

VII ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI

DIREITO E SUSTENTABILIDADE I

ELCIO NACUR REZENDE

JERÔNIMO SIQUEIRA TYBUSCH

JOSE MOISES RIBEIRO

**LUÍS FERNANDO PIMENTEL DE OLIVEIRA VASCONCELOS
ABREU**

Todos os direitos reservados e protegidos. Nenhuma parte destes anais poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados sem prévia autorização dos editores.

Diretoria - CONPEDI

Presidente - Profa. Dra. Samyra Haydêe Dal Farra Naspolini - FMU - São Paulo

Diretor Executivo - Prof. Dr. Orides Mezzaroba - UFSC - Santa Catarina

Vice-presidente Norte - Prof. Dr. Jean Carlos Dias - Cesupa - Pará

Vice-presidente Centro-Oeste - Prof. Dr. José Querino Tavares Neto - UFG - Goiás

Vice-presidente Sul - Prof. Dr. Leonel Severo Rocha - Unisinos - Rio Grande do Sul

Vice-presidente Sudeste - Profa. Dra. Rosângela Lunardelli Cavallazzi - UFRJ/PUCRio - Rio de Janeiro

Vice-presidente Nordeste - Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa - UNICAP - Pernambuco

Representante Discente: Prof. Dr. Abner da Silva Jaques - UPM/UNIGRAN - Mato Grosso do Sul

Conselho Fiscal:

Prof. Dr. José Filomeno de Moraes Filho - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Caio Augusto Souza Lara - SKEMA/ESDHC/UFMG - Minas Gerais

Prof. Dr. Valter Moura do Carmo - UFERSA - Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Fernando Passos - UNIARA - São Paulo

Prof. Dr. Edinilson Donisete Machado - UNIVEM/UENP - São Paulo

Secretarias

Relações Institucionais:

Prof. Dra. Claudia Maria Barbosa - PUCPR - Paraná

Prof. Dr. Heron José de Santana Gordilho - UFBA - Bahia

Profa. Dra. Daniela Marques de Moraes - UNB - Distrito Federal

Comunicação:

Prof. Dr. Robison Tramontina - UNOESC - Santa Catarina

Prof. Dr. Liton Lanes Pilau Sobrinho - UPF/Univali - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Lucas Gonçalves da Silva - UFS - Sergipe

Relações Internacionais para o Continente Americano:

Prof. Dr. Jerônimo Siqueira Tybusch - UFSM - Rio Grande do sul

Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa Ramos - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Felipe Chiarello de Souza Pinto - UPM - São Paulo

Relações Internacionais para os demais Continentes:

Profa. Dra. Gina Vidal Marcílio Pompeu - UNIFOR - Ceará

Profa. Dra. Sandra Regina Martini - UNIRITTER / UFRGS - Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Maria Claudia da Silva Antunes de Souza - UNIVALI - Santa Catarina

Eventos:

Prof. Dr. Yuri Nathan da Costa Lannes - FDF - São Paulo

Profa. Dra. Norma Sueli Padilha - UFSC - Santa Catarina

Prof. Dr. Juraci Mourão Lopes Filho - UNICHRISTUS - Ceará

Membro Nato - Presidência anterior Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa - UNICAP - Pernambuco

D597

Direito e sustentabilidade I [Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI

Coordenadores: Elcio Nacur Rezende; Jerônimo Siqueira Tybusch; Jose Moises Ribeiro; Luís Fernando Pimentel de Oliveira Vasconcelos Abreu – Florianópolis: CONPEDI, 2024.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-5648-949-0

Modo de acesso: www.conpedi.org.br em publicações

Tema: A pesquisa jurídica na perspectiva da transdisciplinaridade

1. Direito – Estudo e ensino (Pós-graduação) – Encontros Nacionais. 2. Direito. 3. Sustentabilidade. VII Encontro Virtual do CONPEDI (1: 2024 : Florianópolis, Brasil).

CDU: 34



VII ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI

DIREITO E SUSTENTABILIDADE I

Apresentação

Esta publicação reúne os artigos aprovados no Grupo de Trabalho intitulado Direito e Sustentabilidade I, do VII Encontro Virtual do CONPEDI - Conselho Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Direito, realizado entre 24 e 28 de junho de 2024, tendo como tema A pesquisa jurídica na perspectiva da transdisciplinaridade.

O grupo foi coordenado pelos Professores Doutores Elcio Nacur Rezende, da Escola Superior Dom Helder Câmara e Faculdade Milton Campos, Jerônimo Siqueira Tybusch, da Universidade Federal de Santa Maria, José Moisés Ribeiro, da Faculdade de Direito de Franca, e Luís Vasconcelos Abreu, do Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa. Instituto Universitário de Lisboa.

Portanto, a coordenação do Grupo de Trabalho e a redação desta apresentação foi incumbência de todos os docentes acima indicados, os quais, honrosamente, fazem parte ou colaboram com o CONPEDI e buscam em suas pesquisas e no seu ensino aprofundar o conhecimento sobre a Ciência Jurídica e a temática da Sustentabilidade, na esperança da conscientização da importância de vivermos em uma sociedade melhor.

É indiscutível a qualidade dos artigos apresentados, bastante problematizadores e com pistas de reflexão para o futuro, fruto das pesquisas realizadas por Mestrandos, Mestres, Doutorandos e Doutores dos diversos Programas de Pós-graduação e Doutorado em Direito de dezenas instituições de ensino brasileiras.

Nos textos, estimado(a) leitor(a), você encontrará trabalhos que representam um conhecimento aprofundado sobre Direito e Sustentabilidade, nas suas interrelações, abrangendo também outras áreas do conhecimento, como o Ambiente, as Políticas Públicas, a Educação, o Trabalho, o Patrimônio Cultural, entre outras.

Os autores dos artigos, por ordem alfabética do primeiro nome, foram: Adelaide Pereira Reis, Bruna Paula da Costa Ribeiro, Carlos Antônio Sari Júnior, Deisimar Aparecida Cruz, Edemise Andrade da Silva, Emerson Affonso da Costa Moura, Eyder Caio Gal, Fernanda Cristina Verediano, Fernanda Henrique Cupertino Alcântara, Franciele Lippel Laubenstein, Gabriela Rolim Veiga, Geandre Oliveira da Silveira, Isadora Raddatz Tonetto, Jamir Calili Ribeiro, Jerônimo Siqueira Tybusch, José Cláudio Junqueira Ribeiro, Josemar Sidinei

Soares, Juliana Santiago da Silva, Liane Francisca Hüning Pazinato, Lisandra Carla Dalla Vechia Trombetta, Lyssandro Norton Siqueira, Marcos Délli Ribeiro Rodrigues, Maria Cláudia da Silva Antunes de Souza, Maristella Rossi Tomazeli, Meirilane Gonçalves Velho, Natália Cerezer Weber, Natália Ribeiro Linhares, Raquel Helena Ferraz e Silva, Renato Zanolli Montefusco, Roberta Silva dos Santos, Rodrigo Portão Puzine Gonçalves, Rogerio Borba, Rosana Ribeiro Felisberto, Simara Aparecida Ribeiro Januário, e Talisson de Sousa Lopes.

