CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

# VALORAÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE – MG

YU JU SHEN

BELO HORIZONTE
2019

YU JU SHEN

# VALORAÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE – MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. DSc. Arnaldo Freitas de Oliveira Junior

BELO HORIZONTE
2019

**YU JU SHEN**

# VALORAÇÃO DAS EMISSÕES VEICULARES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE – MG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Data de aprovação: 03/12/2019

Banca examinadora:

Arnaldo Freitas de Oliveira Junior – Presidente da Banca Examinadora
Prof. Dr. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Vandeir Robson da Silva Matias
Prof. Dr. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Carolina Dias de Oliveira
Profª. MSc. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, à minha família, e meu pai especialmente, por ter me apoiado em todos os momentos, mesmo agora no outro plano dimensional.

A todos e todas, anjos que me acompanharam nesse percurso da vida, que me ajudaram de coração e me mostraram em ações. Sem vocês este trabalho não teria sido concluído. Sou grata por ter vocês na minha vida!

A essa oportunidade exclusiva, de concluir o Trabalho de Conclusão de Curso. O processo foi longo, com momentos de muita nebulosidade e, nesse trajeto de altos e baixos, agora, por fim, o tempo se abre, o sol aparece e posso dizer que consegui superar algo que achava impossível.

Por fim, a todos que contribuíram para o meu crescimento. Sou grata!

## RESUMO

SHEN, Yu Ju. Valoração das emissões veiculares de gases de efeito estufa na Região Metropolitana de Belo Horizonte – MG. 2019. 66 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

As mudanças climáticas associadas à intensificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) já são cientificamente atribuídas principalmente às ações antropogênicas. Elas têm trazido diversos desastres ambientais (enchentes, seca, tempestades) que causam perdas econômicas, prejuízos à agricultura e à saúde pública, além de diversas perdas ao ecossistema como um todo; significando mais perdas econômicas. Diante desse cenário, esse trabalho foi elaborado com o objetivo de estimar o valor passivo das emissões de gases de efeito de estufa por tipo de combustível veicular dos municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Para tanto, foram utilizados dados da frota de veículos da RMBH, venda de combustível (considerada consumo de combustível), dados históricos de adição de biocombustíveis nos combustíveis comerciais brasileiros gasolina e diesel e os dados de preço do carbono das iniciativas de sistema de comércio de emissões e das iniciativas de impostos sobre o carbono. Além dos dados, foram utilizadas as metodologias de cálculo de emissão do *GHG Protocol* Brasil, e foi assumido, conservadoramente, para o cálculo da valoração do carbono para as emissões da RMBH, o mesmo valor adotado pela União Europeia, no sistema de comércio de emissões, 36 dólares por $tCO_2e$. Essa seleção foi feita levando em consideração que esse é um dado antigo e consolidado (implementado em 2005) e um valor mais alto em relação aos demais países que já adotaram esse sistema. Em termos de emissões de GEE, os municípios de Belo Horizonte, Betim e Contagem, representaram 70% das emissões de GEE da queima de combustível veicular de toda a RMBH e também 70% do valor passivo total gerado (totalizando mais de 1,6 bilhões de dólares). Portanto, é sabido da importância de atuar principalmente nesses três municípios para reduzir as emissões de GEE da região. As propostas de melhorias devem ser avaliadas partindo de uma visão sistêmica e não apenas setorial e devem ser analisadas e consideradas de acordo com uma análise de custo/oportunidade econômica, social e ambiental. Já que não é de grande valia uma medida que reduza a emissão do setor de transportes e eleve as emissões de um outro setor concomitantemente.



**Palavras-Chave**: Emissões de gases de efeito estufa. Mudanças Climáticas. Combustíveis Veiculares. Região Metropolitana de Belo Horizonte. Valoração de Carbono.

## ABSTRACT

The Climate Change, associated with the intensification of greenhouse gases (GHG), is already scientifically attributed mainly to anthropogenic actions. They have caused several environmental disasters (floods, droughts, storms) that cause economic savings, damage to agriculture and public health; besides several variations to the ecosystem as a whole; meaning more economic savings. Given this scenario, this study was elaborated to estimate the passive value of greenhouse gas (GHG) emissions by type of vehicular fuel in the municipalities of the Metropolitan Region of Belo Horizonte (RMBH). To this end, it was considered the data from the RMBH vehicle fleet, the fuel sales (considered as fuel consumption), historical data on the addition of biofuels to Brazilian commercial fuels gasoline and diesel, and carbon price data from emissions trading system initiatives and the carbon tax initiatives. In addition to the data, as methodology, it was adopted the GHG Protocol method applied in Brazil, and it was conservatively assumed to calculate the carbon valuation for RMBH emissions, the same value adopted by the European Union in the emissions trading system, US$36/t$CO_2$e. This selection was made considering that this is an old and consolidated data (implemented in 2005) and a higher value compared to other countries that have already adopted this system. In terms of GHG emissions, the municipalities of Belo Horizonte, Betim and Contagem accounted for 70% of GHG emissions from vehicular fuel combustion from all the RMBH and also 70% of the total passive amount generated (adding up over 1.6 billion of dollars). Therefore, it is well known the importance of acting mainly in these three municipalities to reduce the region's GHG emissions. Proposals for improvement should be evaluated from a systemic rather than sectoral view and should be analyzed and considered according to an economic, social and environmental cost / opportunity analysis. Since it is not of great value, an action that reduces emissions from the transport sector and raises emissions from another sector at the same time.



