

**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM BELO HORIZONTE: ESTRATÉGIA  
PARA MITIGAR GASES POLUENTES EMITIDOS PELO TRANSPORTE  
TERRESTRE E PROMOVER A QUALIDADE ATMOSFÉRICA URBANA**

*SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN BELO HORIZONTE: STRATEGY TO MITIGATE  
POLLUTING GASES EMITTED BY LAND TRANSPORT AND PROMOTE URBAN  
ATMOSPHERIC QUALITY*

**PRISCYLLA PAVLOWA SENNA**  
UFMG

**DIEGO AUGUSTUS SENNA**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**WELLINGTON LOPES ASSIS**  
UFMG

**VICTOR MOURTHE VALADARES**  
UFMG

**Comunicação:**

O XII SINGEP foi realizado em conjunto com a 12th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) e com o Casablanca Climate Leadership Forum (CCLF 2024), em formato híbrido, com sede presencial na ESCA Ecole de Management, no Marrocos.

## **DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM BELO HORIZONTE: ESTRATÉGIA PARA MITIGAR GASES POLUENTES EMITIDOS PELO TRANSPORTE TERRESTRE E PROMOVER A QUALIDADE ATMOSFÉRICA URBANA**

### **Objetivo do estudo**

Objetivou-se avaliar como a frota de veículos poluidores está relacionada à perda da qualidade atmosférica em Belo Horizonte (BH), além de investigar e quantificar como a troca da matriz energética do transporte público poderia auxiliar na melhoria das condições de vida.

### **Relevância/originalidade**

A metodologia desenvolvida para simular a redução de poluentes é inovadora e poderia ser aplicada em outros cenários. Além disso, a visão explorada na proposição das linhas de metrô é relevante do ponto de vista da gestão de projetos para BH.

### **Metodologia/abordagem**

A partir de bases de dados e documentos fornecidos pela FEAM, foram realizadas análises estatísticas sobre veículos poluidores em BH. Por meio de proposta sustentável para expansão do metrô, movido por energia renovável e limpa, simulou-se a redução da emissão de poluentes.

### **Principais resultados**

Os resultados indicaram que as novas rotas delineadas para o metrô, caso efetivamente utilizadas pela população, poderiam exercer impacto positivo na mitigação da poluição atmosférica, visto a troca de matriz energética e a diminuição do uso de automóveis individuais.

### **Contribuições teóricas/metodológicas**

O encadeamento metodológico proposto poderia ser aplicado para desenvolver outros estudos de caso, contribuindo para a realização de novas pesquisas, projetos e ações com foco em sustentabilidade ambiental e transição energética do transporte público.

### **Contribuições sociais/para a gestão**

O trabalho destaca a importância da gestão para a mobilidade urbana eficiente, que pode ser alcançada por meio de projetos de ampliação e aprimoramento de transportes visando, sempre, à matriz energética sustentável. A diminuição da poluição atmosférica garante bem-estar ambiental e social.

**Palavras-chave:** Poluição atmosférica, Sustentabilidade, Transporte terrestre, Metrô, Belo Horizonte

*SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN BELO HORIZONTE: STRATEGY TO MITIGATE POLLUTING GASES EMITTED BY LAND TRANSPORT AND PROMOTE URBAN ATMOSPHERIC QUALITY*

**Study purpose**

The purpose was to evaluate how the fleet of polluting vehicles is related to the loss of atmospheric quality in Belo Horizonte (BH), in addition to investigating and quantifying how changing the energy matrix of public transport could help improve living conditions.

**Relevance / originality**

The methodology developed to simulate the reduction of pollutants is innovative and could be applied in other scenarios. Furthermore, the vision explored in the proposal for the metro lines is relevant from the point of view of BH's project management.

**Methodology / approach**

Using databases and documents provided by FEAM, statistical analyses were carried out on polluting vehicles in BH. Through a sustainable proposal for expanding the metro, powered by renewable and clean energy, a reduction in pollutant emissions was simulated.

**Main results**

The results indicated that the new routes outlined for the subway, if effectively used by the population, could have a positive impact on mitigating air pollution, given the change in the energy matrix and the reduction in the use of individual cars.

**Theoretical / methodological contributions**

The proposed methodological chain could be applied to develop other case studies, contributing to the development of new research, projects, and actions focused on environmental sustainability and energy transition in public transport.

**Social / management contributions**

The work highlights the importance of management for efficient urban mobility, which can be achieved through transport expansion and improvement projects, always aiming for a sustainable energy matrix. Reducing atmospheric pollution guarantees environmental and social well-being.

**Keywords:** Atmospheric pollution, Sustainability, Land transportation, Subway, Belo Horizonte

## **DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM BELO HORIZONTE: ESTRATÉGIA PARA MITIGAR GASES POLUENTES EMITIDOS PELO TRANSPORTE TERRESTRE E PROMOVER A QUALIDADE ATMOSFÉRICA URBANA**

### **1 Introdução**

A atmosfera atual é resultante de um longo processo natural, e formou-se há 600 milhões de anos, quando mudanças evolutivas foram capazes de originar seres fotossintetizantes, e o ambiente foi propício para o desenvolvimento da respiração aeróbia. A intensificação de atividades humanas à base de combustíveis fósseis nas sociedades que vieram se industrializando nos últimos 150 anos foi responsável pelo aumento de concentrações de gases poluentes em níveis preocupantes (Jardim, 2001; Odum, 1988; Galembeck & Costa, 2016).

O avanço da tecnologia e da industrialização são fundamentais para promover e garantir desenvolvimento e comodidade potencialmente difundidos nas sociedades humanas no processo de globalização. Porém, tal avanço também está associado a impactos ambientais, como poluição do ar, do solo e das águas, aumento do consumo energético e esgotamento de recursos não renováveis. A preocupação acerca do tema da poluição atmosférica envolve, também, questões de saúde pública global. Conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 7 milhões de óbitos anuais estão relacionados à contaminação por gases poluentes (Organização Pan-Americana de Saúde, 2021).

A partir de observações dos impactos negativos causados pela poluição atmosférica no ecossistema, o intuito da pesquisa foi analisar o setor de transportes como uma das fontes das emissões, de modo a avaliar a possível redução da liberação de gases poluentes por meio da diminuição da frota de veículos movidos por combustíveis fósseis. Três objetivos foram delineados: i) compreender como os gases poluentes representam riscos globais e como é realizado o controle das emissões, no Brasil e em Belo Horizonte (BH); ii) comparar concentrações de gases poluentes para delinear diferenças entre regiões da cidade; e iii) determinar novos percursos de linhas de metrô de matriz energética renovável e limpa como estratégia para mitigação de emissões atmosféricas e melhoria da qualidade de vida urbana.