Fica registrado o enorme prazer dos coordenadores do grupo de trabalho em apresentar este documento que, certamente, contém significativa contribuição para a Ciência Jurídica e para a temática da Sustentabilidade.

EMISSÃO DE CO₂ NO TRANSPORTE PÚBLICO E COMPENSAÇÃO POR PLANTIO DE ÁRVORES: O CASO DE BELO HORIZONTE/MG

CO₂ EMISSION IN PUBLIC TRANSPORT AND COMPENSATION FOR TREE PLANTING: THE CASE OF BELO HORIZONTE/MG

**Talisson de Sousa Lopes
José Claudio Junqueira Ribeiro**

Resumo

No Brasil há muita discussão sobre sistemas de transporte público. A oferta de transporte, mobilidade urbana, custos e condições para os usuários são temas recorrentes nas pesquisas sobre diversos modais de transporte. Além disso, os aspectos ambientais também devem ser abordados quando se fala em transporte urbano, pois este está associado à geração de emissões atmosféricas danosas à saúde pública (partículas e gases) e às mudanças climáticas pelo potencial estufa do dióxido de Carbono (CO₂). Este trabalho tem como objetivo apresentar o potencial de neutralização das emissões de CO₂ provenientes de transporte público urbano municipal por meio de plantio de árvores. O estudo de caso foi feito para cinco linhas de ônibus coletivos na cidade de Belo Horizonte/MG. A metodologia utilizada foi a hipotética dedutiva, a partir de bibliografia especializada e levantamento de dados da frota de transporte público do município. Os resultados indicam que para neutralizar as emissões de CO₂ de veículos automotores a diesel seria necessário o plantio de milhares de árvores, com sua manutenção por ao menos vinte anos. Assim, além de políticas públicas que incentivem o transporte público, urge avançar para modais com tecnologias mais limpas como metrô e trens elétricos urbanos, desestimulando o uso de combustíveis fósseis e de veículos individuais, com restrições de vias, priorizando pedestres, ciclovias, etc., com vistas a reduzir as emissões de poluentes lançados na atmosfera das grandes cidades e contribuir para a mitigação do aquecimento global e mudanças climáticas.

Palavras-chave: Transporte, Emissão CO₂, Mudanças climáticas, Poluentes atmosféricos, Políticas públicas

Abstract/Resumen/Résumé

There is a lot of discussion about public transport systems in Brazil. The supply of transport, urban mobility, costs and conditions for users are recurring themes in research into various modes of transport. In addition, environmental aspects must also be addressed when talking about urban transport, as it is associated with the generation of atmospheric emissions that are harmful to public health (particles and gases) and climate change due to the greenhouse potential of carbon dioxide (CO₂). The aim of this work is to present the potential for neutralizing CO₂ emissions from municipal public transport by planting trees. The case study was carried out for five public bus lines in the city of Belo Horizonte/MG. The methodology

used was hypothetical deductive, based on specialized bibliography and a survey of data from the city's public transport fleet. The results indicate that in order to neutralize CO₂ emissions from diesel vehicles, it would be necessary to plant thousands of trees and maintain them for at least twenty years. Therefore, in addition to public policies that encourage public transport, there is an urgent need to move towards modes with cleaner technologies such as subways and urban electric trains, discouraging the use of fossil fuels and individual vehicles, with road restrictions, prioritizing pedestrians, cycle paths, etc., with a view to reducing the emissions of pollutants released into the atmosphere of large cities and contributing to the mitigation of global warming and climate change.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Transport, Co₂ emissions, Climate change, Atmospheric pollutants, Public policies

1 INTRODUÇÃO

Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, é uma cidade que respira história, cultura e desenvolvimento. Fundada em 1897, sua arquitetura marcada pelo estilo neoclássico e moderno reflete uma fusão única entre tradição e inovação. Conhecida como a "Cidade Jardim" pelas largas avenidas e ruas arborizadas, Belo Horizonte, além do Parque Municipal implantado quando da sua fundação, possui atualmente dezenas de outros parques, implantados ao longo do tempo, confirmando-se como cidade vergel.

Além da beleza natural, Belo Horizonte é toponímia da paisagem que se estende ao sopé da Serra do Curral, a cidade é um importante polo econômico e cultural da região sudeste do Brasil. Sua economia diversificada abrange principalmente os setores do comércio, serviços, tecnologia e turismo, abrigando também uma rica cena cultural, com teatros, museus, galerias de arte e uma vibrante vida noturna, que atraem tanto moradores quanto visitantes de todo o país.

Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais, possui uma população estimada em 2,3 milhões de habitantes, centro de uma região metropolitana formada por mais 34 (trinta e quatro) municípios, sendo muitos conurbados com a malha urbana da capital, abrigando uma população de cerca de 5,9 milhões de habitantes. Esta região é uma das mais populosas do Brasil e desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico e social do Estado de Minas Gerais.

No entanto, como muitas metrópoles ao redor do mundo, enfrenta desafios significativos relacionados à qualidade do ar. O aumento da urbanização, o crescimento da frota de veículos e as atividades industriais metropolitanas são alguns dos fatores que contribuem para a degradação da qualidade do ar na região.

Um dos principais problemas enfrentados por Belo Horizonte é a poluição atmosférica causada pela emissão de gases veiculares e industriais. A frota de veículos na cidade cresceu consideravelmente nas últimas décadas, resultando em níveis alarmantes de poluentes como dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), material particulado (PM) e Ozônio (O₃). Estes poluentes não apenas prejudicam a saúde humana, causando problemas respiratórios e cardiovasculares, mas também contribuem para o aquecimento global e as mudanças climáticas.