**Keywords:** Greenhouse gas emissions. Climate changes. Vehicle fuels. Belo Horizonte Metropolitan Region. Carbon valuation.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

## (A) FIGURAS

**Figura 1. Evolução do consumo de energia no setor de Transportes.** ..... 18

**Figura 2. Emissões $CO_2e$ no setor de transporte de MG - Ano base 2014.** ..... 19

**Figura 3. Evolução das emissões do setor de Energia em Belo Horizonte, 2000 a 2007.** ..... 20

**Figura 4. Tipos de valor econômico do recurso ambiental.** ..... 22

**Figura 5. Precificação por tributação de carbono e de sistemas de comércio de emissões.** ..... 25

**Figura 6. Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e o colar metropolitano.** ..... 31

**Figura 7. Intensidade dos deslocamentos para trabalho e estudo na Concentração Urbana de Belo Horizonte/MG.** ..... 32

## (B) GRÁFICOS

**Gráfico 1. Venda de combustíveis por ano de 2007 a 2017 na RMBH.** ..... 41

**Gráfico 2. Venda dos combustíveis em Belo Horizonte, Betim e Contagem de 2007 a 2017.** ..... 42

**Gráfico 3. Comparação de proporção de venda de combustíveis da RMBH em litros.** ..... 45

**Gráfico 4. Comparação proporção de venda de combustível da RMBH x Belo Horizonte.** ..... 45

**Gráfico 5. Emissões da venda de combustíveis na RMBH de 2007 a 2017.** ..... 48

**Gráfico 6. Comparação de emissões da RMBH para os anos de 2007 a 2017.** ..... 48

**Gráfico 7. Emissão de $CO_2e$ de Belo Horizonte, Betim e Contagem de 2007 a 2017.** ..... 49

**Gráfico 8. Comparação de emissões de BH com os municípios da RMBH de 2007 a 2017.** ..... 49

**Gráfico 9. Comparação da média do valor passivo da RMBH com BH, Betim e Contagem.** ..... 52

## (C) FLUXOGRAMA

**Fluxograma 1. Estrutura do trabalho.** ..... 30

# LISTA DE TABELAS

**Tabela 1. Porcentagem de locomoções e viagens em algumas cidades.** ..... 20
**Tabela 2. Fator de emissão final utilizado para combustíveis gasolina e diesel de 2007 a 2017.** ..... 35
**Tabela 3. Combustíveis vendidos de 2007 a 2017 por município na RMBH.** ..... 40
**Tabela 4. Quantidade de veículos por ano por tipo de combustível nos municípios de Belo Horizonte, Betim e Contagem.** ..... 43
**Tabela 5. Quantidade de veículos movidos a tipo de combustível selecionados para BH, Betim e Contagem no ano de 2017.** ..... 44
**Tabela 6. Emissões ($tCO_2E$) por ano na RMBH de 2007-2017.** ..... 47
**Tabela 7. Valor passivo em dólares, por município da RMBH, de 2007 a 2017.** ..... 51
**Tabela 8. Variação do valor passivo em relação a média da RMBH para os municípios de BH, Betim e Contagem.** ..... 52
**Tabela 9. Valor passivo em dólares da RMBH por ano.** ..... 53

# LISTA DE QUADROS

**Quadro 1. Fontes de Gases de Efeito Estufa.** ..... 15
**Quadro 2. Risco, problemas e perspectivas de adaptação às mudanças climáticas para a América Central e do Sul.** ..... 16
**Quadro 3.Tributos x Sistema de Comércio de Emissões.** ..... 25
**Quadro 5. Iniciativas de sistema de comércio de emissões implementadas até 2019.** ..... 37
**Quadro 6. Iniciativas de impostos sobre carbono implementadas até 2019.** ..... 38
**Quadro 7. Iniciativas programadas e em consideração para a implementação de precificação de carbono.** ..... 39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---|---|
| ANP | Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis |
| AR3 | *Third Assesment Report* (Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC) |
| AR4 | *Fourth Assesment Report* (Quarto Relatório de Avaliação do IPCC) |
| BH | Belo Horizonte |
| CDP | *Carbon Disclosure Project* |
| CEBDS | Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável |
| CEMIG | Companhia Energética de Minas Gerais |
| DENATRAN | Departamento Nacional de Trânsito |
| ETS | *Emissions Trading System* (Sistema de Comércio de Emissões) |
| FE | Fator de Emissão |
| FEAM | Fundação Estadual do Meio Ambiente |
| GEE | Gases de Efeito Estufa |
| GWP | *Global Warming Potencial* |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IEA | *International Energy Agency* (Agência Internacional de Energia) |
| IPCC | *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) |
| IPEA | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada |
| IPTU | Imposto Predial e Territorial Urbano |
| IPVA | Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotoras |
| MMA | Ministério do Meio Ambiente |
| PAG | Potencial de Aquecimento Global |
| PBH | Prefeitura de Belo Horizonte |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| RMBH | Região Metropolitana de Belo Horizonte |
| SCE | Sistema de Comércio de Emissões |
| SEEG | Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa |
| $tCO_2e$ | Tonelada de dióxido de carbono emitido |
| tGEE | Tonelada de Gases de Efeito Estufa |
| UNFCCC | *United Nations Framework Convention on Climate Change* (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas) |
| WRI | *World Resourses Institute* |