### **2 Referencial teórico**

Nesta seção, foram abordados temas sobre gases poluentes e suas complicações na saúde pública, conferências globais acerca das maiores preocupações ambientais e legislações nacionais e municipais, principalmente no contexto de emissões atmosféricas e de transporte.

#### **2.1 Gases poluentes e saúde pública**

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), os gases poluentes em maiores concentrações na atmosfera são o material particulado (PM), o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), o monóxido de carbono (CO), o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e o gás ozônio (O<sub>3</sub>). As emissões derivam, dentre outros fatores, da queima de combustíveis fósseis, o que comprova que a liberação de poluentes na atmosfera está altamente relacionada aos meios de transporte mais utilizados (Ministério do Meio Ambiente, n.d.). Esses gases são prejudiciais aos ecossistemas, e estudos comprovaram que podem afetar diretamente a saúde humana. Na Figura 1, são indicadas áreas do sistema respiratório afetadas pela inalação de gases poluentes, que podem chegar à corrente sanguínea (Santos *et al.*, 2019).

Os problemas de saúde associados aos gases poluentes são especialmente perigosos para pessoas de grupos de risco, como crianças e idosos. Além de doenças relacionadas ao sistema respiratório, como infecções e possível desenvolvimento de câncer nas vias respiratórias inferiores (traqueia, brônquios, bronquíolos e alvéolos), a poluição também é capaz de desencadear doença pulmonar obstrutiva crônica e doenças cardíacas isquêmicas, além de acidente vascular cerebral (World Health Organization, 2022).

Gás	Traqueia	Brônquios	Bronquíolos	Alvéolos	Vias aéreas sup.	Corrente sanguínea
PM10	x	x	x			
PM2,5				x		
O <sub>3</sub>	x	x	x	x		
NO <sub>2</sub>	x	x	x	x		
SO <sub>2</sub>	x	x	x		x	
CO				x		x

**Figura 1.** Penetração dos gases poluentes no corpo humano. Fonte: Santos et al., 2019.

## 2.2 Conferências sobre o meio ambiente

O Clube de Roma, grupo de reflexão criado em 1968, foi essencial para a elaboração de relatórios que apresentavam as maiores preocupações com o meio ambiente. Questões como a industrialização, a poluição e a escassez de recursos naturais estão relacionadas entre si e se intensificam com o crescimento populacional exorbitante e com estilos de vida não sustentáveis. Nesse contexto, era importante considerar que as desigualdades mundiais poderiam ser amenizadas se houvesse desenvolvimento da economia e distribuição de investimentos considerando locais mais vulneráveis, além de redução da taxa de natalidade e difusão das indústrias. A falta de estratégias ao longo dos anos resultou no aumento da poluição. Porém, foram elaboradas propostas para a correta junção de parâmetros sociais, econômicos e ambientais, considerando diferentes áreas e suas necessidades (Meadows, *et al.*, 1972; Karunaratne, 1976; Tinbergen, 1976).

A Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) de Estocolmo, em 1972, teve como base muitas questões evidenciadas no Clube de Roma, como a geração de poluição e a escassez de recursos. Foi reforçada a discrepância entre países desenvolvidos – maiores responsáveis pelos desequilíbrios do meio ambiente – e países onde existe a carência de serviços básicos. A equidade foi destacada como ponto de extrema importância, além da preservação da natureza e do desenvolvimento de práticas de renovação de recursos naturais (Organização das Nações Unidas, 1972).

O Relatório Brundtland, de 1987, foi elaborado com enfoque no equilíbrio entre os países, além de evidenciar, novamente, as problemáticas de exploração de recursos naturais e aumento populacional. Destacou que o crescimento urbano desordenado dificulta o estabelecimento de soluções sustentáveis e inclusivas, submetendo parte da população à falta de recursos básicos e à maior poluição do ar. As soluções energéticas renováveis para substituir a utilização de combustíveis fósseis – que são recursos finitos – foram evidenciadas, além de ações preventivas contra as emissões de poluentes na atmosfera (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1991).

O Rio-92, de 1992, reuniu mais de 100 representantes de diferentes países. A criação do Relatório Agenda 21 foi um grande marco, contemplando questões de outras conferências, além de abordar 40 capítulos sobre distintos temas ambientais. A proteção da atmosfera foi relacionada ao desenvolvimento sustentável por meio do aumento da eficiência, da redução do consumo de energia – preferencialmente renovável – e de melhorias no setor de transportes, destacando-se o controle da quantidade de poluentes liberados (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1995).

Atualmente, a ciência tem buscado explorar repercussões colaterais associadas à poluição atmosférica, ou seja, além dos efeitos centrais já conhecidos. Embora o assunto apresente grande importância, foge ao escopo deste trabalho, e por isso não foi abordado.

## 2.3 Legislações nacionais e municipais sobre qualidade do ar e transporte terrestre

O Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR) teve como objetivo limitar a quantidade de emissões geradas principalmente pela elevada industrialização e pelo aumento do número de veículos motorizados. Para isso, foram estabelecidos padrões de

qualidade do ar primários – gases que são perigosos à saúde humana ao ultrapassar os limites atribuídos, demandando metas de controle a curto prazo – e secundários – gases que estão abaixo dos níveis permitidos, mas que devem ser analisados como metas de longo prazo (Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989).

A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), Lei nº 12.587, de 2012, foi criada com o intuito de integrar o transporte a conceitos ambientais, econômicos e sociais. Para os transportes coletivos, é importante que haja a preferência por infraestrutura adequada – como faixas exclusivas – para veículos elétricos renováveis, e também devem ser priorizados veículos não motorizados (como bicicletas). Dentre medidas de controle de emissões, a Lei propõe metas de quantidade máxima de poluentes advindos dos veículos de combustível fóssil e tributos aos proprietários de veículos que ultrapassam esses limites (Ministério das Cidades, 2013).

O Programa de Controle de Emissões Veiculares (PROCONVE) foi criado para definir limites, a depender do tipo de motor (Otto ou Diesel) e veículo (leve ou pesado), para emissões de poluentes. As tolerâncias devem ser respeitadas pelos fabricantes e a inspeção dos veículos deve ser feita, sobretudo, por órgãos estaduais e municipais (Resolução CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986).

O Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV) foi formulado para garantir maior controle de emissões e adequada fiscalização de veículos. Para isso, são elaborados relatórios de análise de monitoramento de áreas afetadas pelas emissões, da quantidade de veículos e seus devidos registros, além da avaliação de periodicidade das inspeções. Os resultados podem contribuir para verificar se as emissões estão dentro dos limites e se há alguma maneira de reduzir as liberações de poluentes, caso estejam em níveis nocivos à saúde pública. As informações originadas do PCPV são disponibilizadas para acesso da população (Resolução CONAMA nº 418, de 25 de novembro de 2009).