De uma frota total de cerca de 2,5 milhões veículos automotores (IBGE 2022), Belo Horizonte dispõe de uma frota do transporte coletivo de 2.484 veículos, cuja idade média é de aproximadamente sete anos, todos com acessibilidade a Pessoas com Necessidades Especiais

(PNE), contando com elevadores ou embarque em nível, e cerca de 70% da frota já possuem ar condicionado (PBH, 2023). Além das questões viárias que impactam a mobilidade pelo elevado número de veículos automotores na capital mineira, engarrafamentos, acidentes, etc., o segmento meio ambiente, notadamente os impactos na qualidade do ar também devem ser considerados.

O transporte de pessoas e de mercadorias sempre esteve associado à geração de alguma forma de poluição, seja atmosférica, sonora ou pela intrusão visual nos centros urbanos, independentemente do modo predominante.

Na era do transporte motorizado e carbonizado, o nível de organização e controle das atividades de transporte público está relacionado à poluição das ruas e à circulação de veículos grandes e antigos – quanto maior o número desses veículos no trânsito urbano, maior a percepção da poluição nos municípios. Os veículos a diesel, de um modo geral emitem mais gases (CO₂, NOX, SO₂) e material particulado do que outros veículos, sendo a fumaça preta (partículas dissolvidas em gases), o poluente mais visível nos ambientes urbanos.

Assim, o sistema de transporte público coletivo de ônibus em Belo Horizonte, fortemente baseado em veículos a diesel, ao desempenhar um papel importante na mobilidade de um grande número de pessoas, entre as quais a população de classe média e baixa como principais usuários, também se apresenta como uma das principais fontes poluidoras do ar na cidade.

Este trabalho tem como objetivo focar nas emissões de CO₂ (dióxido de Carbono), principal Gás de Efeito Estufa (GEE), do sistema de transporte coletivo de Belo Horizonte e o potencial de neutralização dessas emissões pela arborização urbana.

2 TRANSPORTE COLETIVO PÚBLICO MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE

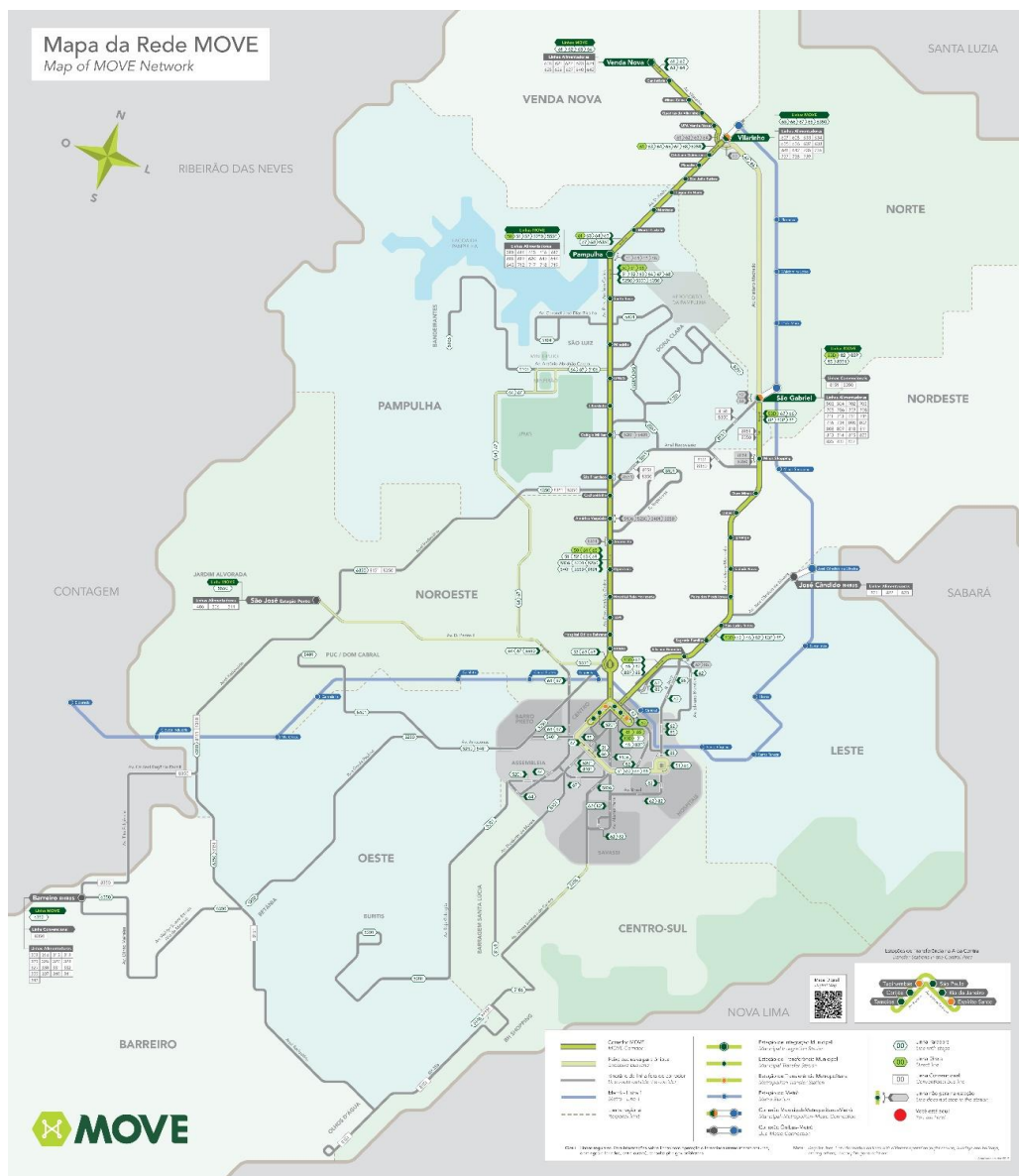
O transporte público municipal de Belo Horizonte é um sistema integrado que desempenha a espinha dorsal na mobilidade urbana da capital mineira. Com dois modais serviços oferecidos (ônibus e trem urbano) o sistema proporciona aos moradores as únicas opções para seus deslocamentos diários coletivos.

Os ônibus são a base do sistema de transporte público de Belo Horizonte. Operando em uma extensa rede de rotas, eles atendem praticamente todos os bairros da cidade e arredores metropolitanos. Existem diferentes tipos de linhas de ônibus, que incluem os convencionais, vias alimentadoras, troncais e diretas além dos serviços circulares, vilas e favelas e o sistema MOVE (Figura 1), cada um atendendo a diferentes demandas de

deslocamento e necessidades dos passageiros. A organização dos ônibus de Belo Horizonte é complementada por terminais de integração, onde os passageiros podem trocar de linhas sem custo adicional por meio da bilhetagem eletrônica (BHBUS), facilitando as transferências entre diferentes rotas.