**SUMÁRIO**


1. INTRODUÇÃO 11

2. OBJETIVOS 13

2.1. Objetivo Geral 13

2.2. Objetivos Específicos 13

3. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO 14

3.1. Contexto das emissões de Gases de Efeito Estufa 14

3.2. Setor de transportes 17

3.3. Valoração 21

3.4. Precificação de $CO_2e$ 23

3.4.1 Tipos de instrumento de precificação de carbono 24

3.4.2 Brasil e seus acordos 26

4. METODOLOGIA 30

4.1. Caracterização da área de estudo: RMBH 30

4.1.1 A Região Metropolitana de Belo Horizonte 31

4.2. Quantificação de combustível vendido na RMBH 33

4.3. Cálculo do GEE emitido 34

4.4. Precificação de emissões 36

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 40

5.1. Combustíveis vendidos na RMBH 40

5.2. Emissões da RMBH 46

5.3. Precificação das emissões de $CO_2e$ 50

5.4 Planos de redução de Gases de Efeito Estufa 54

5.4.1. A nível individual 54

5.4.1. A nível governamental 54

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 58

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

# 1. INTRODUÇÃO

O crescimento rápido e intenso da urbanização tem modificado a qualidade e o padrão de vida populacional. Dentre elas a mobilidade urbana, refletindo no crescente uso do transporte motorizado individual pelos habitantes, gerando uma série de externalidades, como congestionamento, acidentes, poluição, entre outros (IPEA, 2016).

A intensificação do efeito estufa é um dos temas mais discutidos na atualidade em âmbito mundial. Segundo o *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC ou Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - traduzido para o português - (IPCC, 2006), os setores econômicos que são os principais responsáveis pelo aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) são: (i) energético, (ii) de transportes, (iii) industrial e (iv) uso e ocupação do solo (IPCC, 2006). No Brasil, o setor de transporte é o que mais impacta a qualidade do ar, já que a mobilidade dos veículos rodoviários foi responsável em 2009 por 90% das emissões de gases poluentes e de GEEs (MMA, 2009).

De acordo com dados do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa - SEEG, o Brasil é avaliado como o sétimo maior emissor de GEE do mundo, e apresenta cerca de 44% desses gases advindos das mudanças de uso da terra, sobretudo do desmatamento na Amazônia e no Cerrado. Já o segundo maior setor de emissões no país é a agropecuária com 25% e o terceiro setor, o de energia, relacionado as atividades que usam combustíveis fósseis e energia elétrica, com 21% (SEEG, 2019).

De modo específico no setor de energia, nota-se que os transportes representam a principal fonte de emissões, respondendo a 200,2 milhões de toneladas de $CO_2e$ gerados no ano de 2018, o equivalente a 49% do total das emissões do setor, correspondendo ao transporte de cargas e passageiros de modo praticamente equilibrado (SEEG, 2019).

Logo, é possível perceber que o setor de transporte tem uma enorme contribuição nas emissões principalmente em função da queima de combustíveis não renováveis em veículos particulares (SEEG, 2016). No Brasil, cerca de 70% das emissões totais do transporte rodoviários de passageiros esteve associada ao transporte via automóveis particulares em 2015 (SEEG, 2017). Tal cenário sendo semelhante para Belo Horizonte - BH, tendo em vista que as maiores emissões vêm sendo, já há alguns anos, associadas aos automóveis particulares (PBH, 2016).

Segundo o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas – PBMC (2016), o setor de energia, transporte e gestão de resíduos possuem maior potencial para redução das emissões em cidades no Brasil. E, considerando os compromissos assumidos pelo Brasil no Acordo de Paris - aprovado em 2015 na COP-21 e que entrou em vigor em 2016 - as principais metas são reduzir 37% das suas emissões de GEE até 2025, e ainda realizar a possível redução em 43% até 2030, com ano base as emissões de 2005 (MMA, 2017). Portanto, torna-se relevante a adoção de medidas mitigadoras de emissões de GEE para alcançar tais metas, principalmente para o subsetor de transporte, visto que esse é um dos principais em termos de emissão de GEE.

Diante disso, a relevância desse trabalho encontra-se em estimar as emissões de GEE do setor de transporte da Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH e valorar uma solução de mitigação, a fim de compreender e propor soluções para este cenário atual.

# 2. OBJETIVOS

## 2.1. Objetivo Geral

Estimar o valor passivo das emissões de Gases de Efeito de Estufa (GEE) por tipo de combustível veicular dos municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

## 2.2. Objetivos Específicos

- Mostrar a importância do setor de transporte nas emissões de gases de efeito estufa;
- Quantificar a emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE) através da ferramenta *GHG Protocol*;
- Avaliar a evolução das emissões veiculares dos municípios da RMBH no intervalo de 2007 a 2017 conforme dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP);
- Estimar o valor passivo gerado pelas emissões a partir da metodologia desenvolvida.