Quanto ao contexto de BH, o Plano de Mobilidade de Belo Horizonte (PLANMOB) foi criado para estimular o aprimoramento e o uso de transportes coletivos e não motorizados. Uma medida importante foi a construção de pistas preferenciais para veículos públicos. O constante aperfeiçoamento dos transportes, de modo que sejam menos poluentes e que possam melhorar a qualidade de vida da população, é buscado, considerando os anseios populares. Além disso, fiscalização de emissões é realizada (Decreto nº 15.317, de 02 de setembro de 2013).

A Superintendência de Mobilidade do Município de Belo Horizonte (SUMOB) é responsável por averiguar diversas questões relacionadas ao trânsito e aos transportes, de acordo com o PLANMOB. As responsabilidades são a priorização de transportes coletivos e não motorizados acessíveis e adequados e o desenvolvimento de estudos que possam contribuir na mitigação de efeitos ambientais adversos. Para isso, há fundos orçamentários para arcar com as obras e o aprimoramento dos transportes (Lei nº 11.319, de 22 de outubro de 2021b).

A Política Municipal de Controle e Fiscalização das Fontes Poluidoras, foi criada como mais uma medida para fiscalizar e controlar emissões poluentes. Objetiva, dentre outras medidas, o maior controle de veículos de motor de ciclo Diesel ou Otto que estejam emitindo gases poluentes além dos níveis permitidos por meio da fiscalização e identificação do veículo infrator, de forma que o proprietário se responsabilize pelas devidas manutenções (Decreto nº 16.529 de 2016). A Operação Oxigênio (OPEROX) é uma medida da Prefeitura para inspecionar de maneira mais recorrente os veículos de motor do ciclo Diesel. A fiscalização ocorre em locais distribuídos pela cidade e, caso as emissões estejam ocorrendo de forma indevida, os proprietários têm 15 dias para a adequação (Belo Horizonte, 2021).

### **3 Metodologia**

A pesquisa foi realizada por meio de métodos quantitativo – análise de dados de poluentes na atmosfera – e qualitativo – elaboração de proposta de transporte para minimizar os impactos dos poluentes.



A diferença na unidade de medida do CO demandou a conversão de PPM para  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Obteve-se, a partir do Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar (Ministério do Meio Ambiente, 2019), a Equação 1, de origem empírica, para transformação dos valores.

$$C \left( \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right) = \frac{C (\text{PPM}) \times \text{Peso Molecular} \left( \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right)}{0,02447} \quad (1)$$

Onde:

C = Concentração

O peso molecular do CO, segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2011), é de 28 g/mol. Cada valor de concentração de CO da planilha foi convertido no Microsoft Excel, sendo realizada também a triagem dos dados. O Jupyter Notebook – software baseado na linguagem de programação Python – foi utilizado para a análise estatística. Três bibliotecas, visando facilitar o processamento dos dados, foram importadas: Numpy – que auxilia nas operações e cálculos –, Pandas – que facilita a modificação de tabelas –, e Matplotlib – que permite criar gráficos.

Para iniciar, a leitura dos dados da tabela foi realizada por meio do comando *read*. Logo após, foi importante visualizar as cinco primeiras linhas (comando *head*), para verificar se os dados estavam organizados. Os gráficos *Boxplot* foram elaborados e complementados pelos elementos *title*, *xlabel* e *ylabel* (títulos do gráfico, do eixo x e do eixo y). Os valores destoantes foram eliminados (comando *showfliers = false*), e as médias foram adicionadas (*showmeans = true*). A função *ylim* foi aplicada para padronizar a escala de todos os gráficos.

Para visualização das estatísticas, o comando *describe* foi executado, revelando o total de registros, a média, o desvio padrão, o valor mínimo, os valores referentes ao primeiro, segundo e terceiro quartis e o valor máximo. É importante ressaltar que a conversão de unidade de medida do CO trouxe valores muito altos e discrepantes com relação aos outros gases. Para aprimorar a visualização, seus valores foram divididos por oito ( $\mu\text{g}/\text{m}^3/8$ ). A programação utilizada é retratada na Figura 3, onde a Estação Centro é mostrada como referência.

# Importação de bibliotecas:

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline
```

# Leitura, em dataframe, do arquivo contendo todos os setores:

```
dados_gases = pd.read_excel('BHCENTRO.xlsx')
dados_gases.head()
```

# Criação de boxplot para todos os setores:

```
grafico_gases = dados_servicos.boxplot(showfliers = False, showmeans = True)
grafico_gases.set_title('Estação Centro, Av. Contorno - Belo Horizonte')
grafico_gases.set_xlabel('Gases Poluentes')
grafico_gases.set_ylabel('µg/m³')
grafico_gases.set_ylim(-20, 410)
```

# Análise estatística para todos os setores:

```
dados_servicos.describe()
```

**Figura 3.** Programação Python sobre os gases poluentes.

A base de dados utilizada para o segundo estudo (Fundação Estadual do Meio Ambiente & Petróleo Brasileiro S.A., 2018) refere-se a uma análise de vias urbanas de grande fluxo, o que possibilita a percepção da quantidade distribuída de poluentes, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1**

*Taxa de emissão de gases poluentes em vias de Belo Horizonte.*

Avenidas/Ruas	Comp. (km)	Taxa de Emissão (t/ano)						
		PM10	PM2,5	SOx	SO <sub>2</sub> (95%)	NOx	NO <sub>2</sub> (10%)	CO
Afonso Pena	4,19	7,68	3,33	4,10	3,90	39,62	4,00	157,32
Vilarinho	5,92	12,46	5,82	5,96	5,66	68,89	6,89	216,44
Dom Pedro I	3,93	16,50	8,40	6,68	6,35	103,07	10,31	234,00
Pres. Antônio Carlos	8,33	37,26	18,11	16,60	15,77	223,77	22,38	609,08
Heráclito Mourão	4,00	3,68	1,60	1,94	1,84	19,00	1,90	74,54
Pres. Tancredo Neves	4,10	16,89	6,79	9,46	8,99	80,45	8,05	389,54
Dom Pedro II	6,20	11,96	5,32	5,99	5,69	62,51	6,25	229,54
Teresa Cristina	9,62	32,08	14,57	16,13	15,32	173,62	17,36	598,58
Antônio Eustáquio Piazza	N.D.*	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Nélio Cerqueira	1,76	1,48	0,74	0,60	0,57	8,86	0,89	21,18
Sen. Levindo Coelho	3,51	5,12	2,71	1,76	1,67	33,42	3,34	62,93
Waldyr Soeiro Emrich	5,69	11,37	5,42	5,20	4,94	63,74	6,37	186,87
SOMA:	57,25	156,48	72,81	74,42	70,70	876,95	87,70	2780,02

\*N.D. = Não Definido. Fonte: FEAM; PETROBRAS, 2018.

No caso dos gases NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, foi necessária maior atenção, visto que os dados disponibilizados consideravam óxidos de nitrogênio (NOx) e óxidos de enxofre (SOx) de maneira geral. Para descobrir os valores específicos, foram utilizados os estudos de Linhares Energia (2008) e Teixeira (2005). No primeiro estudo, foi citado que o SOx é emitido pela oxidação do enxofre, que é convertido em SO<sub>2</sub> (95%), SO<sub>3</sub> (1 a 5%) e sulfato particulado (1 a 3%). Já no segundo estudo, foi mencionado que a combustão de NOx resulta em NO (90 a 95%) e NO<sub>2</sub> (5 a 10%). Foram adotados os valores de 95% de SOx para SO<sub>2</sub> e 10% de NOx para NO<sub>2</sub>. A partir dos valores apresentados na Tabela 1, é possível inferir que as maiores concentrações de poluentes estão nas Avenidas Teresa Cristina e Presidente Antônio Carlos. Além disso, os gases mais abundantes são CO, PM10 e NO<sub>2</sub>.

Elaborou-se proposta de linhas de metrô que contemplam todas as vias apresentadas na Tabela 1. Para a estimativa da extensão, utilizou-se o Google Earth. Foi elaborado, então, um fator de atendimento do metrô (porcentagem da via por onde o transporte passaria). Para a Av. Teresa Cristina, a suposição da linha de metrô que entraria no município de Contagem não foi considerada (pois os dados contemplam apenas BH). Não havia informações de emissões para a Rua Antônio Eustáquio Piazza, porém o impacto não foi significativo, visto que o trajeto do metrô na via seria extremamente curto (0,22 km). A Tabela 2 apresenta a porcentagem de atendimento do metrô nas vias analisadas.

**Tabela 2**

*Atendimento das vias pelas linhas de metrô.*

Avenidas/Ruas	Comp. (km)	Comp. - Metrô (km)	Fator de atendimento
Afonso Pena	4,19	4,19	1,00
Vilarinho	5,92	2,18	0,37
Dom Pedro I	3,93	3,93	1,00
Pres. Antônio Carlos	8,33	8,33	1,00
Heráclito Mourão	4,00	1,10	0,28
Pres. Tancredo Neves	4,10	4,10	1,00
Dom Pedro II	6,20	4,98	0,80
Teresa Cristina	9,62	9,62	1,00
Nélio Cerqueira	1,76	0,30	0,17
Sen. Levindo Coelho	3,51	0,80	0,23
Waldyr Soeiro Emrich	5,69	2,83	0,50
SOMA	57,25	42,58	-

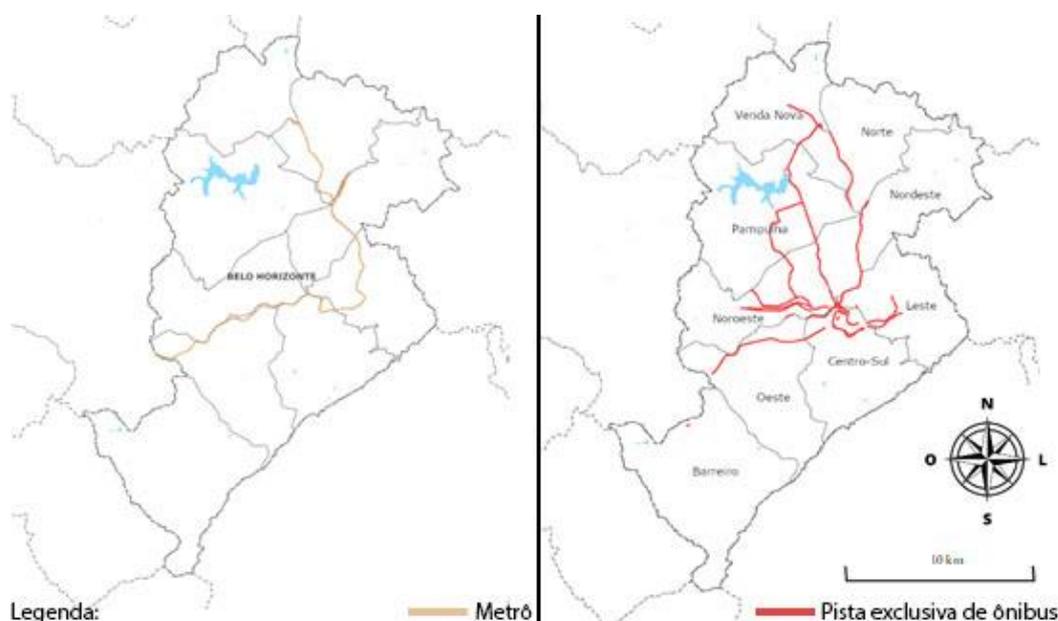
#### 4 Análise e discussão dos resultados

Nesta seção, apresentou-se a elaboração da proposta de novas linhas de metrô para a cidade de BH, bem como a possível redução de emissões de poluentes.

##### 4.1 Proposta de metrô como meio de transporte predominante em Belo Horizonte

A cidade de BH é caracterizada pela circulação de 19 categorias de meios de transporte, com grande número de veículos. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019), dos 2.279.568 veículos existentes na cidade em 2019, 1.576.738 eram automóveis. Quanto às outras categorias, menciona-se, em ordem decrescente de ocorrências: motocicleta, caminhonete, camioneta, caminhão, utilitário, motoneta e reboque. Ônibus e micro-ônibus existem em quantidades inferiores (9.420 e 6.628, respectivamente).

Os locais destinados para circulação exclusiva dos veículos coletivos – ônibus e micro-ônibus – não são conectados por toda a cidade, sendo concentrados nas partes internas das regionais, e as extremidades carecem de sistema adequado que atenda aos moradores. Além disso, o metrô – que poderia efetivar grande articulação na cidade – é composto por apenas uma linha, que não conecta boa parte das regiões. Os trechos são apresentados na Figura 4.

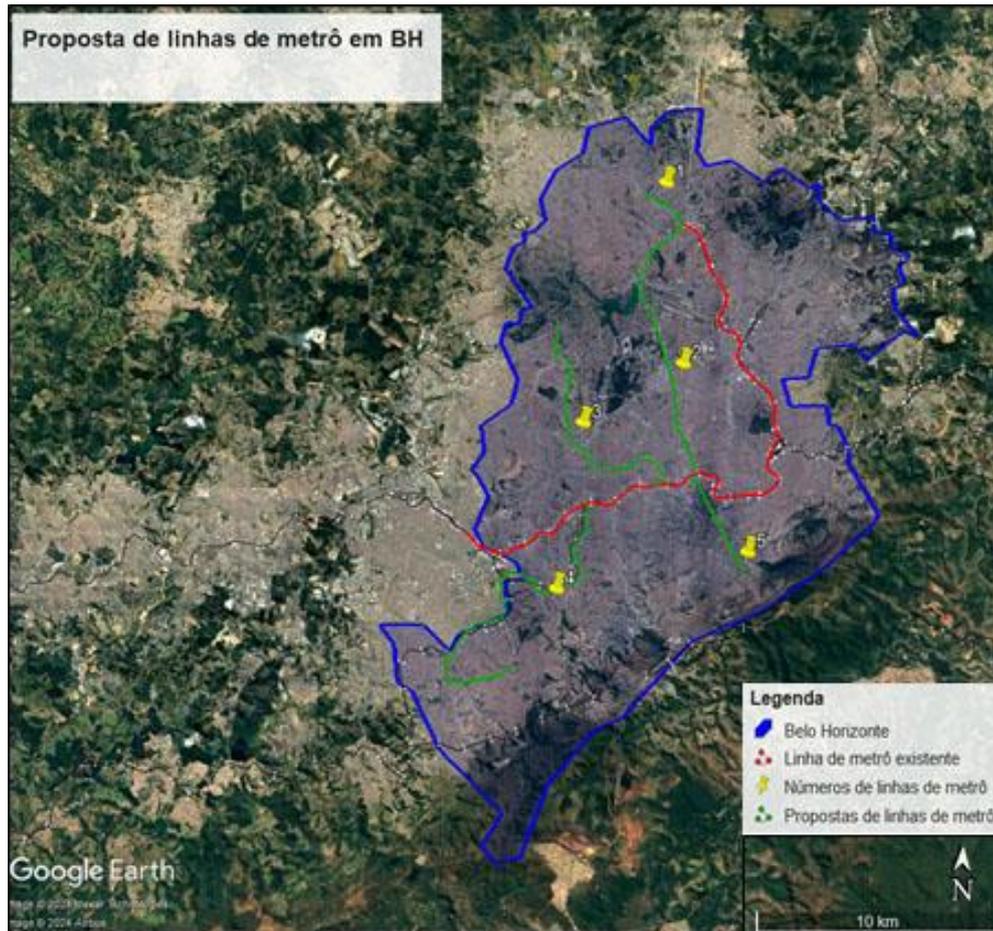