O Metrô de Belo Horizonte é o segundo principal sistema de transporte público da capital mineira, contribuindo significativamente para a mobilidade urbana da cidade. Composto por uma única linha ativa, o metrô conecta os bairros do vetor norte da cidade ao centro e a região industrial e Contagem (Município metropolitano), oferecendo uma opção rápida, eficiente e segura de transporte para os passageiros.

Figura 1: Mapa do sistema MOVE em Belo Horizonte/MG



Fonte: PBH (2019).

A Linha 1 do Metrô de Belo Horizonte (Figura 2), também conhecida como única ativa, foi inaugurada em 1986 se estendendo por aproximadamente 28 quilômetros, ligando a Estação Vilarinho, no bairro de Venda Nova, à Estação Eldorado, localizada em Contagem, na região metropolitana de Belo Horizonte, contando com 19 estações ao longo de seu percurso, incluindo importantes pontos de interesse, como o Minas Shopping, Central, Lagoinha (Acesso ao terminal rodoviário da capital) e estações de integração como São Gabriel e Vilarinho.

Figura 2: Mapa do sistema metroviário em Belo Horizonte/MG



Fonte: METROBH (2023).

Apesar dos benefícios proporcionados pelo Metrô de Belo Horizonte, o sistema enfrenta desafios como a necessidade de expansão da rede para atender a novas áreas da cidade e a melhoria da integração com outros modais de transporte.

3 POLÍTICAS PÚBLICAS E OS PROBLEMAS AMBIENTAIS NO TRÂNSITO URBANO

O crescente número de veículos em nosso dia a dia tem gerado discussões sobre os problemas ambientais causados pelos meios de transporte e também levado a um repensar do transporte urbano. As vias urbanas e metropolitanas não acomodam mais um grande número de carros, caminhões, ônibus, motocicletas, etc. Incentivar transporte público, utilizar combustíveis menos poluentes, catalisadores mais eficientes, veículos elétricos, etc., são algumas das alternativas em discussão em todo o mundo para reduzir a poluição ambiental. É necessária uma política urbana nacional que aborde as questões de mobilidade. As políticas públicas desempenham um papel importante na promoção da educação ambiental da população e no incentivo à utilização de transportes públicos ou de transportes alternativos como a bicicleta, patins ou caminhada (Mattei et.al, 2011).

As políticas públicas devem decorrer da aplicação dos instrumentos da Política Nacional de Mobilidade Urbana. A partir da promulgação da lei federal Lei nº 12.857, de 3 de janeiro de 2012, que instituiu as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, foi estabelecida a obrigatoriedade para todos os municípios brasileiros com mais de vinte mil habitantes a elaborar um Plano de Mobilidade Urbana – PMU. O plano deve considerar a dinâmica e tendência do desenvolvimento urbano e obedecer a uma sequência lógica de atividades que respeitem princípios técnicos e de participação social e também de sustentabilidade da mobilidade urbana (Ferreira, 2015).

A Política Nacional de Mobilidade Urbana (2012) cita em um dos seus princípios através do Plano de Mobilidade Urbana:

- Desenvolver os meios não motorizados de transporte, passando a valorizar a bicicleta como um meio de transporte importante, integrando-a com os modos de transporte coletivo;
- Priorizar o transporte público coletivo no sistema viário, racionalizando os sistemas, ampliando sua participação na distribuição das viagens e reduzindo seus custos, bem como desestimular o uso do transporte individual;
- Promover a integração dos diversos modos de transporte;

- Reduzir os impactos ambientais da mobilidade urbana, uma vez que toda viagem motorizada que usa combustível, produz poluição sonora, atmosférica e resíduos.

Antes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, o governo federal já havia lançado o Programa de Controle da Poluição Atmosférica por Veículos Automotores (PROCONVE) em 1986 para reduzir as emissões de poluentes de veículos automotores colocados no mercado nacional. Desde 1993, os limites máximos de emissão foram gradualmente estabelecidos e as emissões unitárias de vários poluentes provenientes dos veículos motorizados diminuíram mais de 90% (Carvalho, 2011).

Mais de uma década após o lançamento efetivo do programa de controle de emissões de automóveis e veículos automotores, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) estabeleceu limites de emissão para motocicletas: o Programa de Controle da Poluição do Ar por Motocicletas e Veículos Similares (PROMOT). As emissões dos veículos do ciclo diesel também são limitadas pelas regulamentações do Conama (Carvalho, 2011).

O Proálcool foi um marco importante nos esforços do país para reduzir as emissões de carbono, chumbo e óxido de enxofre, principalmente apesar de ter sido criado no contexto da substituição da gasolina devido à crise do petróleo ocorrida na década de 1970. A política de redução de emissões é a utilização de misturas diesel/biodiesel, atualmente variando de 5% de biodiesel a 95% de diesel mineral. Os testes mostram resultados importantes na redução das emissões de monóxido de carbono e das principais emissões de partículas, apesar de um ligeiro aumento nas emissões de óxido de nitrogênio (NTU, 2008).

Essas melhorias são particularmente importantes para os sistemas de trânsito urbano. Por funcionarem frequentemente em ruas e avenidas que servem como corredores de transporte, essas áreas apresentam concentrações muito elevadas de fumaça preta (material particulado), causando degradação e desvalorização dos imóveis adjacentes. A redução da fumaça preta reduz significativamente a pressão social e política sobre as operações de transporte (Carvalho, 2011).

A introdução do gás natural para veículos na matriz energética dos transportes também é um componente político importante na redução de poluentes locais e globais. Estima-se que os veículos movidos a gasolina emitam cerca de 20% mais de dióxido de carbono na atmosfera, com um aumento correspondente nas emissões locais de poluentes (Carvalho, 2011).

Uma medida importante para controlar as emissões de poluentes é a manutenção regular dos veículos automotores. O artigo 104 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB),

aprovado em 1997, prevê a obrigatoriedade de fiscalização dos veículos em circulação e deixa a cargo da Comissão Nacional de Transportes (Contran) e do Conama a determinação da forma e periodicidade dessa medida (Carvalho, 2011).

Todavia, a inspeção veicular prevista no Código de Trânsito Brasileiro (CTB) não vingou no país, sendo objeto de várias ações de inconstitucionalidade.

Investimentos em infraestrutura para transporte coletivo, como a construção de corredores exclusivos para ônibus, expansão de linhas de metrô e incentivos fiscais para empresas de transporte público, têm sido fundamentais para tornar essas opções mais acessíveis e atraentes para a população.