# 3. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

## 3.1. Contexto das emissões de Gases de Efeito Estufa

A existência dos Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera é algo natural e benéfico ao planeta, já que são eles que garantem a existência da vida na Terra. Contudo, com o desenvolvimento industrial, o ser humano vem contribuindo de forma mais intensa para o aumento da concentração destes gases na atmosfera, o que segundo pesquisas e estudos ambientais, tem sido a principal causa do agravamento do efeito estufa e das mudanças climáticas (IPCC, 2014).

Segundo Carlos Nobre (2008), mudanças climáticas se refere a mudanças do clima em decorrência do tempo, sendo de maneira natural ou antrópica. Porém segundo ele, na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, considera-se mudanças climáticas atividades antrópicas que contribua de forma direta ou indireta para a alteração da composição da atmosfera global adicionada as mudanças naturais ao longo de um tempo.

Conforme estes estudos e relatórios divulgados pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) diversos são os gases que contribuem para o efeito estufa e muitos deles são regulados pelo Protocolo de Quioto. Contudo, o principal gás de efeito estufa oriundo das atividades antrópicas é o dióxido de carbono ($CO_2$). Dessa forma, ao contabilizar as emissões de GEE é preciso converter as emissões dos demais gases para uma base comparativa em relação ao $CO_2$, chegando a uma unidade comum denominada $CO_2$ equivalente ($CO_2e$). Para isso, usa-se o Potencial de Aquecimento Global (PAG) dos gases de efeito estufa ou, do inglês, *Global Warming Potential* (GWP) num horizonte de cem (100) anos (IPCC, 2007).

Os Gases de Efeito Estufa e suas formas de emissão que provocam esse fenômeno são mostradas no Quadro 1:

**Quadro 1. Fontes de Gases de Efeito Estufa.**

| Gases de efeito estufa (GEE) | Protocolo de inclusão | Principais fontes |
|---|---|---|
| Dióxido de carbono ($CO_2$) | Protocolo de Quioto | Uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) e mudança no uso da terra. |
| Óxido nitroso ($N_2O$) | Protocolo de Quioto | Tratamento de dejetos animais; uso de fertilizantes; queima de combustíveis fósseis; alguns processos industriais. |
| Metano ($CH_4$) | Protocolo de Quioto | Decomposição da matéria orgânica em aterros sanitários, lixões e reservatórios de hidrelétricas; criação de gado e cultivo de arroz. |
| Hidrofluorcarbonos (HFCs) | Protocolo de Quioto | Usado em aerossóis e refrigeradores. |
| Hexafluoreto de enxofre ($SF_6$) | Protocolo de Quioto | Isolante térmico e condutor de calor |
| Perfluorcarbonos (PFCs) | Protocolo de Quioto | Gases refrigerantes, solventes, propulsores, espuma e aerossóis. |
| Trifluoreto de nitrogênio ($NF_3$) | Protocolo de Quioto | Fabricação de televisores de cristal líquido, indústrias de componentes eletrônicos |
| Cloro-flúor-carboneto (CFC) | Protocolo de Montreal (ou seja, é um GEE não-Quioto) | Embora tenha sido por lei eliminado no Brasil, ainda temos equipamentos de refrigeração e ar condicionado que operam com esses gases. |

Fonte: adaptado de SENAI (2017).

O Quadro 1 evidencia que os GEE abordados neste estudo são os gases incluídos no Protocolo de Quito. O Protocolo de Quioto foi assinado em 1997 e ratificado em 2005, se tornando um compromisso internacional para a redução da emissão dos gases que agravam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa antropogênica do aquecimento global. Dois importantes estudos que atribuíram a intensificação das emissões de GEE ao aquecimento médio global da superfície terrestre e de majoritária responsabilidade ao ser humano foram: i. O Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC – *AR3, Climate Change* 2001; e ii. O Quarto Relatório de Avaliação do IPCC – AR4, *Climate Change 2007*.

Ainda de acordo com os relatórios do IPCC, especialmente o AR3 e o AR4, diversos impactos são causados em decorrência das mudanças climáticas nos sistemas naturais e, ainda, impactos indiretos no meio social, tais como saúde pública, segurança alimentar e segurança das condições sociais (IPCC, 2014). Logo, em função deste posicionamento, assume-se a abordagem antropogênica para o cenário de mudanças climáticas neste estudo.

De modo específico para as questões climáticas na América do Sul e Central, os principais riscos, problemas e perspectivas de adaptação para um cenário de mudanças climáticas (ver Quadro 2 abaixo), oriundas do aumento das emissões de GEE, podem ser

classificadas como baixa, média ou alta confiança. Tal confiança se refere à maior ou menor probabilidade de ocorrência que este risco é capaz de acontecer na região em estudo. Além disso o IPCC mostra os problemas e perspectivas de adaptação conforme o possível risco apresentado.