**Figura 4.** Transporte coletivo de metrô e ônibus em Belo Horizonte. Fonte: BHMap, 2023 (adaptado).

De forma a minimizar os impactos causados pela utilização de meios de transporte movidos a combustíveis fósseis, foi elaborada proposta de novas linhas de metrô, que operariam com energia renovável e limpa. As vias de passagem e a quilometragem percorrida estão demonstradas na Figura 5. É importante ressaltar que foram consideradas áreas de priorização de ônibus já existentes para delinear algumas partes das linhas, o que poderia facilitar na implementação do metrô. A localização do transporte está representada na Figura 6.

Linha proposta	Vias de passagem	Km percorridos
Linha 1	Av. Vilarinho	2,18
Linha 2	Av. Dom Pedro I - Av. Presidente Antônio Carlos	12,26
Linha 3	Av. Heráclito Mourão de Miranda - Av. Presidente Tancredo Neves - Avenida Dom Pedro II	10,18
Linha 4	Av. Teresa Cristina - R. Antônio Eustáquio Piazza - Av. Nélio Cerqueira - Av. Senador Levindo Coelho - Av. Waldir Soeiro Emrich	16,45
Linha 5	Av. Afonso Pena	4,19

**Figura 5.** Vias de passagem e km percorridos pela proposta de metrô.



**Figura 6.** Proposta de linhas de metrô em Belo Horizonte. Fonte: Google Earth, 2023b (adaptado).

## 4.2 Resultados para mitigação das emissões

Nesta seção foram analisados os resultados da incidência de gases poluentes em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e em t/ano nas avenidas e ruas da proposta de metrô.

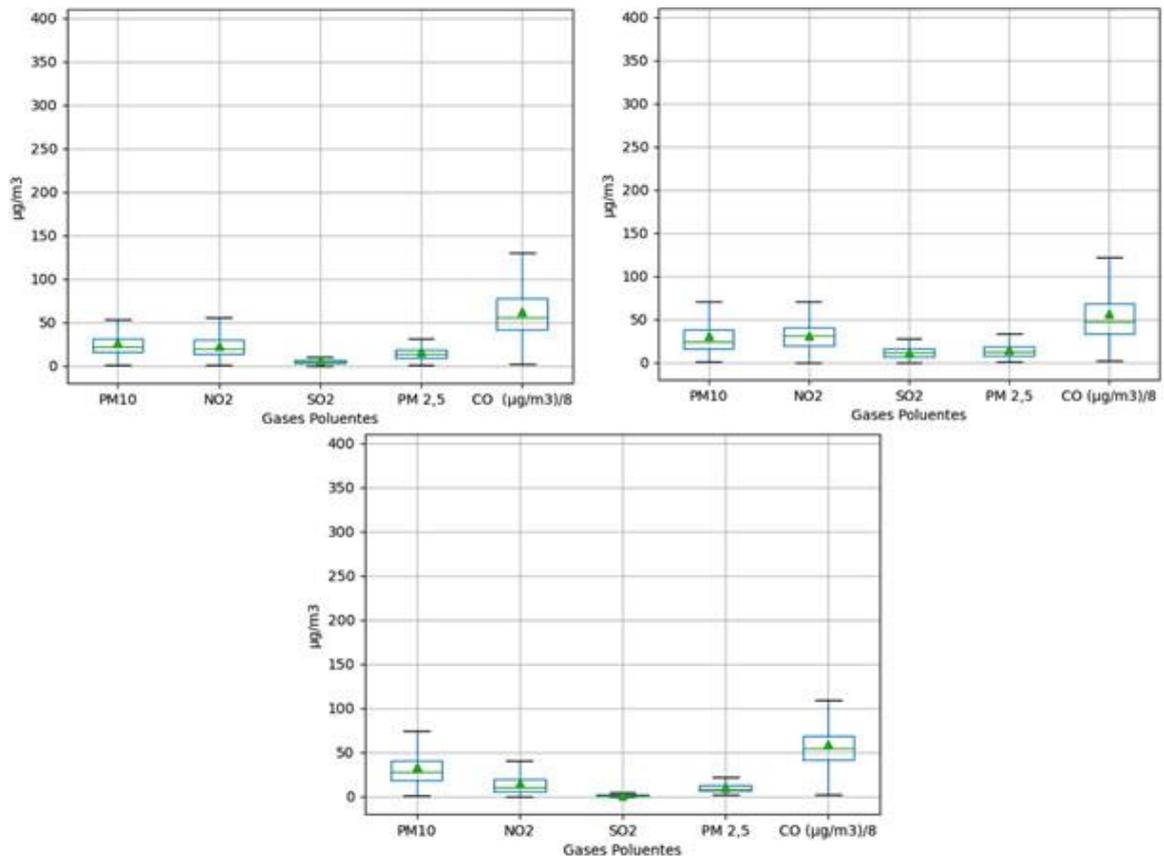
### 4.2.1 Incidência de gases poluentes ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) em BH

A primeira análise produzida, por meio da obtenção de dados estatísticos a partir da linguagem de programação Python, foi necessária para determinar quantos registros das emissões de gases poluentes eram válidos. As medições dos gases, feitas a cada hora do dia durante o ano de 2019, totalizariam, teoricamente, 8.760 valores. Porém, como a planilha da FEAM apresenta dados faltantes para as estações, os números de registros para cada gás captado encontram-se na Tabela 3. As concentrações de gases nas estações PUC São Gabriel, PUC Barreiro e Centro foram representadas na Figura 7.

**Tabela 3**

*Número de amostras de gases poluentes captadas por sensores em BH.*

Dados ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Estação	PM10	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	PM 2,5	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )/8
Total	São Gabriel	6610	8402	8660	6041	8150
	Barreiro	7009	8551	7929	6767	7428
	Centro	8418	8243	8532	7065	8377



**Figura 7.** Concentração de gases nas estações PUC São Gabriel, PUC Barreiro e Centro em BH.

Para comparar os dados, a média foi o parâmetro estatístico escolhido, já que estava próxima de mediana, o que demonstra que esses dois parâmetros são indicadores sólidos. Os dados estatísticos obtidos por meio do Python estão descritos na Tabela 4.

**Tabela 4**

*Dados estatísticos das concentrações de gases nas estações meteorológicas de BH.*

Dados ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Estação	PM10	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	PM 2,5	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )/8
Média	São Gabriel	26,53	23,24	5,11	15,52	62,37
	Barreiro	30,59	30,78	11,45	14,54	56,59
	Centro	33,11	14,49	1,17	10,30	58,59
D. Padrão	São Gabriel	18,45	14,84	5,20	12,35	36,72
	Barreiro	25,70	15,09	7,22	10,59	36,33
	Centro	26,79	14,68	5,08	9,06	29,10
Min.	São Gabriel	1,00	0,06	0,02	0,99	1,43
	Barreiro	1,00	0,00	0,02	1,00	1,43
	Centro	0,12	0,00	0,00	2,00	1,43
25%	São Gabriel	16,00	12,92	2,88	9,00	41,48
	Barreiro	16,00	19,62	6,73	8,00	32,90
	Centro	17,92	4,78	0,11	6,00	41,48
50%	São Gabriel	22,00	19,78	4,13	13,00	55,78
	Barreiro	24,00	31,26	10,68	12,00	47,20
	Centro	27,86	9,92	0,71	8,00	54,35
75%	São Gabriel	31,00	29,78	5,93	18,00	77,24
	Barreiro	38,00	40,14	15,18	18,00	68,66
	Centro	40,58	18,95	1,55	12,00	68,66
Máx.	São Gabriel	327,00	165,39	166,67	251,00	482,02
	Barreiro	563,00	95,43	201,88	132,00	469,15
	Centro	438,70	152,09	423,75	164,00	311,81

É perceptível que o gás PM10 foi mais evidenciado na estação Centro, enquanto os gases NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> na estação PUC Barreiro e os gases PM<sub>2,5</sub> e CO na estação PUC São Gabriel. Como parâmetro para constatar se as concentrações estão dentro dos limites máximos, foi utilizada a Resolução CONAMA n° 491 de 2018 (2018). Nesta, as concentrações também são medidas em µg/m<sup>3</sup> e definidas segundo uma média anual, com exceção do CO, medido em PPM, que foi convertido por meio da Equação 1. O valor encontrado não é diretamente comparável à média anual, visto que é medido em máxima média móvel para um período de 8 horas, porém evidencia-se que até mesmo as concentrações máximas registradas nas estações estão bem abaixo desse limite, o que demonstra que o CO está dentro dos padrões. Na Tabela 5 são apresentados limites ideais de concentrações dos gases.

**Tabela 5**

*Classificação da qualidade do ar de acordo com a Resolução CONAMA n° 491.*

Classificação	Concentração (µg/m <sup>3</sup> ) – Média anual				CO
	PM10	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	PM <sub>2,5</sub>	
PI-1	40	60	40	20	-
PI-2	35	50	30	17	-
PI-3	30	45	20	15	-
PF (Valor ideal)	20	40	-	10	10,298*

\*Valor correspondente à máxima média móvel para o período de 8 horas, inserido apenas para fins de ilustração. Fonte: BRASIL, 2018 (adaptado).

