públicas ambientais e econômicas.

### 3.2 Caracterização do local da pesquisa

A pesquisa em questão foi realizada no Distrito Federal, situado na Região Centro-Oeste, do país é a menor unidade federativa brasileira e a única que não possui municípios. Dividido em 31 Regiões Administrativas (RAs), totalizando uma área de aproximadamente 5.780 km<sup>2</sup>. Em seu território, está localizada a capital federal do Brasil, Brasília, que é também a sede do governo do Distrito Federal.

Tabela 10 - Ranking de de IDH Entre as Capitais dos Estados do País

Posição		Capital	IDH		
2010	2000		Em 2010	Varição	Em 2000
1	- (0)	Florianópolis	^ 0,847	^ 0,081	77%
2	- (0)	Vitória	^ 0,845	^ 0,086	76%
3	^ (4)	Brasília	^ 0,824	^ 0,099	73%
4	v (1)	Curitiba	^ 0,823	^ 0,073	75%
5	^ (1)	Belo Horizonte	^ 0,810	^ 0,084	73%

Fonte: IBGE (2010).

Planejada para ter uma população de 500 mil habitantes no ano 2000, a população de Brasília já atingia 1,515 milhões de habitantes em 1991, considerando-se todo o Distrito Federal, Bursztyn e Araújo (1997). Com seus atuais 3,039 milhões de habitantes, Brasília é hoje a quarta cidade mais populosa do Brasil, depois de São Paulo, Rio de Janeiro e Salvador.

Tabela 11 - Evolução da população do distrito federal

<b>Crescimento populacional</b>		
<b>Censo</b>	<b>População em nº de habitantes</b>	<b>Crescimento</b>
1960	141.742	—
1970	546.015	285%
1980	1.203.333	120%
1990	1.598.415	33%
2000	2.043.169	28%
2010	2.570.160	26%
2017 <sup>6</sup> (estimativa)	3.039.444	18%

Fonte: IBGE (2017).

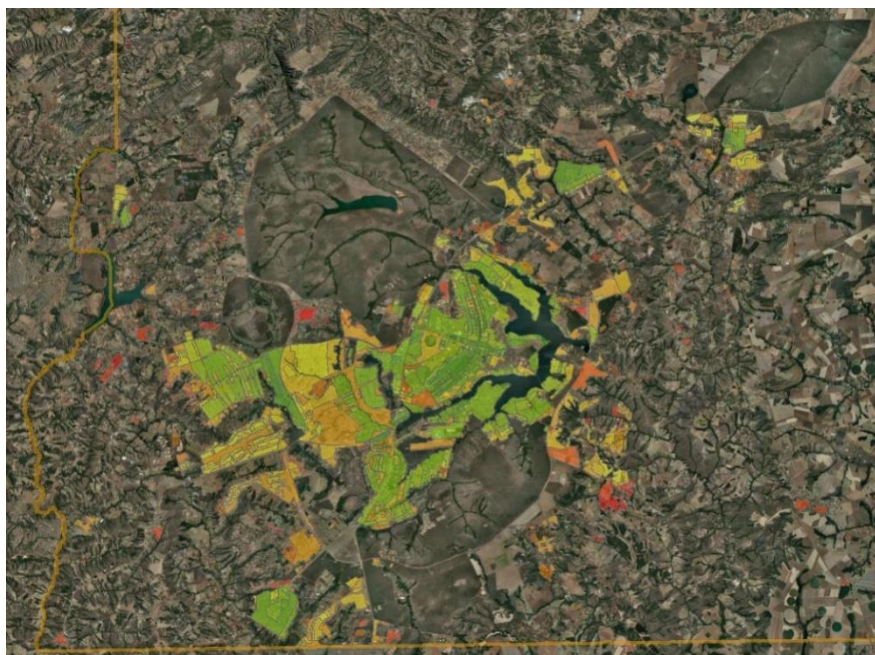
Alguns fatores influenciaram esse aumento populacional desproporcional do Distrito Federal nesses últimos 20 anos, como infraestrutura de saúde e educação do resto do país, que favoreceram o êxodo da população de menor poder aquisitivo para as regiões periféricas de Brasília. Movimento esse que foi ainda impulsionado pelos programas populistas dos Governos Distritais do início dos anos 2000, que além de criar novas cidades com planos arquitetônicos incoerentes ao projeto do plano piloto, de prédios baixos e vias largas, ainda criou programas sociais que loteava áreas não predestinadas à tal função.

---

<sup>6</sup>No Brasil, o censo é feito a cada dez anos, e o responsável pelo trabalho é o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

Abaixo podemos analisar onde o aumento populacional impactou na expansão urbana.

Figura 6 - Imagem de satélite da evolução urbana do df nos últimos 20 anos



Fonte: [geoportal.segeth.df.gov.br](http://geoportal.segeth.df.gov.br) (2018)

Conforme colocado por Lima (2017), o fato do Distrito Federal abrigar a elite do funcionalismo público faz com que seus indicadores sociais destoem do restante do país, uma vez que sua renda per capita é, com folga para o segundo estado colocado, a maior do Brasil, sendo de R\$ 2.254,00 no ano de 2015.

Tabela 12 – *Ranking* de renda per capita do país

Posição	Unidade Federativa	Renda <i>per capita</i>
1	Distrito Federal	R\$ 2.254,00
2	São Paulo	R\$ 1.482,00
3	Rio Grande do Sul	R\$ 1.434,00
4	Santa Catarina	R\$ 1.368,00
5	Rio de Janeiro	R\$ 1.284,00

Fonte: IBGE (2015).

Entretanto, como reflexo da desigualdade social do país, comum entre os países emergentes que compõem o BRICS e enfrentam os mesmos desafios ambientais que nós, no território do Distrito Federal, em Regiões Administrativas nobres como o Lago Sul, por exemplo, a renda *per capita* supera os R\$ 5.400,00; enquanto em Ceilândia, a 30 quilômetros de distância, a renda *per capita* é de apenas um salário mínimo, ou seja, menos de R\$ 1.000,00.