As políticas públicas para mitigar os problemas ambientais no trânsito urbano devem ser complementadas por iniciativas de conscientização e educação ambiental. Campanhas educativas sobre os impactos negativos do uso excessivo de veículos particulares, os benefícios da mobilidade sustentável e a importância da preservação do meio ambiente são essenciais para promover uma mudança de comportamento e criar uma cultura de transporte mais sustentável.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

As empresas de transporte têm à sua disposição uma gama de diferentes modais de transportes possíveis pelos quais transportam pessoas e mercadorias.

Do ponto de vista ambiental, a operação de transporte é a que merece maior destaque dentro da cadeia de passageiros e suprimentos por ser a maior emissora de gases poluentes, nesse contexto, torna-se necessária a utilização de indicadores de desempenho que mensurem quanto impactantes tais atividades estão sendo para o meio ambiente (Santana: Oiko, 2019).

No entanto, a matriz de transportes brasileira apresenta problemas estruturais relevantes, devido à falta de um planejamento integrado de desenvolvimento de seu sistema de transportes, que comprometem o desenvolvimento econômico e social do país, e, como consequências dessas lacunas, os desequilíbrios na matriz de transporte. Desigualdades entre regiões e barreiras para circulação de bens e pessoas comprometem a qualidade dos serviços prestados. Esses problemas estruturais tornam o modal rodoviário o mais utilizado, acarretando impactos econômicos e ambientais negativos (Plaza et al., 2020).

Nessa linha, uma série de iniciativas para calcular as emissões de poluentes no transporte automotor foram desenvolvidos. A escolha do método para avaliar as emissões de GEE como CO₂ é uma etapa importante para o desenvolvimento de práticas de gestão das

frotas de transporte de cargas e passageiros, com objetivo de mitigar o impacto do mesmo no aquecimento global. Entretanto, devido à grande variedade de métodos existentes, a escolha do método que deve ser usado pode causar confusão nos gestores (Auvinen et al., 2011).

Vários métodos para cálculo da emissão de CO₂ produzidos no transporte automotivo estão disponíveis na literatura: (1) Modal Shift ONU (UNFCCC, 2010); (2) Top-down (IPCC, 2006); (3) Bottom-up (IPCC, 2006); (4) NTM (NTENT, 2005); (5) Global Logistics Emission Council (GLEC, 2016); (6) US Environmental Protection Agency (EPA, 2005); (7) European Environmental Agency (EEA, 2014); (8) Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA, 2015) e (9) European norm EN 16258 (European Standards, 2012).

Para este estudo foi selecionado o método Bottom-up que é complementar ao método Top-down. Ele pode ser feito quando se tem dados locais detalhados e confiáveis sobre a tecnologia de motorização utilizada, qualidade do combustível, consumo, quilometragem, fatores de emissão levantados em laboratórios locais, estado de manutenção da frota etc., para cada subgrupo de veículos com características similares. A grande vantagem do método Bottom-up é que ele permite que sejam estudados diversos outros gases, além do CO₂ (IPCC, 2014).

Além disso, uma vez que não existem fatores de emissão levantados localmente, a estimativa das emissões de GEE da frota diesel de ônibus em circulação no Brasil deve ser feita preferencialmente a partir dos fatores de emissão de CO₂ para veículos pesados europeus com autonomia/consumo assumido de 0,299 l/km ou 29,9 l/100km, uma vez que a tecnologia de motorização utilizada no Brasil se assemelha mais a dos veículos que circulam na Europa do que a dos veículos norte-americanos (Alvares Jr.: Linke, 2001).

Os dados para o cálculo das emissões de CO₂ foram levantados e coletados por intermédio das informações da empresa que gerencia todo o planejamento e execução das políticas de mobilidade e trânsito da cidade de Belo Horizonte (BHTrans). Foram estimadas as emissões de CO₂ de duas montadoras de carrocerias de ônibus e quatro modelos de motorização (Tabela 1) em cinco linhas municipais (Tabela 2).

Tabela 1: Ficha técnicas da motorização dos modelos escolhidos para análise da emissão de CO₂

MOTOR	MB OM926LA	MB OM366LA	Scania 310K	MB O500 MA2836
ANO DE FABRICAÇÃO	2013 em diante	1999 – 2004	2012 em diante	2012 em diante
EMIÇÃO DE GASES	Euro 5	Euro 2	Euro 5	Euro 5
POTENCIA	238cv	211cv	310cv	354cv
PBT (t)	Até 17	Até 18	Até 29	Até 28
TANQUE (l)	300	300	-----	-----
EIXOS	4x2	4x2	6x2 Articulado	6x2 Articulado

Fonte: Mercedes Benz e Scania Brasil (2024).

Tabela 2: Linhas municipais de Belo Horizonte escolhidas para pesquisa sobre as emissões de CO₂

Linha	Trecho	Valor por viagem completa em Km	Quantidade de viagens disponibilizadas nos dias úteis por semana*
9250	Caetano Furquim/Nova Cintra via Savassi	58,56	470
S50	Caiçara/Nova Vista via UFMG	55,02	125
6350	Estação Vilarinho/Estação Barreiro Via Anel Rodoviário	59,02	475
5201	Dona Clara/Buritis	46,60	470
8106	Santa Cruz/BH Shopping	69,02	450

*Foram computadas a quantidade de viagens somadas de segunda a sexta-feira, considerando os 5 dias úteis de uma semana.

Fonte: Os autores (2024).

Segundo Alvares Jr. e Linke (2001) para os veículos pesados a diesel, o fator de emissão é de 770 g de CO₂ por km rodado. Assim, para o cálculo para as emissões de CO₂ de uma frota, tem-se:

$$CO2_{Total} = n \text{ Km rodados por frota } X 770g$$

Obs: os valores obtidos na fórmula acima em (g) serão transformados em (t) para melhor análise dos dados.

Para obtenção da quantidade de viagens por mês, foi considerado apenas os dias úteis, de segunda a sexta-feira (sem contar feriados municipais ou federais) através do seguinte cálculo:

$$\text{Quantidade de viagens por mês} = \text{Valor de cada viagem completa em km} \times \text{Quantidade de viagens disponibilizadas nos dias úteis por semana} \times 4^*$$

*Cada mês foi considerado com 4 semanas (5 dias úteis cada), por isso, o cálculo final x 4.