As classificações PI-1, PI-2 e PI-3 são padrões intermediários, que servem como metas para atingir o PF, que é o padrão de qualidade do ar final, correspondendo aos limites ideais estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (Resolução CONAMA n° 491 de 2018). Comparando as médias da Resolução CONAMA n° 491 com os valores encontrados no estudo, é evidente que os gases NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> estão dentro dos limites em todas as estações, enquanto o PM10 e o PM<sub>2,5</sub> estão em níveis de PI-2 e PI-3, como demonstrado na Tabela 6. As cores azul, verde e laranja demonstram as classificações PF, PI-3 e PI-2, respectivamente.

**Tabela 6**

*Medições dos gases poluentes de Belo Horizonte em comparação com valores ideais da Resolução CONAMA n° 491.*

Dados (µg/m <sup>3</sup> )	PM10	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	PM 2,5
Média - São Gabriel	26,53	23,24	5,11	15,52
Média - Barreiro	30,59	30,78	11,45	14,54
Média - Centro	33,11	14,49	1,17	10,30

Com exceção do PM10, as concentrações nas estações PUC São Gabriel e PUC Barreiro foram maiores que na estação Centro. Possíveis explicações para essas diferenças estão nas atividades emissoras, como o aeroporto (perto da PUC São Gabriel) e a indústria (perto da PUC Barreiro), além de grandes fluxos de veículos. Segundo a FEAM, as fontes móveis emitem mais gases nas ligações das regionais Norte, Nordeste e Pampulha em direção à Centro-Sul, o que pode impactar a situação da PUC São Gabriel (Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2020). Porém, no caso do Barreiro, o fluxo de veículos é quase inexistente, refutando uma possível hipótese de que as maiores concentrações estão relacionadas particularmente ao transporte individual.

#### 4.2.2 Incidência de gases poluentes (t/ano) nas avenidas de BH

Para determinar o número de usuários das linhas de metrô, foi estimada uma porcentagem de 30% da população. Foi, então, calculado 70% do fator de atendimento da Tabela 2 (visto que essa porcentagem de veículos poluidores continuaria em circulação), de

modo que novos valores de concentrações de gases fossem determinados. Na Tabela 7 estão as novas emissões segundo os cálculos.

**Tabela 7**  
*Emissões de gases poluentes referentes a 70% do público que não utilizaria o metrô.*

Fonte Emissora/ Avenidas-Ruas	Fator	70% do fator	PM10	PM2,5	SO <sub>2</sub> (95%)	NO <sub>2</sub> (10%)	CO
Afonso Pena	1,00	0,70	5,38	2,33	2,73	2,80	110,12
Vilarinho	0,37	0,26	3,21	1,50	1,46	1,78	55,79
Dom Pedro I	1,00	0,70	11,55	5,88	4,45	7,22	163,80
Pres. Antônio Carlos	1,00	0,70	26,08	12,68	11,04	15,67	426,36
Heráclito Mourão	0,28	0,19	0,71	0,31	0,35	0,37	14,35
Pres. Tancredo Neves	1,00	0,70	11,82	4,75	6,29	5,64	272,68
Dom Pedro II	0,80	0,56	6,72	2,99	3,20	3,51	129,06
Teresa Cristina	1,00	0,70	22,46	10,20	10,72	12,15	419,01
Antônio Eustáquio Piazza	N.D.*	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Nélio Cerqueira	0,17	0,12	0,18	0,09	0,07	0,11	2,53
Sen. Levindo Coelho	0,23	0,16	0,82	0,43	0,27	0,53	10,04
Waldyr Soeiro Emrich	0,50	0,35	3,96	1,89	1,72	2,22	65,06
SOMA:	-	-	92,88	43,05	42,30	51,98	1668,79

\*N.D. = Não Definido.

Na Tabela 8, foram comparadas as somas de emissões referentes a cada gás antes e depois da implementação do metrô, o que demonstra que grande poluição poderia ser evitada. Além das vias citadas, é importante ressaltar que o metrô atenderia também populações distantes, o que poderia representar reduções ainda mais significativas.

**Tabela 8**  
*Redução de emissões de gases poluentes após instalação das linhas de metrô.*

Gases Poluentes	Soma das emissões – antes do metrô (t/ano)	Soma das emissões – após o metrô (t/ano)	Diferença entre os valores (t/ano)
PM10	156,48	92,88	63,60
PM2,5	72,81	43,05	29,76
SO <sub>2</sub>	70,70	42,30	28,40
NO <sub>2</sub>	87,70	51,98	35,72
CO	2780,02	1668,79	1111,23

O estudo do Item 4.2.1 não é diretamente comparável com o estudo do Item 4.2.2, porém, nele foi visível uma concentração maior de gases PM10 e PM2,5. Neste estudo, contudo, os gases mais evidentes foram o PM10 e o CO. Isso indica que é necessário maior controle de emissões de materiais particulados o monóxido de carbono.

## 5 Considerações finais

É notável que o aumento das concentrações de gases poluentes na atmosfera pode gerar desequilíbrio ambiental e malefícios na saúde pública. É indispensável a busca constante por práticas mitigadoras e sustentáveis, individuais e coletivas, em todos os níveis da sociedade. A associação dos conceitos de ambiente, sociedade e economia pode promover estratégias que sejam adequadas, visando à preservação das futuras gerações.

O esforço para a redução de impactos de gases poluentes (principalmente relacionados ao setor de transportes) está sendo pauta para criação de inúmeras possibilidades de mudanças e até mesmo legislações – nas esferas mundial, nacional e municipal. Infelizmente, com o desenvolvimento industrial e urbano, muitas emissões foram geradas de maneira exorbitante, demandando ações corretivas, que não são fáceis de serem aplicadas e necessitam de resolução específica para cada contexto. Porém, a partir da fortalecida consciência ambiental, é possível pensar em medidas preventivas, que possam impedir efeitos adversos antes de sucederem.