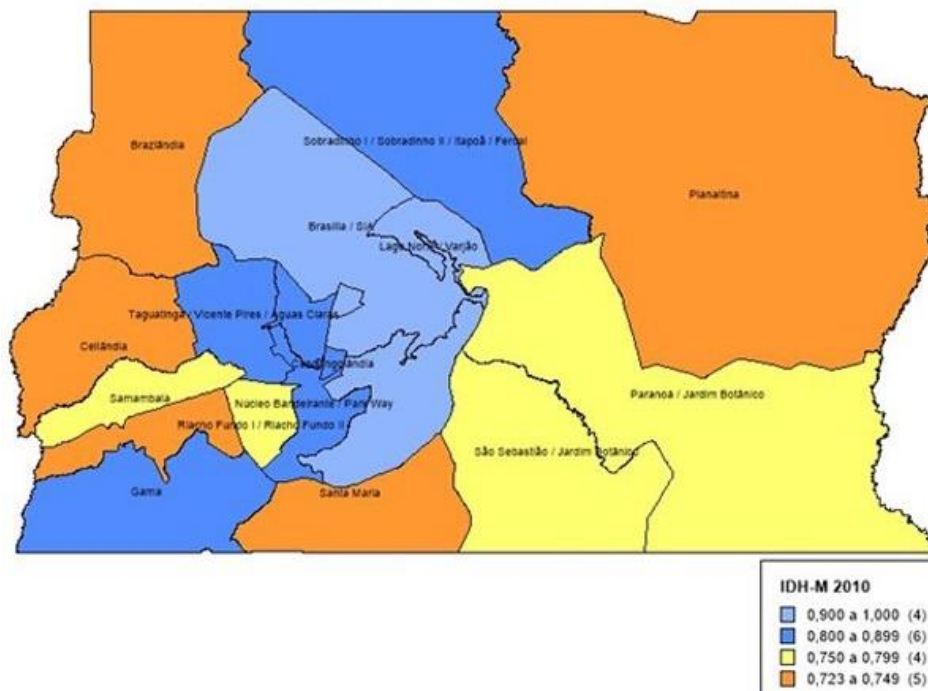
Figura 7 - Distância entre lago sul e ceilândia



Fonte: Google Earth (2018).

Ao observar o mapa socioeconômico do Distrito Federal, podemos comprovar mais uma vez a desigualdade entre as RAs do Plano Piloto, de maior poder aquisitivo e que não utilizam em sua maioria o sistema de transporte público, e as RAs de maior proximidade com o entorno de Goiás, que em sua maioria utiliza o transporte público para ir ao trabalho, caracterizando o movimento pendular.

Figura 8 - Mapa com as classes de idhm no distrito federal



Fonte: Fundação João Pinheiro/Reprodução (2006).

Neste contexto de desigualdade socioeconômica entre as Regiões Administrativas, um grande movimento pendular diário da população e um sistema de transporte público





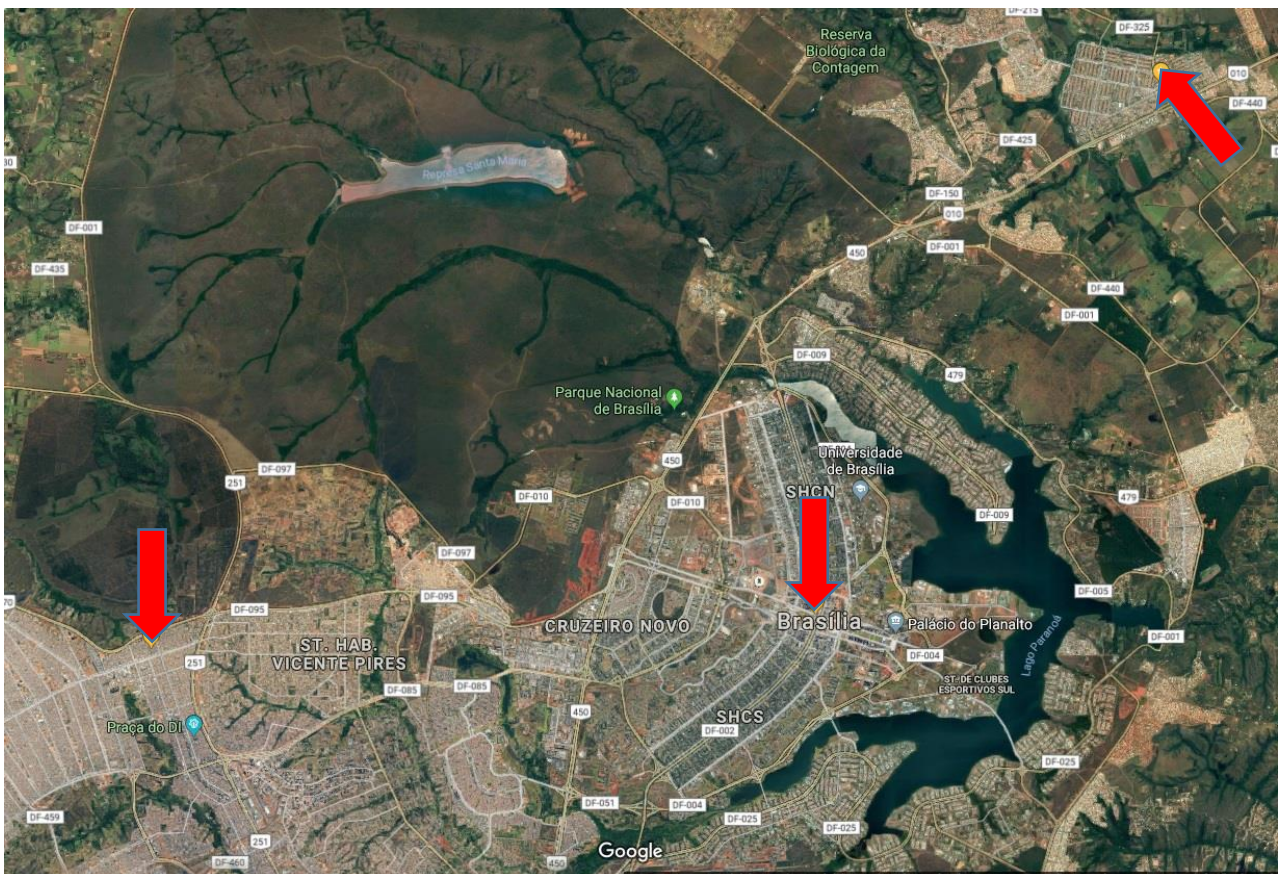
Já para medições nos terminais estratégicos rodoviários, foram considerados os seguintes fatores, localização, ou seja, o ponto mais central de Brasília, a rodoviária do plano piloto, uma cidade na saída norte de Brasília e uma na saída sul.