Após as operações para o cálculo da quantidade estimada de tonelada de CO₂ por linha de ônibus, será apresentada a estimativa da quantidade de árvores necessárias para a neutralização do carbono emitido pelos veículos. Este processo ocorre por meio da fotossíntese que retira CO₂ da atmosfera, fixando o carbono retirado do meio ambiente na biomassa da planta.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Florestas (2020), a cada sete árvores, em média, é possível sequestrar uma tonelada de carbono nos seus primeiros 20 (vinte) anos de idade. Com base nesta média, pode ser estimada a quantidade de árvores que serão necessárias para neutralizar as emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE).

A partir da quilometragem percorrida mensalmente será apresentado o cálculo final com as estimativas de emissão de CO₂, por linha de ônibus, e a quantidade necessária de árvores para compensar o carbono lançado na atmosfera.

5 AFERIÇÃO DAS EMISSÕES DE CO₂

O sequestro de carbono pelas árvores, através da fotossíntese, é um processo natural para a mitigação das emissões de CO₂ por veículos automotores, desempenhando uma importante ação na sustentabilidade ambiental e na luta contra as mudanças climáticas. Esse fenômeno refere-se à capacidade das árvores e outras plantas de absorver dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera durante a fotossíntese e armazenar o carbono em sua biomassa e no solo.

As árvores são consideradas "sumidouros" naturais de carbono, pois retiram o CO₂ do ar e o utilizam para o seu crescimento e desenvolvimento. Esse processo ao reduzir a

quantidade de CO₂ na atmosfera contribui para minimizar o aquecimento global e consequentemente as mudanças climáticas.

Quando se trata do contexto das emissões veiculares, o sequestro de carbono pelas árvores atua na redução da pegada de carbono dos veículos. Os veículos automotores emitem uma variedade de gases de efeito estufa, incluindo CO₂, óxidos de nitrogênio (NOX) e hidrocarbonetos (HC), que são prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. No entanto, ao plantar e manter áreas arborizadas, em áreas urbanas, pode-se aproveitar os benefícios do sequestro de carbono para ajudar a compensar essas emissões.

Além de absorver CO₂, as árvores também desempenham uma atribuição vital na redução da temperatura urbana, fornecendo sombra e evapotranspiração, o que ajuda a resfriar o ambiente local. Isso pode ser especialmente importante em áreas urbanas densamente povoadas, onde o calor exacerbado pelo efeito das ilhas de calor pode aumentar a demanda por energia para refrigeração, levando a mais emissões de gases de efeito estufa.

As cinco linhas municipais de Belo Horizonte (Tabela 2) utilizadas neste estudo, foram escolhidas devido a sua extensa rota e por abordar três tipos diferentes de préstimo. A linha S50 é um serviço suplementar, atuando em ônibus de menor capacidade para complementar as linhas convencionais. São itinerários ligando bairro a bairro sem passar pela área central do município.

As linhas 6350 e 5201 são da rede de transporte do MOVE (veículos BRT) sendo parte integrante dos sistemas de transporte de passageiros por ônibus municipal de Belo Horizonte. Consiste em uma rede de corredores exclusivos e estações de transferência ao longo das avenidas Antônio Carlos, Cristiano Machado, Paraná, Santos Dumont, Vilarinho e Pedro I. Estas linhas também fazem a integração com estações nas regionais administrativas Nordeste, Pampulha e Venda Nova, em Belo Horizonte. As linhas citadas ligam bairro a bairro não necessariamente passando pela área central, mas utilizam os corredores expressos e possuem grande demanda de passageiros.

As linhas 9250 e 8106 pertencem ao sistema convencional de transporte onde estão os itinerários que unem um bairro a outro, dentro de uma mesma localidade ou entre regiões distintas, passando por importantes vias, pelas quais também é possível alcançar outros destinos, normalmente com itinerários que percorrem locais de interesse para a comunidade, como estabelecimentos de ensino, centros de saúde, comércio, lazer e cultura, polos geradores de trabalho, dentre outros (PBH, 2023).

O serviço suplementar S50 faz o trecho entre os bairros Caiçara/Nova Vista via Universidade Federal de Minas Gerais em 25 viagens diárias em cada dia útil. Cada viagem

completa percorre uma distância aproximada de 55,02 km. Utilizando o cálculo de emissão de CO₂, temos os seguintes resultados na tabela 3.

Tabela 3: Resultados de emissão de CO₂ da linha municipal S50

Linha	Km Rodado/Mês*	Emissão CO ₂ (t)**	Plantio de Árvore (un)***
S50	27.510	21,18	149

*Para o cálculo, um mês foi considerado com 4 semanas, ou seja, 20 dias úteis.

** Para cada km rodado emissão de 770g.

*** Para cada t/CO₂ uma árvore plantada.

Fonte: Os autores (2024).

Os dados fornecidos sobre a Linha S50 apontam uma média de 27.510 km rodados por mês, que conforme a metodologia apresentada no item 4, é estimada uma emissão de 21,18 toneladas de CO₂/mês. Isso ilustra o impacto significativo do transporte urbano nas emissões de gases de efeito estufa. Essa quantidade representa não apenas uma preocupação ambiental, mas também um desafio urgente para a mitigação das mudanças climáticas. Na tentativa de compensação por meio do plantio de árvores, seriam necessárias 149 unidades mantidas por 20 (vinte anos), ao longo da cidade, para compensar essas emissões de CO₂.

O serviço MOVE 6350 faz o trecho entre a Estação Vilarinho/Estação Barreiro Via Anel Rodoviário com 95 viagens diárias em cada dia útil. Cada viagem completa percorre uma distância aproximada de 59 km. Utilizando o cálculo de emissão de CO₂, temos os seguintes resultados na tabela 4.

Tabela 4: Resultados de emissão de CO₂ da linha municipal 6350

Linha	Km Rodado/Mês*	Emissão CO ₂ (t)**	Plantio de Árvore (un) ***
6350	112.100	86,32	605

*Para o cálculo, um mês foi considerado com 4 semanas, ou seja, 20 dias úteis.

** Para cada km rodado emissão de 770g.

*** Para cada t/CO₂ uma árvore plantada.

Fonte: Os autores (2024).

O tráfego urbano é uma das principais fontes de emissões de dióxido de carbono (CO₂), contribuindo significativamente para as mudanças climáticas e a deterioração da qualidade do ar. Os dados fornecidos para a Linha 6350 revelam números expressivos: uma média de 112.100 km rodados por mês resultando em uma emissão de 86,32 toneladas de

CO2. Ao mesmo tempo, na tentativa de compensação seriam necessárias, o plantio de 605 árvores por mês e sua manutenção por 20 (vinte anos).