Dentre os estudos do referencial teórico, é evidente que há a limitação de poluentes no setor de transportes e o incentivo ao uso de veículos renováveis, principalmente no âmbito do transporte público. Além disso, as atitudes devem ser tomadas contemplando a população – com enfoque na melhoria da qualidade de vida –, o governo – que deve ser responsável no investimento em tecnologias que contribuam com a diminuição da liberação de gases poluentes –, e o meio ambiente – adequando a atmosfera para recuperar os equilíbrios ecológicos naturais. As questões de transporte, porém, devem ser analisadas metodicamente, considerando diversos fatores locais específicos, como relevo, malha urbana e devido incentivo financeiro.

Em Belo Horizonte, é perceptível que há demandas por transportes coletivos que possam contribuir com a diminuição de emissões. Por isso, a proposta de criação de linhas de metrô que ampliem o acesso da população de toda a cidade e garantam sistema limpo e renovável foi ponderada. De acordo com os resultados apresentados, o metrô poderia significar um ponto de partida na possibilidade de redução das emissões da atmosfera.

Para estudos posteriores, sugere-se que haja enfoque especial em gases de maiores emissões, como os materiais particulados e o monóxido de carbono. Seria importante um levantamento de dados de fontes fixas de emissões – como no caso de indústrias e outros estabelecimentos. Também recomenda-se a consideração de outros meios de transporte que possam ser adaptados à cidade. Por fim, é importante explorar a funcionalidade de matrizes de energia renovável e limpa.

## Referências

- Belo Horizonte. *Política Urbana/Fiscalização - Controle Ambiental*. (2021). Recuperado de: <https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/fiscalizacao/controle-ambiental>. Acesso em: jan., 2024.
- BHMap. (n.d.). *Transporte Linha de Metrô e Rede Priorização de Ônibus* [Mapa]. Recuperado em 2024, de [https://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo#zoom=1&lat=7800234.79875&lon=609187.19466&baselayer=base&layers=linha%20metro%20Crede\\_priorizacao\\_onibus](https://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo#zoom=1&lat=7800234.79875&lon=609187.19466&baselayer=base&layers=linha%20metro%20Crede_priorizacao_onibus).
- Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD). (1991). *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas.
- Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD). (1995). *Agenda 21*. Brasília: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados.
- Decreto nº 15.317, de 02 de setembro de 2013. Institui o plano diretor de mobilidade urbana de Belo Horizonte - PLANMOB-BH - e estabelece as diretrizes para o acompanhamento e o monitoramento de sua implementação, avaliação e revisão periódica. Belo Horizonte, MG: Prefeitura de Belo Horizonte. Recuperado de: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/decreto/2013/1532/15317/decreto-n-15317-2013-institui-o-plano-diretor-de-mobilidade-urbana-de-belo-horizonte-planmob-bh-e-estabelece-as-diretrizes-para-o-acompanhamento-e-o-monitoramento-de-sua-implementacao-avaliacao-e-revisao-periodica>.
- Decreto nº 16.529, de 29 de dezembro de 2016. Dispõe sobre a Política Municipal de Controle e Fiscalização das Fontes Poluidoras e dá outras providências referentes à Política Ambiental do Município. Belo Horizonte, MG: Prefeitura de Belo Horizonte. Recuperado de: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/decreto/2016/1653/16529/decreto-n-16529-2016-dispoe-sobre-a-politica->

municipal-de-controle-e-fiscalizacao-das-fontes-poluidoras-e-da-outras-providencias-referentes-a-politica-ambiental-do-municipio.

Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), & Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS). (2018). *Atualização do Inventário das Fontes de Emissão de Poluentes Atmosféricos da Região de Belo Horizonte, Contagem e Betim* (RT-CASM-314-004).

Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). (2019). *Dados de monitoramento contínuo da qualidade do ar. Minas Gerais*. Recuperado em março de 2023, de <http://www.feam.br/qualidade-do-ar/dados>.

Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). (2020). *Emissões atmosféricas de fontes veiculares do município de Belo Horizonte. Minas Gerais*. Recuperado em novembro de 2023, de <http://www.feam.br/component/content/article/15/1331-relatorios-e-publicacoes>.

Galembeck, E., & Costa, C. (2016). A evolução da composição da atmosfera terrestre e das formas de vida que habitam a Terra. *Química Nova na Escola*, 38(4), 318-323. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160043>.

Google Earth. (2023a). *ESTAÇÕES de medição de qualidade do ar em BH*. [Mapa]. Fotografia Aérea.