Além disso, foi observada a influência socioeconômica da RA em relação ao restante do Distrito Federal, uma vez que as cidades selecionadas são referência em comércio, saúde e educação, principalmente entre as RAs de mesma posição geográfica em relação ao plano piloto. E por último, em relação às próprias cidades observadas, os três pontos são centros comerciais históricos, onde, sem dúvidas, estão boa parte dos postos de trabalho da região.

### Segundo Rodrigues (2002)

A cidade se destaca na região que se encontra inserida, por apresentar um centro de atividades privadas e públicas que atende plenamente sua população, bem como os moradores de outras cidades satélites adjacentes.

Figura 11 - Imagem de satélite dos terminais rodoviários estratégicos do DF



Fonte: Google Earth (2018).



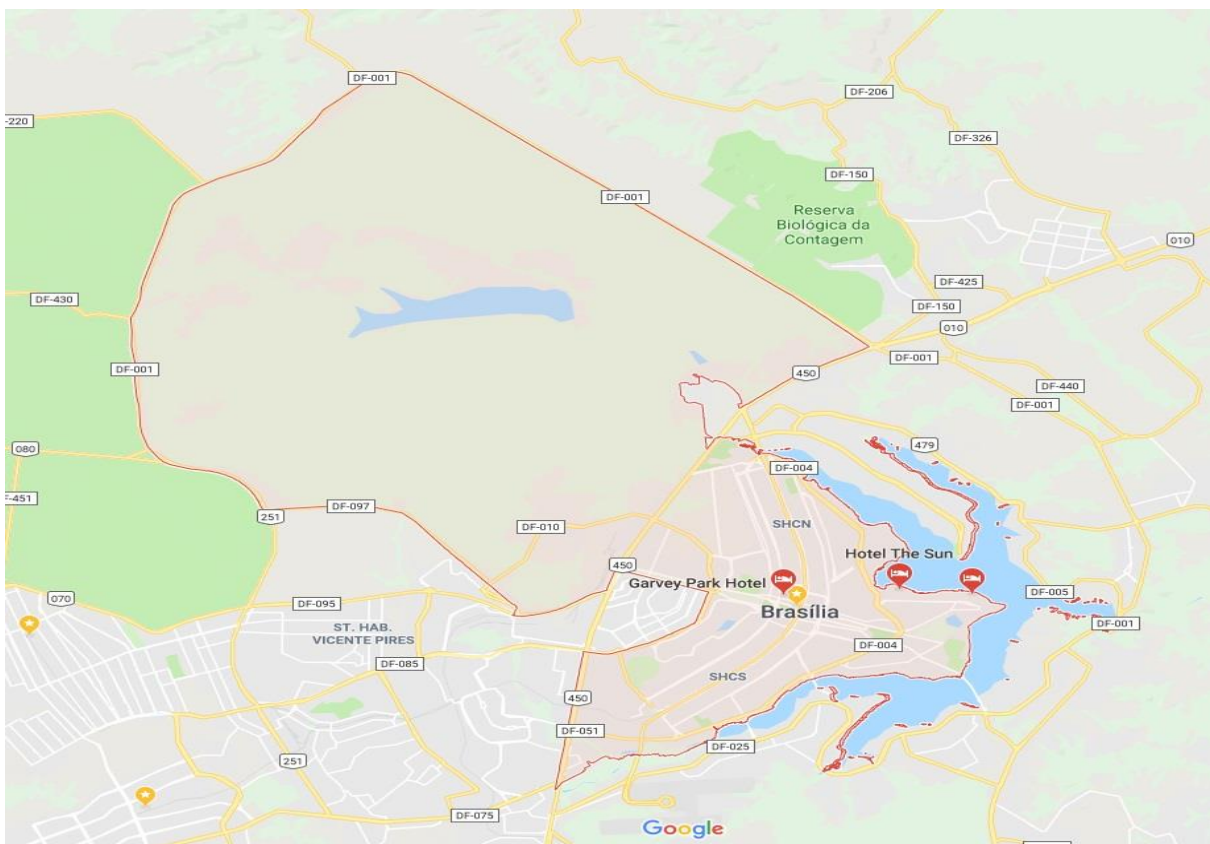
### 3.3 População e amostragem

Para a contextualização socioeconômica e demográfica das Regiões Administrativa nas quais foram realizadas as medições, foram utilizados dados da Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN) de 2016.

#### 3.3.1 Brasília

Fundada em 21 de abril de 1960, atualmente com 57 anos, possui extensão territorial de 472,12 km<sup>2</sup> e sua população supera os 214.500 habitantes. Seu IDH é de 0,928 e renda *per capita* de R\$ 5.569,46. A região administrativa está formada basicamente por parte da área tombada de Brasília (conhecida como Plano Piloto de Brasília) e pelo Parque Nacional de Brasília. É dividida em diferentes setores, como as Asas Sul e Norte, Setor Militar Urbano (SMU), Noroeste, Setor de Indústrias Gráficas (SIG), Granja do Torto, Vila Planalto e Vila Telebrasil.

Figura 12 - Mapa político de Brasília, região administrativa I



Fonte: Google Maps (2018).