A relevância das emissões de CO2 pela Linha 6350 é alarmante e indica uma indispensabilidade urgente de ações para mitigar os impactos ambientais associados ao transporte urbano. Com mais de 86 toneladas de CO2 emitidas por mês, essa linha deixa uma pegada ambiental considerável, contribuindo diretamente para o aquecimento global e a degradação do meio ambiente.

O serviço MOVE 5201 faz o trecho entre os bairros Dona Clara e Buritis com 94 viagens diárias em cada dia útil. Cada viagem completa percorre uma distância aproximada de 46 km. Utilizando o cálculo de emissão de CO2, temos os seguintes resultados na tabela 5.

Tabela 5: Resultados de emissão de CO2 da linha municipal 5201

Linha	Km Rodado/Mês*	Emissão CO2 (t)**	Plantio de Árvore (un) ***
5201	86.480	66,59	466

*Para o cálculo, um mês foi considerado com 4 semanas, ou seja, 20 dias úteis.

** Para cada km rodado emissão de 770g.

*** Para cada t/CO2 uma árvore plantada.

Fonte: Os autores (2024).

A análise dos dados relativos à Linha 5201 revela os impactos ambientais associados ao tráfego urbano e aos esforços de compensação através do plantio de árvores. A rota percorre em média 86.480 quilômetros por mês e emite 66.59 toneladas de (CO2), deixando uma pegada ambiental considerável. No entanto, para compensar estas emissões seriam necessárias 466 novas árvores plantadas e mantidas por 20 anos. As emissões de CO2 da Linha 5201 destacam, também, a urgência de ações para mitigar o impacto ambiental do transporte urbano.

O serviço convencional da linha 9250 faz o trecho entre os bairros Caetano Furquim/Nova Cintra via Savassi com 94 viagens diárias em cada dia útil. Cada viagem completa percorre uma distância aproximada de 58,56 km. Utilizando o cálculo de emissão de CO2, temos os seguintes resultados na tabela 6.

Tabela 6: Resultados de emissão de CO2 da linha municipal 9250

Linha	Km Rodado/Mês*	Emissão CO2 (t)**	Plantio de Árvore (un)***
9250	110.092	84,77	594

*Para o cálculo, um mês foi considerado com 4 semanas, ou seja, 20 dias úteis.

** Para cada km rodado emissão de 770g.

*** Para cada t/CO2 uma árvore plantada.

Fonte: Os autores (2024).

Com uma média de 110.092 km rodados por mês e uma emissão de 84,77 toneladas de dióxido de carbono (CO2), essa linha evidencia a significativa contribuição das atividades de transporte para as emissões de gases de efeito estufa. Por outro lado, o plantio de 594 árvores/mês e mantidas por 20 (vinte) anos seria uma medida positiva adotada para compensar as emissões de CO2 associadas à Linha 9250.

O serviço convencional 8106 faz o trecho entre os bairros Santa Cruz e o BH Shopping em 45 viagens diárias em cada dia útil. Cada viagem completa percorre uma distância aproximada de 69 km. Utilizando o cálculo de emissão de CO2, temos os seguintes resultados na tabela 7.

Tabela 7: Resultados de emissão de CO2 da linha municipal 8106

Linha	Km Rodado/Mês*	Emissão CO2 (t)**	Plantio de Árvore (Qtd)***
8106	62.100	47,82	335

*Para o cálculo, um mês foi considerado com 4 semanas, ou seja, 20 dias úteis.

** Para cada km rodado emissão de 770g.

*** Para cada t/CO2 uma árvore plantada.

Fonte: Os autores (2024).

A linha 8106 constatou uma média de 62.100 km rodados por mês e a emissão de 47,82 toneladas de dióxido de carbono (CO2), perfazendo uma necessidade de plantio de 335 árvores e sua manutenção por 20 (vinte) anos, para que nas estimativas dos autores citados houvesse uma compensação das emissões de CO2 emitidas.

Assim, para as 5 (cinco) linhas consideradas neste estudo, os 392.282 km percorridos mensais, com estimativa de 307 toneladas de CO2/mês, demandaria o plantio de cerca de 2.150 árvores por mês. Isso significa uma atividade de plantio de cerca de 25.800 árvores

anuais com manutenção para seu desenvolvimento, por pelo menos por 20 (vinte) anos, para compensar as emissões de CO₂ dos veículos automotores dessas linhas.

As informações das emissões dos veículos estudados e a capacidade de compensação das árvores ressalta a necessidade de uma abordagem mais abrangente e integrada para lidar com os problemas ambientais associados ao tráfego urbano. Além do plantio de árvores, é fundamental investir em políticas públicas que promovam o uso de transporte público, modos de transporte alternativos e tecnologias mais limpas lembrando que, essas ações podem ser alcançadas por meio da adoção de veículos elétricos, híbridos e de baixa emissão, bem como da implementação de medidas de gestão de tráfego e planejamento urbano sustentável.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os humanos sempre precisam se movimentar para realizar as tarefas diárias. O tempo passa, a distância e as necessidades de transporte aumentam. Nas cidades, os ônibus são o principal meio de transporte utilizado pelas pessoas e, portanto, devem ser administrados de forma satisfatória.

O setor de transportes é responsável por parcela significativa das emissões globais de CO₂. Portanto, para combater as mudanças climáticas é fundamental desenvolver sistemas de mobilidade urbana mais amigáveis ambientalmente, devendo ser uma prioridade de política pública, especialmente num momento em que os países discutem a necessidade de redução das emissões globais de Gases de Efeito Estufa (GEE) dos quais o dióxido de carbono (CO₂) é o que mais contribui para o aquecimento global.

Os veículos a diesel requerem políticas específicas para reduzir a poluição atmosférica, uma vez que apresentam fatores de emissão mais elevados de CO₂, NO_x e SO₂, sendo responsáveis pelas principais fontes de poluição nas grandes cidades onde ainda são utilizados, como é o caso de Belo Horizonte e na maior parte das cidades brasileiras.

As soluções mais apontadas têm sido o transporte coletivo elétrico, tipo metrô, bondinhos (*train*), desestimulando veículos movidos a combustível fóssil. Para desestimular o uso de veículos individuais, restrição de tráfego com implantação de ruas de pedestres, calçadas com estreitamento de vias, ciclovias, etc.

Medidas intermediárias incentivam frotas mais novas, com tecnologia mais limpas, gás natural ou biodiesel e inspeções veiculares para controle das emissões dentro dos padrões legais vigentes podem levar a melhores resultados nesta área.