**Quadro 2. Risco, problemas e perspectivas de adaptação às mudanças climáticas para a América Central e do Sul.**

| RISCO | PROBLEMAS E PERSPECTIVAS DE ADAPTAÇÃO | CONFIANÇA |
|---|---|---|
| Indisponibilidade da água em regiões semiáridas e dependentes da fusão dos glaciares e na América Central; inundações e deslizamento de terras em áreas urbanas e rurais devido a precipitação extrema | • Gestão integrada dos recursos hídricos<br>• Gestão de inundações urbanas e rurais (incluindo infraestruturas), sistemas de alerta precoce, melhores previsões meteorológicas e de escoamento e controle de doenças infeciosas | Alta |
| Diminuição da produção e qualidade dos alimentos | • Desenvolvimento de novas variedades de culturas mais adaptadas às alterações climáticas (temperatura e seca)<br>• Compensação dos impactos sobre a saúde humana e animal causados pela qualidade reduzida dos alimentos<br>• Compensação dos impactos económicos da alteração da utilização dos solos<br>• Reforçar os sistemas e práticas de conhecimento tradicionais indígenas | Média |
| Propagação de doenças transmitidas por vetores em altitude e latitude | • Desenvolvimento de sistemas de alerta precoce para o controlo de doenças e mitigação com base em informações relevantes sobre o clima e outras. Muitos fatores aumentam a vulnerabilidade<br>• Estabelecer programas para aumentar os serviços básicos de saúde pública | Alta |

Fonte: IPCC, 2014. Adaptada pela autora.

Pela análise deste quadro, é possível observar que existem riscos altos de indisponibilidade de água em regiões semiáridas, inundações e deslizamento de terra em áreas urbanas e rurais, propagação de doenças transmitidas por vetores e, ainda, riscos médios da diminuição da produção de alimentos.

Segundo dados da *International Energy Agency* (IEA) - ou Agência Internacional de Energia traduzido para o português - as questões associadas às mudanças climáticas fazem com que uma economia de baixo carbono seja incentivada para o alcance do desenvolvimento sustentável. Isso significa que estão sendo desenvolvidos meios e

articulações globais para que haja harmonização do desenvolvimento econômico e da proteção do sistema climático (IEA, 2017).

Estudos realizados pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA, em 2015, apontam que é muito relevante quantificar as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), valorar essas emissões e até mesmo propor medidas adaptativas ou mitigativas. Visto que a definição de um preço gerencial de GEE pode ser implantada em situações em que se busca identificar oportunidades e riscos climáticos. Desta forma, o custo de carbono direciona a tomada de medidas proativas frente às mudanças climáticas ao mesmo tempo em que reduz riscos e captura oportunidades (MMA, 2015). E é nesse intuito que este estudo foi direcionado, voltado para a escala de análise da RMBH (Região Metropolitana de Belo Horizonte).

### 3.2. Setor de transportes

A poluição atmosférica pode ser oriunda de diversos tipos de fontes, podendo estas serem classificadas em: estacionárias, móveis e fugitivas. As estacionárias são provindas das chaminés e incineradores; as fontes móveis se referem aos meios de transportes e as fontes fugitivas são originadas das tochas de queima de gás natural e escape de gases. Considerando as fontes citadas, as móveis são as que mais contribuem para a emissão de GEE (DE MATTOS, 2001).