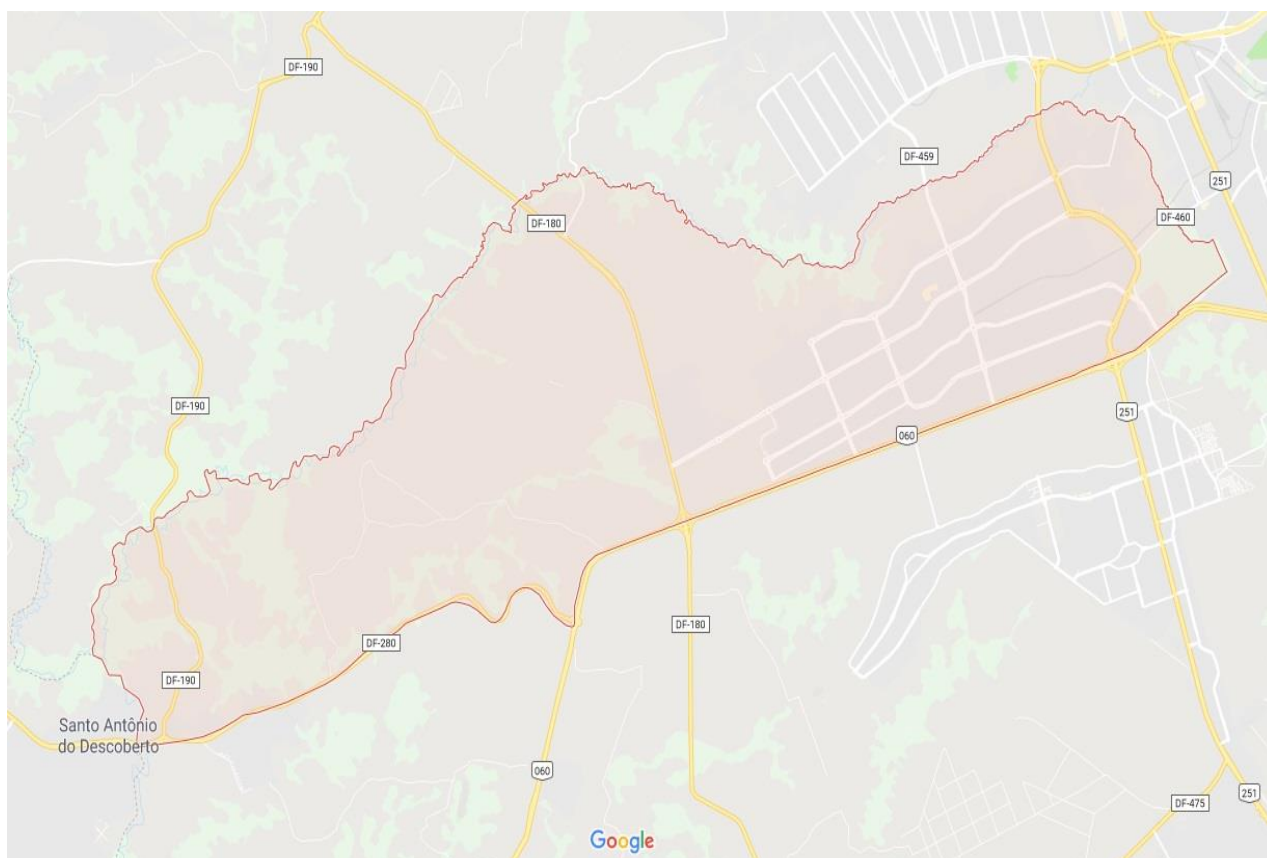


### 3.3.3 Samambaia

Fundada em 25 de outubro de 1989, atualmente com 28 anos, possui extensão territorial de 102,6 km<sup>2</sup> e sua população supera os 193.400 habitantes. Seu IDH é de 0,781 e renda per capita de R\$ 914,61. Anteriormente, Samambaia fazia parte do Núcleo Rural de Taguatinga, posteriormente foi desmembrada e passou a ter administração própria.

Foi uma das primeiras regiões administrativas com planejamento urbano a serem criadas no Distrito Federal e serviu de modelo para a criação de outras regiões administrativas, tais como Riacho Fundo, Recanto das Emas e São Sebastião.

Figura 14 - Mapa político de samambaia, região administrativa XII



Fonte: Google Maps (2018).







### 3.4 Caracterização dos instrumentos de pesquisa

O material particulado de foco do estudo, concentrações de  $MP_{2,5}$ , somente pode ser monitorado continuamente e em ambiente aberto com equipamentos específicos, de difícil acesso ao redor do mundo e, principalmente, no Brasil. Para a pesquisa, foi utilizado o equipamento *DustTrak II*, modelo 8532 (TSI Incorporated), de número de série 8532143814, calibrado no dia, 19 de setembro de 2014.

Os equipamentos de medição modernos possuem um filtro que seleciona o tamanho das partículas que chegam ao detector, neste caso, foi utilizado filtro para partículas finas, de 2,5 micrómetros. No detector, as partículas são quantificadas e os dados são armazenados no equipamento ou enviados automaticamente para uma central de controle. O monitoramento fornece informações importantes para avaliar se os padrões foram excedidos e, com isso, se tenha base para programar ações públicas de curto, médio e longo prazo, Rocha (2009).

Figura 17 - Equipamento de medição de material particulado



Fonte: <http://www.tsi.com/dusttrak-ii-aerosol-monitor-8532/#Accessories> (2018).

### 3.5 Procedimentos de coleta e de análise de dados

Após uma análise minuciosa do mapa geográfico e indicadores socioeconômicos do Distrito Federal, foram priorizados os seguintes corredores logísticos de passageiros: as duas linhas de metrô existentes no distrito federal em suas 3 extremidades, que contemplam desde a Estação Central, junto à rodoviária do Plano Piloto, configurada como marco zero da Capital do país; seguida das estações finais de cada uma das linhas, verde e laranja, nas cidades de Ceilândia e Samambaia, respectivamente, já contextualizadas social-economicamente no capítulo anterior.

O outro corredor logístico estratégico escolhido para o estudo com o eixo sul-norte do distrito federal, passando também pelo ponto de aferição da Rodoviária de Brasília, em sua plataforma inferior, por ser o ponto em que o público em geral fica a maior parte do tempo em contato com as emissões dos ônibus no local. Para os outros dois pontos, das extremidades, foram escolhidas as principais cidades do ponto de vista populacional e de influência econômica e relação ao Distrito Federal.

Para a coleta de dados em si, foram seguidas as especificações da ABNTNBR 9547 de 30 de setembro de 1997, que dispõe sobre material particulado em suspensão no ar ambiente, determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume. A referida norma especifica um método de ensaio para a determinação da concentração de determinado material particulado, ou Partículas Totais em Suspensão (PTS) no ar ambiente, em um período de amostragem determinado, utilizando um Amostrador de Grande Volume (AGV), neste caso, o equipamento DustTrak II, modelo 8532. O processo de medição é não-destrutivo e o tamanho da amostra coletada é geralmente adequado para posterior análise química.

Embasado em tal norma, foram realizadas coletas em 9 pontos pré-definidos, sendo destes, 3 terminais rodoviários, 3 terminais metroviários, 2 em inserção nos modais de transporte urbano de passageiros e 1 ponto de verificação. Totalizando, pelo menos 20 horas de coleta ao redor do Distrito Federal, vide Apêndice A.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após feita a coleta nos moldes do capítulo anterior, foram feitos cruzamentos dos dados dos pontos selecionados para coleta, possibilitando ajudar na comparação entre os modais estudados e a observação e comprovação de fenômenos esperados e descoberta de novas relações, permitindo inferências diversas. Com tais dados e análises, podemos avaliar políticas e tendências tecnológicas para o futuro, como uma maneira de aprimoramento dos meios de transporte coletivo de passageiros no Distrito Federal e no mundo, visando uma diminuição da poluição por material particulado e, conseqüentemente, uma maior eficiência energética e meios de transporte mais sustentáveis.