Ressalta-se a importância de investimento em sistemas de monitoramento da qualidade do ar para avaliar continuamente os níveis de concentração dos poluentes e identificar áreas de Atenção, Alerta e Emergência, conforme previstas na norma legal, para as medidas necessárias. Com dados precisos e em tempo real, as autoridades podem implementar medidas corretivas de forma eficaz e informar o público sobre os riscos à saúde associados à poluição do ar.

As políticas públicas para minimizar os problemas ambientais no transporte urbano têm se limitado ao controle das emissões dos veículos, à mistura de biocombustíveis com combustíveis fósseis para reduzir seu potencial poluidor. Estas são medidas importantes, mas devido ao rápido aumento da frota de veículos automotores nos centros urbanos, já não apresentam a eficácia desejada.

Por isso, medidas mais severas são sempre necessárias nos grandes centros urbanos, como pedágios, restrições rotativas ao uso de transporte individual, proibição de estacionamento ou acesso em determinadas áreas, etc. Mas existe algum consenso de que melhorar o transporte público e torná-lo mais acessível deve ser um objetivo permanente para compensar o crescimento do transporte pessoal e o aumento da poluição veicular, bem como melhorar a infraestrutura para viagens não motorizadas. Somente assim as cidades brasileiras poderão se tornar mais limpas, mais habitáveis e mais agradáveis

O governo municipal, juntamente com as autoridades de outras esferas, deveria implementar políticas e regulamentações mais rigorosas para controlar as emissões de poluentes. Isso pode incluir a adoção de normas de emissão mais rígidas para veículos automotores, incentivos para a utilização de meios de transporte mais sustentáveis, como o transporte público elétrico, recuperação, ampliação e modernização do uso de trens e metrô, frotas mais novas que emitem menor quantidade de poluentes, inspeção veicular, incentivos fiscais para veículos menos poluentes, elétricos, etanol e híbridos, ruas de pedestres, ciclovias e a promoção de fontes de energia limpa e renovável.

Finalmente, mas não menos importante, campanhas educativas devem ser realizadas para informar os cidadãos sobre os impactos da poluição atmosférica na saúde e no meio ambiente, incentivando práticas mais sustentáveis e a redução do uso de veículos particulares, utilizando a conscientização pública para esta finalidade. Claro que, para a educação ambiental na sociedade ser concretizada, os agentes públicos devem ser exemplos em gestão promovendo reais mudanças no sistema de transporte para que os cidadãos sintam confiantes em trocar o conforto do deslocamento particular e migrarem para um sistema coletivo responsável, limpo e eficiente.

REFERENCIAS

ALVARES JR., O. M.; LINKE, R. R. A. **Metodologia simplificada de cálculo das emissões de gases do efeito estufa de frotas de veículos no Brasil**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.11, n.2, p. 13-20, 2001.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS (NTU). **Anuário da NTU 2007/2008**. Brasília, 2008.

AUVINEN, H. et al. COFRET D2.1 **existing methods and tools for calculation of carbon footprint of transport and logistics**. [S. l.: s. n.], 2011.

BRASIL. **Política Nacional de Mobilidade Urbana**. Brasília, DF: Presidência da República, [2012]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm Acessado em 12 mar. 2024.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. **Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros**. IPEA, 2011. Disponível em <<http://www.ipea.gov.br/portal/>> acessado em 20 mar. 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Oficina Nacional: transporte e mudança climática**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/Paginas/index.aspx>> acessado em 18 mar. 2024.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

EUROPEAN STANDARDS. EN 16258 - **Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services** (freight and passengers). Pilsen: European Standars, 2012.

FERREIRA, Mauro. **Políticas públicas de mobilidade urbana** / Mauro Ferreira – Franca: UNESP-FCHS Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Análise de Políticas Públicas, 2015.

IBF, Instituto Brasileiro de Florestas. **Compensação de CO2 com Plantio de Florestas**. 2020. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/compensacao-de-co2> Acesso em 30 mar. 2024.

IPCC. Climate Change 2014: **Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2014. Disponível em: <http://ar5-syr.ipcc.ch/>. Acessado em 01 mar. 2024.

LACERDA, Jarbas Moreira Freires. **Transporte Público de Passageiros por Ônibus**. In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 09.,2008, Recife. Anais... João Pessoa: UFPB, 2008. Artigos, p. 000-007. CD-Rom, On-line. Disponível em https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/cart_sig/064.pdf Acessado em 08 mar. 2024.

MATTEI, J. F., AMORIM, L. L. da S., & LIEDKE, M. S. (2011). **Trânsito Urbano: O Limiar Do Caos? Políticas De Gestão E Mobilidade Urbana**. *Revista Da Faculdade De Direito Da UERJ - RFD*, (19). <https://doi.org/10.12957/rfd.2011.1728>

METROBH, Concessão do serviço de transporte metroviário de Belo Horizonte. **Mapa do metro BH**. Grupo Comporte, 01 de agosto de 2023. Disponível em: https://www.metrobh.com.br/wp-content/uploads/2023/08/Mapa_MetroBH.pdf Acessado em 27 mar. 2024.

PBH, Prefeitura de Belo Horizonte. **Prefeitura de BH entrega novos ônibus do transporte coletivo da capital**. Prefeitura de Belo Horizonte, 19 de outubro de 2023. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/prefeitura-de-bh-entrega-novos-onibus-do-transporte-coletivo-da-capital#:~:text=At%C3%A9%20o%20final%20do%20ano,6%20anos%20e%209%20meses> Acessado em 29 de mar. 2024.

_____. **Mapa do Sistema MOVE**. Prefeitura de Belo Horizonte, 16 de dezembro de 2019. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/bhtrans/informacoes/transportes/onibus/rede-de-transporte/MOVE/mapas-do-sistema> Acessado em 27 mar. 2024.

PLAZA, C. V. et al. **Economic and environmental location of logistics integration centers: the Brazilian soybean transportation case**. *TOP* 28, p. 749–77, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11750-020-00566-x>

PROCONVE, **Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores**. Resolução Conama 433, de 13 de julho de 2011. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=114761> Acessado em 29 mar. 2024.

SANTANA, M.; OIKO, O. T. **Pegada de Carbono: Em busca de definição e método para uma Logística Verde**. *GEPROS: Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, v. 14, n. 4, p. 197 - 214, 2019. DOI: <http://sx.doi.org/10.15675/gepros.v14i4.2334>.