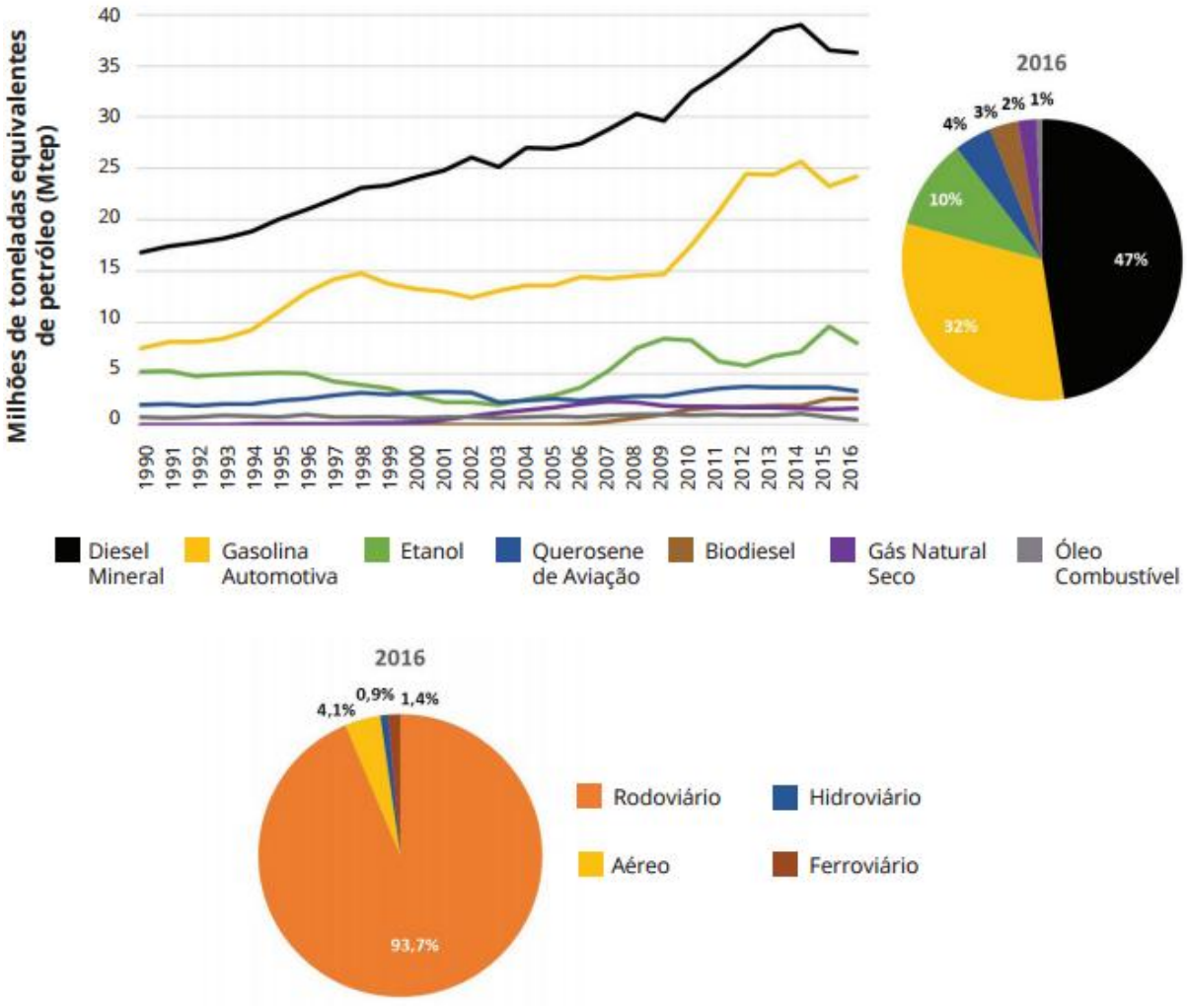
O setor de transportes, principalmente o rodoviário, se destaca pelo consumo de combustíveis fósseis e é uma das principais forças motrizes do progresso da economia mundial, possibilitando a circulação de pessoas, bens e serviços (MATTOS, 2001). No entanto, na esfera global, os veículos automotores exercem um papel indispensável no contexto ambiental, em virtude das suas emissões serem derivadas de fontes móveis, prejudiciais à saúde e ao bem-estar humano (NUNES; MARQUES JÚNIOR; RAMOS, 2003).

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2011), o crescimento progressivo da frota de veículos automotores no Brasil resulta em impactos significativos no ambiente urbano, como aumento de congestionamento no trânsito com o consequente aumento de tempo no deslocamento de pessoas, bens e serviços; a elevação da poluição veicular, principalmente nos grandes centros urbanos; o excesso de ruídos provindos desses veículos; e a poluição visual devido à quantidade demasiada de veículos nas ruas.

O principal responsável pelo agravamento do efeito estufa é o gás carbônico ($CO_2$) lançado na atmosfera pelas indústrias, veículos automotores e especialmente, pela queima de combustível fóssil (Raslan, 2010 *apud* LINK; FREITAS, 2014). No Brasil, os impactos provindos das emissões de GEE podem acentuar em razão do país possuir uma forte tendência ao uso modal rodoviário, tanto para transporte de carga quanto de passageiros (MATTOS, 2001).

O segmento de transportes do Brasil apresentou, nos últimos dez anos, a maior taxa média de crescimento do consumo de energia - 4,4% ao ano entre 2006 e 2016, com destaque o modal rodoviário que revelou a predominância de 93,7% do consumo em 2016 (SEEG, 2018), conforme mostra a Figura 1:

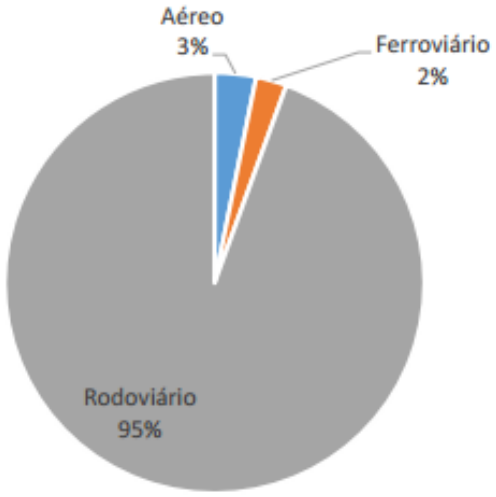
**Figura 1. Evolução do consumo de energia no setor de Transportes.**




Fonte: SEEG, 2018.

Em Minas Gerais, a estimativa feita pela Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM (2016) indica que, em 2014, o subsetor de transporte é o maior emissor de GEE, e corresponde a 57% das emissões do setor de Energia, com modal rodoviário predominante (95%) conforme a Figura 2.