Tabela 13 - Painel de cumprimento de objetivos

OBJETIVOS	RESULTADOS	PÁGINA
Descrever o material particulado e suas influências	Apresentar a origem, impacto no ar atmosférico, impacto sobre a saúde humana e regulamentação sobre qualidade do ar.	22 - 28
Identificar os modais de transporte coletivo urbano de passageiros existentes no Distrito Federal.	Trata de temas relevantes aos modais estudados, com ênfase na questão ambiental. Desde emissões de cada um até as regulamentações específicas.	28 - 30
Modelar coleta de dados que embase o estudo.	Trata dos detalhes da pesquisa e critérios utilizados para se chegar aos resultados, tipo e descrição geral, o local e contexto, a população observada, fatores que influenciam os resultados, o equipamento utilizado para coleta e o meio de tratamento dos dados coletados.	41 - 55
Comparar os números de poluição por partículas dos modais analisados.	Cruzamentos dos dados dos pontos selecionados para coleta, de possibilitando ajudar na comparação entre os modais estudados e a observação de fenômenos esperados e descoberta de novas relações.	56 - 60
Reconhecer as políticas e tendências tecnológicas de acordo com o resultado obtido.	Recomendações sobre eficiência energética e habito de consumo em transporte. Perspectivas para o futuro do Transporte Coletivo Urbano de Passageiros no DF.	60 - 68

Fonte: Elaboração própria (2018).



## 4.1 Modal rodoviário

Começando pelo modal rodoviário, realizadas as medições nos moldes do capítulo anterior, podemos observar uma significativa diferença entre os números de material particulado na região central do DF e na RA de Taguatinga, que conforme citado, são grandes centros comerciais históricos da cidade. Já a região de Sobradinho, que possui construções mais horizontais e espalhadas pela cidade, com sua localização situada na área de uma antiga zona rural e alguns pontos ainda preservados, possivelmente, somado ao menor fluxo de pessoas, impacta na diminuição da densidade de partículas prejudiciais à saúde humana no ar da região.

Tabela 14 - Resultado de medições em terminais rodoviários

<b>LOCAL:</b>	<b>Hélio Prates (Taguacenter)</b>	<b>Rodoviária de Brasília</b>	<b>Rodoviária Sobradinho</b>
Massa Mínima:	0.000 mg/m <sup>3</sup>	0.056 mg/m <sup>3</sup>	0.065 mg/m <sup>3</sup>
Massa Máxima:	0.337 mg/m <sup>3</sup>	0.234 mg/m <sup>3</sup>	0.228 mg/m <sup>3</sup>
Massa Média:	0.088 mg/m <sup>3</sup>	0.075 mg/m <sup>3</sup>	0.079 mg/m <sup>3</sup>
Desvio Padrão:	0.055 mg/m <sup>3</sup>	0.050 mg/m <sup>3</sup>	0.021 mg/m <sup>3</sup>

Fonte: Elaboração própria (2018).

Outro fator que pode ser inferido da coleta de dados é a grande variação entre a densidade mínima e a máxima medidas. Tal fenômeno comprova ainda mais a queima de combustíveis fósseis como principal agente emissor de tais partículas nos locais estudados, uma vez que as maiores medições eram exatamente nos momentos em que havia a passagem de ônibus movidos a diesel próxima ao aparelho de medição e equipe de coleta, que assim como os usuários que esperavam seu transporte, inalaram concentração, por vezes, 1.130% maior que a recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

## 4.2 Modal ferroviário metropolitano

Em contraponto ao transporte por veículos automotores de combustão interna movidos pela queima de combustíveis fósseis, os Metrô têm como fonte a energia elétrica. No Brasil, onde a principal forma de geração de energia elétrica é por usinas hidroelétricas, uma fonte renovável, o modal se mostra consideravelmente mais sustentável e menos

poluidor do ar atmosférico, fator que nem sempre é verdadeiro e países que possuem outras fontes de geração de energia, como a termoelétrica por queima de carvão.

Tabela 15 - Resultado de medições em terminais metroviários

<b>LOCAL:</b>	<b>Metrô-DF Ceilândia</b>	<b>Metrô-DF Central</b>	<b>Metrô-DF Samambaia</b>
Massa Mínima:	0.064 mg/m <sup>3</sup>	0.070 mg/m <sup>3</sup>	0.060 mg/m <sup>3</sup>
Massa Máxima:	0.167 mg/m <sup>3</sup>	0.116 mg/m <sup>3</sup>	0.081 mg/m <sup>3</sup>
Massa Média:	0.098 mg/m <sup>3</sup>	0.082 mg/m <sup>3</sup>	0.063 mg/m <sup>3</sup>
Desvio Padrão:	0.026 mg/m <sup>3</sup>	0.021 mg/m <sup>3</sup>	0.013 mg/m <sup>3</sup>

Fonte: Elaboração própria (2017).

Dentre os pontos de medição, observamos o terminal de Samambaia com a menor densidade de material particulado, o que pode ser causado pela maior distância entre a estação e as vias de circulação de veículos movidos pela queima de combustíveis fósseis, comprovando mais uma vez a ligação entre tal agente e a quantidade de partículas estudadas em suspensão no ar atmosférico.

### 4.3 Comparativo embarcado em cada modal

Nesta última coleta podemos observar novamente a diferença de concentração das partículas estudadas em cada modal, porém de maneira mais sutil. A pequena diferença na presença do material particulado MP<sub>2,5</sub> ocorre pelo fato de que os gases de escape dos ônibus são direcionados para fora do veículo em sua parte traseira, afetando consideravelmente mais os usuários no momento em que estão aguardando pelo transporte do que de fato quando estão em seus trajetos.

Tabela 16 - Resultado de medição embarcado em cada modal

<b>LOCAL:</b>	<b>Modal Metroviário</b>	<b>Modal Rodoviário</b>
Massa Mínima:	0.064 mg/m <sup>3</sup>	0.064 mg/m <sup>3</sup>
Massa Máxima:	0.093 mg/m <sup>3</sup>	0.111 mg/m <sup>3</sup>
Massa Média:	0.070 mg/m <sup>3</sup>	0.082 mg/m <sup>3</sup>
Desvio Padrão:	0.006 mg/m <sup>3</sup>	0.010 mg/m <sup>3</sup>

Fonte: Elaboração própria (2018).