Google Earth. (2023b). *PROPOSTA de linhas de metrô em BH*. [Mapa]. Fotografia Aérea.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2019). *Frota de veículos*. Minas Gerais. Recuperado em setembro de 2023, de: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/pesquisa/22/28120?ano=2019>. Acesso em: set., 2023.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. (2011). *Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos – FISPQ*. (NIE-DIMCI-033). [http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/MRC/8633\\_monoxido\\_de\\_carbono\\_em\\_nitrogenio.pdf](http://www.inmetro.gov.br/metcientifica/MRC/8633_monoxido_de_carbono_em_nitrogenio.pdf).

Jardim, W. (2001). A Evolução da Atmosfera Terrestre. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, (1), 5-8.

Lei nº 11.319, de 22 de outubro de 2021b. Cria a Superintendência de Mobilidade do Município de Belo Horizonte - Sumob - e dá outras providências. Belo Horizonte: MG: Prefeitura de Belo Horizonte. Recuperado de: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2021/1132/11319/lei-ordinaria-n-11319-2021-cria-a-superintendencia-de-mobilidade-do-municipio-de-belo-horizonte-sumob-e-da-outras-providencias>.

Linhares Energia. (2008). *Estudo de Impacto Ambiental (EIA)*. Consultoria Ambiental Ltda. Recuperado de: <https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/EIA/2008/UNIDADE%20TERMOELETRICA%20LINHARES/Cap.%205%20Impactos.pdf>. Acesso em: nov., 2023.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). *The Limits to Growth: A report for the Club of Rome's Project on the predicament of mankind*. Universe Books.

- Mesarovic, M., Pestel, E., & Karunaratne, N. D. (1976). Mankind at the turning point: The second report of the Club of Rome. *Economic Analysis and Policy*, 6(3), 69-73. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0313-5926\(76\)50005-1](https://doi.org/10.1016/S0313-5926(76)50005-1).
- Ministério das Cidades (MCID). (2013). *Política Nacional de Mobilidade Urbana de 2013*. Recuperado em novembro de 2023, de: [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/cartilha\\_lei\\_12587.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/cartilha_lei_12587.pdf). Acesso em: nov., 2023.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2019). *Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar*. República Federativa do Brasil. Brasília. Recuperado de: <https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/mma-guia-tecnico-qualidade-do-ar-pdf>. Acesso em: jan., 2024.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (n.d.). *Poluentes Atmosféricos*. Recuperado em março de 2023, de: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos.html>.
- Odum, E. (1988). *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A.
- Organização das Nações Unidas (ONU). (1972). *Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano*. In *Anais da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano*, Estocolmo, Suécia.
- Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS). (2021). *Novas Diretrizes Globais de Qualidade do Ar da OMS visam salvar milhões de vidas da poluição atmosférica*. Recuperado de: <https://www.paho.org/pt/noticias/22-9-2021-novas-diretrizes-globais-qualidade-do-ar-da-oms-visam-salvar-milhoes-vidas-da>.
- Resolução CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. Brasil: Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Recuperado de: [https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_siskonama&task=arquivo.download&id=41](https://conama.mma.gov.br/?option=com_siskonama&task=arquivo.download&id=41).
- Resolução CONAMA nº 418, de 25 de novembro de 2009. Dispõe sobre critérios para a elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular - PCPV e para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e determina novos limites de emissão e procedimentos para a avaliação do estado de manutenção de veículos em uso. Brasil: Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Recuperado de: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2022/04/Resolucao-CONAMA-418-2009.pdf>.
- Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Brasil: Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Recuperado de: [https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603](https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895/do1-2018-11-21-resolucao-n-491-de-19-de-novembro-de-2018-51058603).

Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989. Dispõe o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Brasil: Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Recuperado de: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0005-150689.PDF>.

Santos, H., Fialho, M., Reis, K., Franco, M., & Oliveira, R. (2019). Relação entre poluentes atmosféricos e suas consequências para a saúde. *Intraciência*, 1-24.

Teixeira, F. (2005). *Caracterização e controle das emissões de óxidos de nitrogênio e material particulado em caldeiras para bagaço* [Tese de doutorado, Universidade Federal de Itajubá]. Repositório UNIFEI. <https://repositorio.unifei.edu.br/jspui/handle/123456789/3399>.

Tinbergen, J. (1976). Reshaping the international order (RIO). *Futures*, 8(6), 553-556. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(76\)90086-0](https://doi.org/10.1016/0016-3287(76)90086-0).

World Health Organization (WHO). (2022). *Ambient (outdoor) air pollution*. Recuperado em outubro de 2023, de: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).