**Figura 2. Emissões CO2e no setor de transporte de MG - Ano base 2014.**

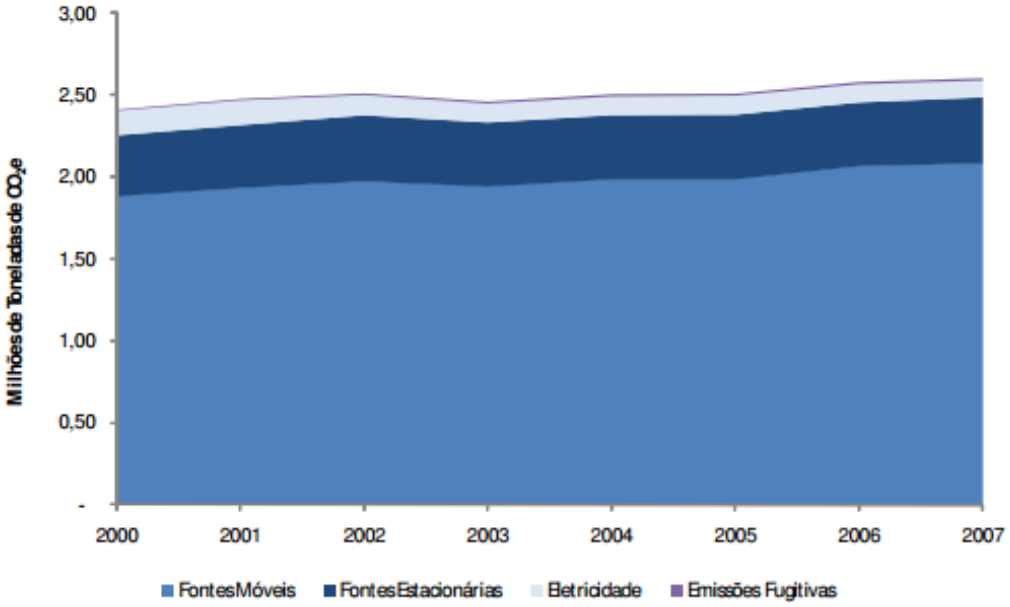



Fonte: FEAM, 2016.

Já no município de Belo Horizonte, as emissões do setor de energia totalizaram 2.601.081 toneladas de $CO_2e$ em 2007, representando 82% do total. Dentre os subgrupos de emissão, o setor de transportes foi a mais relevante, sendo a gasolina automotiva responsável por 49% das emissões totais das fontes móveis e o diesel responsável por 33% no mesmo ano (PBH, 2009).

A evolução das emissões de GEE do setor de energia em Belo Horizonte, de 2000 a 2007, são mostrados na Figura 3, apresentando que as fontes móveis são as que ocupam a maior porcentagem das emissões.

**Figura 3. Evolução das emissões do setor de Energia em Belo Horizonte, 2000 a 2007.**




Fonte: PBH, 2009.

O Brasil é dependente do transporte rodoviário (público e particular) e grande consumidor de combustíveis fósseis, sendo assim, por meio da Tabela 1 é possível perceber os percentuais de locomoções e viagens em algumas cidades brasileiras em relação a outras metrópoles mundiais (BALASSIANO, 2012).

**Tabela 1. Porcentagem de locomoções e viagens em algumas cidades.**

| Cidades | Transporte Público | Carros | Bicicleta | a pé | Outros |
|---|---|---|---|---|---|
| Rio | 45,0 | 15,0 | 3,3 | 34,0 | 2,7 |
| São Paulo | 49,0 | 17,5 | 1,0 | 30,0 | 2,5 |
| Belo Horizonte | 45,8 | 23,0 | 0,5 | 27,0 | 3,7 |
| Recife | 44,0 | 26,5 | 1,3 | 26,0 | 2,2 |
| Porto Alegre | 44,5 | 24,5 | 1,0 | 27,0 | 3,0 |
| Boston | 34,5 | 44,7 | 2,1 | 14,1 | 4,6 |
| Los Angeles | 11,3 | 77,6 | 1,0 | 3,4 | 6,7 |
| São Francisco | 31,8 | 46,4 | 3,0 | 10,3 | 8,5 |
| Nova York | 54,9 | 28,7 | 0,6 | 10,3 | 5,5 |
| Londres | 35,7 | 40,1 | 1,6 | 20,9 | 1,7 |
| Shanghai | 25,0 | 5,0 | 33,0 | 31,0 | 6,0 |
| Sydney | 11,3 | 67,9 | 0,6 | 18,5 | 1,7 |

Fonte: BALASSIANO, 2012.

Percebe-se, portanto, que o transporte público é responsável pela maioria das viagens de locomoção de pessoas nas cidades brasileiras (40-45%), seguida de viagens e locomoções a pé (30%) e posteriormente viagens e locomoções de automóveis (15- 25%). Isso significa que todos os anos um grande volume de GEE é lançado na atmosfera em decorrência da queima de combustíveis fósseis por veículos brasileiros.

O município de Belo Horizonte apresenta também o transporte público o responsável pela maioria das viagens de locomoção de pessoas na cidade (45,8%), seguida de viagens e locomoções a pé (27%) e subsequentemente viagens de locomoções de automóveis particulares (23%). Percebe-se que se implementar programas governamentais e planos para atuar na eficiência e no uso de combustíveis nos transportes públicos e também em veículos particulares, será possível reduzir o volume das emissões de GEE lançadas na atmosfera provindas da queima de combustíveis fósseis.