#### 4.4 Relação com limites regulamentados

Em relação aos limites recomendados e regulamentados pelas organizações específicas ao redor do mundo, Organização Mundial da Saúde; nos Estados Unidos, EPA; na Europa, o Parlamento Europeu; e no Brasil, Conama, Ibama e MMA; podemos observar na tabela abaixo que o nível de material particulado em terminais rodoviários, com grande circulação de veículos de propulsão por queima de combustíveis fósseis é, na maioria dos casos, maior que os limites recomendados em todo o mundo.

Tabela 17 - Comparativo com limites mundiais

	CATEGORIA:	LIMITES (mg/m <sup>3</sup> ):	OMS	EUA	EUR	BRA
			0,025	0,035	0,025	0,060
MEDIÇÕES	TERMINAIS RODOVIÁRIOS	Hélio Prates (Taguacenter)	0.088 mg/m <sup>3</sup>			
		Rodoviária de Brasília	0.075 mg/m <sup>3</sup>			
		Rodoviária Sobradinho	0.079 mg/m <sup>3</sup>			
	TERMINAIS METRÔ-DF	Metrô-DF Ceilândia	0.098 mg/m <sup>3</sup>			
		Metrô-DF Central	0.082 mg/m <sup>3</sup>			
		Metrô-DF Samambaia	0.063 mg/m <sup>3</sup>			
	EMBARCADO	Modal Metroviário	0.070 mg/m <sup>3</sup>			
		Modal Rodoviário	0.082 mg/m <sup>3</sup>			

Fonte: Elaboração própria (2018).

Entretanto, podemos observar que, nas medições do presente trabalho, os terminais ferroviários metropolitanos, mesmo com a influências externas de poluição por partículas, apresentam quase sempre níveis abaixo dos considerados prejudiciais à saúde humana em todo o mundo. No caso da estação de metrô de Ceilândia, único caso em que a quantidade de material particulado excedeu os limites recomendados pela OMS e União Europeia, o fato pode ser justificado pela proximidade com as vias de circulação de veículos automotores propulsados por queima de combustíveis fósseis.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise comparativa dos meios de transporte coletivo urbano de passageiros no DF, podemos afirmar pelo ponto de vista ambiental de emissão de partículas MP<sub>2,5</sub>, que o modal ferroviário metropolitano propulsionado por energia elétrica é menos poluidor no momento da utilização. Além dos dados levantados pelo presente trabalho, poderiam também ter sido citados outros fatores ambientais, como emissão de gases, fumaça visível, poluição sonora por ruídos, índices de acidentes entre tais meios de transporte, entre outros.

Tendo em vista os objetivos em redução de níveis em emissões mundiais, a melhoria da saúde da população urbana e aprimoramento e integração dos modais visando uma diminuição no tempo de deslocamento nos grandes centros urbanos contextualizado à tecnologia atual, certamente, no Brasil e no Distrito Federal, os meios de transporte eletrificado sobre trilhos levam vantagem e ao mesmo tempo ainda precisam ser melhor explorados. Principalmente no local da pesquisa, que mesmo sendo a capital do país, construída de maneira planejada na era contemporânea, possui um sistema de Metrô e integração multimodal deficitária, realidade agravada pela falta de oferta geral do transporte público, grande quantidade de Cidades, Regiões Administrativas, e o movimento pendular típico de grandes centros urbanos no mundo.

Por meio da análise crítica realizada no presente trabalho, se tem a contribuição à sociedade, uma vez que foram caracterizados aspectos do Distrito Federal e a relação com os modais de transporte coletivo urbano de passageiros estudados, aspectos ambientais de suma importância para o mundo, principalmente na busca pela sustentabilidade.

### 5.1 Tendências

Conforme abordado nos capítulos anteriores, o Brasil já faz uso de práticas e tecnologias em conformidade com o resto do mundo. Entretanto, o futuro da propulsão de nossa malha viária ainda não está definido, uma vez que temos inúmeras opções, algumas em fase experimental no país, como exemplo dos veículos elétricos *plug-in*, que necessitam de recarga direto da rede elétrica.

Figura 18 - Veículo elétrico (Renault Zoe, Z.E. - Zero emissão)



Fonte: Elaboração própria (2018).

As tecnologias de carregamento diferem entre os modelos, porém o meio mais rápido atualmente para carga de tais veículos é por meio de totem especiais, que permitem um fluxo de energia mais célere.

Figura 19 - Veículo elétrico em carregamento



Fonte: Elaboração própria (2018).

Ainda falando sobre veículos com propulsão elétrica, podemos citar os carros híbridos, que combinam motores convencionais à combustão interna, por queima de combustíveis fósseis, com motores elétricos. Uma vontade latente do setor da indústria sucroalcooleira,

automotiva e dos próprios Ministério de Minas e Energia e do Meio Ambiente, é o desenvolvimento de veículos híbridos movidos à Etanol, o que seria uma ótima oportunidade para os veículos de transporte coletivo urbano de passageiros, mas para que ocorra, é necessário um grande investimento em pesquisa e desenvolvimento por parte das montadoras e fornecedores de autopeças, o que no cenário atual da economia brasileira não é bem visto pelas matrizes das montadoras com plantas no Brasil, sobretudo pela falta de incentivos fiscais, agravado com o término do Inovar-Auto, regime automotivo encerrado ao final do ano de 2017.

Aliado às novas tecnologias citadas, outra tendência que vem sendo introduzida aos poucos no mercado mundial e inclusive em alguns modelos e recursos no Brasil é o conceito de veículos autônomos e semiautônomos, podendo também ser inserido no conceito de Internet das Coisas (IoT) e conectividade, pode ser um grande agente na diminuição das emissões de poluentes na atmosfera, diminuindo a quantidade de veículos nas vias, aprimorando a eficiência dos meios de transporte e alterando drasticamente no hábito de consumo da população mundial.

## **5.2 Obstáculos**

Dentre os desafios do Brasil no atingimento de um nível de mobilidade sustentável comparável ao de países desenvolvidos levantados por Brasil (2012), uma das barreiras atuais para o aumento do percentual de biodiesel adicionado ao diesel nos veículos do transporte coletivo, além das questões do setor agro produtivo e suas relações de comércio nacionais e internacionais, é a existência de diferentes matérias-primas do biodiesel brasileiro, que podem ser obtidos tanto por gordura animal quanto vegetal, e o impacto de sua mistura em maior quantidade na frota atual, com motores de tecnologia Euro V.

O grande receio das fabricantes de veículos em relação ao aumento da quantidade de biodiesel na mistura é a falta de estabelecimento de padrão de sua composição em todo território nacional e o impacto que tal aumento teria nos componentes eletromecânicos, desde a injeção até a eliminação dos gases, uma vez que, por regulamentação atual do Proconve, os veículos precisam, no caso dos comerciais leves, ser equipados com válvulas EGR, e para caminhões e ônibus o tratamento com ARLA 32. Com a falta de consenso entre as montadoras com planta produtiva e centro de pesquisa e desenvolvimento no país, as tentativas do governo de estabelecer percentuais maiores de mistura de biocombustíveis

fica suspensa até o momento, como exemplo a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituído pela Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, que foi aprovado sem os percentuais de mistura inicialmente proposto.

Quanto ao futuro da eletrificação da malha viária, devem ser destacadas a falta de infraestrutura para seu recebimento de maneira expansiva em médio prazo, começando pela legislação tributária, fator que encarece o valor dos veículos elétricos no país. Não existem modelos de veículos elétricos ou híbridos fabricados atualmente no país, nem definição de política de incentivos para tal atividade em território nacional até o momento. Portanto, pela legislação atual, são incididos PIS/COFINS (13%), ICMS (de 12% a 18%, a depender do Estado), e o IPI, cujo percentual máximo pode chegar a 55%, por não terem uma faixa de tributação específica. Mesmo com a Resolução Camex N° 97/2015, que reduz de 35% para zero a alíquota do Imposto de Importação para carros elétricos e movidos a células de combustível, o modelo mais barato vendido no país chega ao cliente final na casa dos 140 mil reais. Fator que inviabiliza seu uso individual e implementação de um modelo escalável de sistema de transporte público com uso de tais tecnologias.

Seguindo para a infraestrutura de recarga, temos como dificuldade atual para a difusão do uso de veículos elétricos, especialmente os *plug-in*, a impossibilidade legal de revenda de energia elétrica, uma vez que é previsto em lei que as concessionárias e detêm a exclusividade de comercialização da energia da rede elétrica em sua região determinada. Ou seja, os pontos de recarga não podem ser instalados por terceiros os quais cobrariam pela energia proporcional consumida somente para a recarga do usuário final. Exatamente por esse fator, todos os postos existentes até o momento no Brasil são gratuitos para recargas, e podemos observar um movimento das partes interessadas no nicho de mercado, como o exemplo da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), que faz um trabalho ativo no Congresso Nacional para aprimorar a legislação atual, diminuindo os entraves em relação ao setor energético.

Finalmente, deve ser citada a falta de tecnologia de capacidade de armazenamento de carga das baterias dos veículos, tanto híbridos quanto elétricos, impactando negativamente em sua autonomia. Além disso, mesmo com atual uso das baterias de lítio, mais modernas que as antigas de chumbo ácido, ainda se tem uma vida útil relativamente pequena quando comparada com a durabilidade de um veículo à combustão, o que é amenizado pelo baixo custo de manutenção preventiva dos veículos somente elétricos. Ao fim da vida útil das baterias desses veículos, é enfrentado outro problema, que já é realidade em países como Estados Unidos, por exemplo, que tem modelos híbridos com mais de 20 anos de

fabricação, sendo a vida útil declarada pelo fabricante de determinada bateria apenas de 10 anos, o desafio da logística reversa de tais resíduos sólidos, tema sobre o qual também não temos uma legislação e adequada e o fator cultural de ignorância sobre o assunto, certamente agravam a questão.

### **5.3 Recomendações futuras**

No decorrer do trabalho foram observadas algumas sugestões de pesquisas, listadas abaixo.

- Coleta de dados nos moldes da presente pesquisa, porém na região sul de Taguatinga, com o objetivo de verificar diferença entre os corredores viários da Região Administrativa;
- Comparar a eficiência energética dos meios de transporte da região, fator que impacta diretamente na poluição do ar atmosférico, inclusive por material particulado;
- Verificar a eficácia da integração do BRT de Brasília com restante do sistema de transporte público do Distrito Federal;
- Estudo de impactos das novas matrizes energéticas no Distrito Federal.



## REFERÊNCIAS

BURSZTYN, M.; ARAÚJO, C. H. **Da utopia à exclusão: vivendo nas ruas em Brasília**. Labor et Fides, 1997. pp. 26–31

BLOOM, B. S. et al. **Taxonomy of educational objectives**. New York: David McKay, 1956. 262 p. (v. 1);

PIQUET, R. **Indústria e território no Brasil Contemporâneo**. Rio de Janeiro: Garamond, 2007.

LOUREIRO, F. P. **As origens da indústria no Brasil**. Salvador: LCTE, 2008.

CAMPOS, F. A. **O capital internacional no desenvolvimento capitalista brasileiro**. Campinas: UNICAMP, 2009. Disponível em <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/285635>; Acesso em jan. 2018.

CASTRO, N.; EPOSITO, J. R. **Infraestrutura: Perspectivas de Reorganização – subsetor de infraestrutura ferroviária**. IPEA / BNDES, 1998.

WILLIAMSON, S.J. **The Atmosphere (pp. 56-69) in "Fundamentals of Air Pollution"**. Addison Wesley Publishing Co., Reading; Addison-Wesley; 1973. 472 p.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia e meio ambiente no Brasil**. Estudos avançados, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

**Transporte & Desenvolvimento: TRANSPORTE METROFERROVIÁRIO DE PASSAGEIROS**. Brasília: CNT, 2016. Disponível em [http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/2016%20CNT%20Pesquisa%20Metroferrovi%C3%A1ria%20\(web\).pdf](http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/2016%20CNT%20Pesquisa%20Metroferrovi%C3%A1ria%20(web).pdf); Acesso em jan. 2018.

KÜNZLI, N; PEREZ, L; RAPP. R. **Air quality and health**. Lausanne: European Respiratory Society, 2010.

World Health Organization. **Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide**. Copenhagen: World Health Organization; 2005.

- OLIVEIRA, L. **Nova Enciclopédia Larousse**. Lisboa: Círculo de Leitores, 1997
- BERGER, M. GOSTIAUX, B. **Differential geometry: manifolds, curves, and surfaces**, Springer, 1988
- ALVES, C. **Aerossóis atmosféricos: perspectiva histórica, fontes, processos químicos de formação e composição orgânica**. Química nova, v. 28, n. 5, p. 859, 2005.
- GONÇALVES, R. **Novo Desenvolvimentismo e Liberalismo Enraizado**. São Paulo, 2008.
- TINOCO, J. E. P; KRAEMER, M. E. P. **Contabilidade e gestão ambiental**. São Paulo: Atlas, 2004.
- ANTONIUS, P A J. **A exploração dos recursos naturais face à sustentabilidade e gestão ambiental: uma reflexão teórico-conceitual**. Belém - PA, 1999.
- BAIRD, C. **Química Ambiental, 2ª ed.**, Bookman, Porto Alegre, 2002.
- BRASSEUR, G.P., ORLANDO, J.J., TYNDALL, G.S. **Atmospheric Chemistry and Global Change**, Oxford University Press, New York, 1999.
- SEINFELD, J. H. e PANDIS, S. N. **Atmospheric Chemistry and Physics: from air pollution to climate change**, John Wiley & Sons, New York, 1998.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social, 6ª ed.** São Paulo: Atlas, 2011.
- DUVERGER, M. **Método de las ciências sociales**. Barcelona: Ariel, 1962.
- CABRAL, C. Z. **Avaliação da qualidade do ar em sala de emergência pediátrica em um hospital de Porto Alegre - RS**, 2015.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **User's Guide to CAL3QHC Version 0: a modeling methodology for predicting pollutant concentrations near roadway intersections**. EPA-454/R-92-006, U.S. EPA: Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, North Carolina, 1995. 115p.
- ROCHA, J. C. ROSA , A. H. CARDOSO, A. A. **Introdução à química ambiental.2ª edição**. Porto Alegre

NOBRE, C. A. **Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país**. Parcerias estratégicas, v. 6, n. 12, p. 239-258, 2010.

TEODÓSIO, A. S. S.; BARBIERI, J. C.; CSILLAG, J. M. **Sustentabilidade e Competitividade: novas fronteiras a partir da gestão ambiental**. Revista Gerenciais, v. 5, p. 37-49, 2006.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO/313 **Use of the air quality guidelines in protecting public health: a global update**, 2006.

SPOSITO, M. E. B. **Capitalismo e urbanização**.1988.

**National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)**. Disponível em <http://www.epa.gov/air/criteria.html>. Acesso em jan. 2018.

MMA. **Resolução Conama nº 5 de, 15 de junho de 1989**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res89/res0589.html>. Acesso em jan. 2018.

MMA. **Resolução Conama nº 3, de 28 de junho de 1990**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>. Acesso em jan. 2018.

**Diretiva 2004/107/CE**. Disponível em <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:023:0003:0016:PT:PDF>. Acesso em jan. 2018.

RODRIGUES, E. C. **POLÍTICA PÚBLICA DE TRANSPORTE METROVIÁRIO COMO FATOR DE IMPACTO NO MERCADO IMOBILIÁRIO E NA ARRECADAÇÃO DE IMPOSTOS**. In: 17º PANAM - Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito, Transporte e Logística, 2012, Santiago, Chile. PANAM 2012 - Santiago, Chile. Santiago, Chile: PANAM 2012 - Universidade dos Andes - Chile, 2012. v. 1. p. 114-126;

COSTA, P. H. S.; TEIXEIRA, L. M. A.; PINHEIRO, J. C.; ARRUDA, F. S.; BRASIL, A. M. **Environmental benefits from CO2 reduction due to modal replacement: a light rail vehicle case study in Brasilia City**. *Transportation Research Procedia*, v. 18C, p. 122-126, 2016.

MOTTA, R. A.; SILVA, P. C. M.; BRASIL, A. M. **Desafios da Mobilidade Sustentável no Brasil**. Revista dos Transportes Públicos, v. 131, p. 25-48, 2012.

SANTANA, E. et al. **Padrões de qualidade do ar: experiência comparada Brasil, EUA e União Europeia**-- São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012.

<http://www.cetesb.sp.gov.br/>

<http://www.epa.gov/air/>

<http://www.abema.org.br/> (Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente)

Prefeitura de Belo Horizonte (2014)

<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/noticia.do?evento=portlet&pAc=not&idConteudo=160490&pIdPlc=&app=salanoticias>

# APÊNDICES

## Apêndice A – Compilado de fotos das coletas de dados



### Apêndice B – Tabulação de dados da coleta

<b>LOCAL:</b>	<b>Metrô-DF Ceilândia</b>	<b>Hélio Prates (Norte&gt;Sul)</b>	<b>Hélio Prates (Sul&gt;Norte)</b>	<b>Metrô-DF Samambaia</b>	<b>Metrô-DF Central</b>	<b>Rodoviária de Brasília</b>	<b>Rodoviária Sobradinho</b>	<b>Modal Metroviário</b>	<b>Modal Rodoviário</b>
Massa Mínima:	0.064 mg/m <sup>3</sup>	0.000 mg/m <sup>3</sup>	0.000 mg/m <sup>3</sup>	0.060 mg/m <sup>3</sup>	0.070 mg/m <sup>3</sup>	0.056 mg/m <sup>3</sup>	0.065 mg/m <sup>3</sup>	0.064 mg/m <sup>3</sup>	0.064 mg/m <sup>3</sup>
Massa Máxima:	0.167 mg/m <sup>3</sup>	0.337 mg/m <sup>3</sup>	0.131 mg/m <sup>3</sup>	0.081 mg/m <sup>3</sup>	0.116 mg/m <sup>3</sup>	0.234 mg/m <sup>3</sup>	0.228 mg/m <sup>3</sup>	0.093 mg/m <sup>3</sup>	0.111 mg/m <sup>3</sup>
Massa Média:	0.098 mg/m <sup>3</sup>	0.088 mg/m <sup>3</sup>	0.078 mg/m <sup>3</sup>	0.063 mg/m <sup>3</sup>	0.082 mg/m <sup>3</sup>	0.075 mg/m <sup>3</sup>	0.079 mg/m <sup>3</sup>	0.070 mg/m <sup>3</sup>	0.082 mg/m <sup>3</sup>
Desvio Padrão:	0.026 mg/m <sup>3</sup>	0.055 mg/m <sup>3</sup>	0.033 mg/m <sup>3</sup>	0.013 mg/m <sup>3</sup>	0.021 mg/m <sup>3</sup>	0.050 mg/m <sup>3</sup>	0.021 mg/m <sup>3</sup>	0.006 mg/m <sup>3</sup>	0.010 mg/m <sup>3</sup>