### 3.3. Valoração

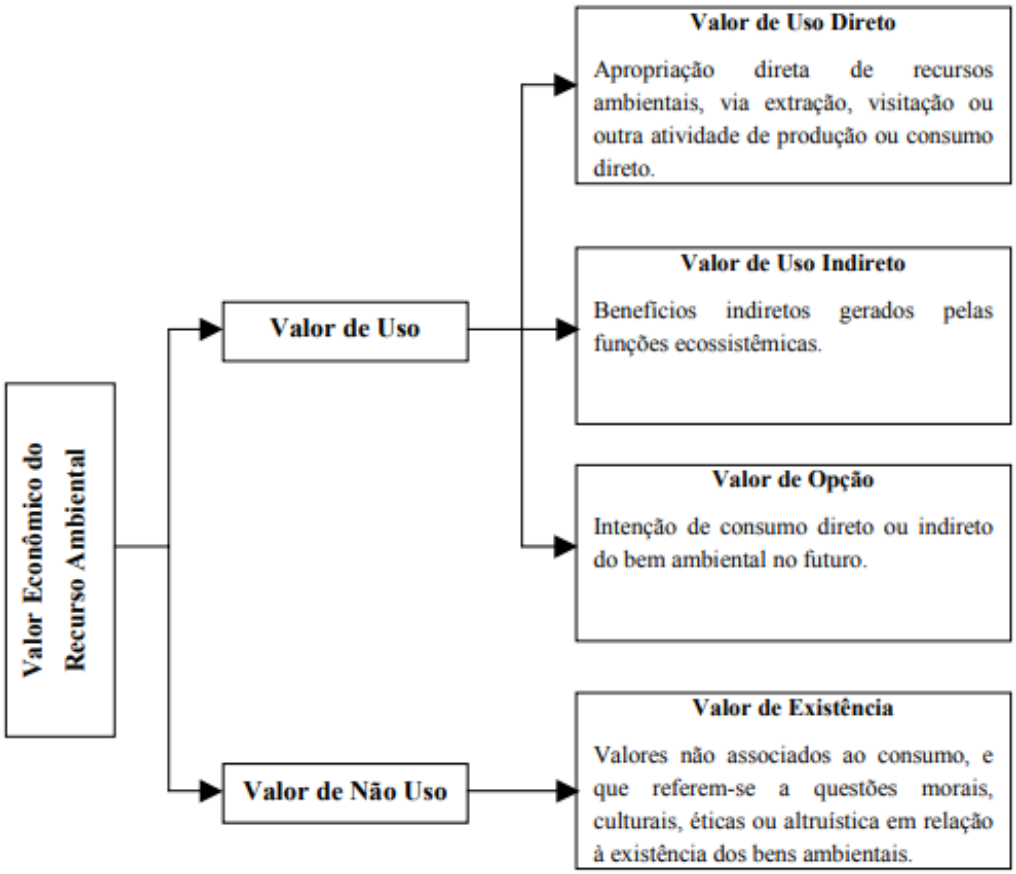
Valoração ambiental é a atribuição de valores monetários aos ativos ambientais, às mudanças ocorridas nesses ativos e aos efeitos dessas mudanças no bem-estar do ser humano (MARQUES, 1997).

A valoração monetária ambiental torna-se essencial quando não é possível garantir que a exploração dos recursos naturais ocorra de forma sustentável e racional. Dessa forma, a valoração pretende que a degradação da maioria dos recursos ambientais seja interrompida antes que ultrapasse o limite da irreversibilidade (MARQUES, 1997).

O valor que resulta do uso direto do recurso (amenidade) é medido pelo valor de uso; já o valor que resulta do uso passivo é medido através do valor de opção e do valor de existência (PEARCE & TURNER, 1990). Tem-se, então, que o valor econômico dos bens e serviços ambientais é composto por três tipos de valores: (i) valor de uso, (ii) valor de opção e (iii) valor de existência. Sendo que o primeiro refere-se ao valor atribuído pelos indivíduos devido à participação em uma determinada atividade; o segundo diz respeito à disposição a que os indivíduos têm de pagar para conservar um determinado recurso ou amenidade ambiental que pode ser usado no futuro e cuja substituição seria difícil ou impossível; e o terceiro diz respeito aos indivíduos que percebem benefícios apenas pela existência de determinada amenidade ambiental ou espécie, sem que haja a intenção de utilizá-las (PEARCE & TURNER, 1990).

Além do valor do uso direto, existe também o valor do não uso, ou valor de existência do recurso ambiental, caracterizado à própria existência do recurso dos atributos, sem nenhuma associação ao seu uso no presente ou futuro (MAIA *et al*., 2004). Na Figura 4 é mostrado os tipos de valor econômico do recurso ambiental e seus respectivos subgrupos.

**Figura 4. Tipos de valor econômico do recurso ambiental.**




Fonte: MAIA *et al*., 2004.

De acordo com o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável - CEBDS (2016), a externalidade é um termo muito utilizado dentro da economia ambiental, e é considerada efeitos do impacto das ações econômicas sobre o bem-estar de outras ações econômicas que não estão diretamente relacionados ou que não tomam parte da ação. Esses efeitos podem ser benéficos, incrementando o bem-estar sem compensação do causador, ou maléficos, diminuindo o bem-estar sem que o lesado receba uma indenização.

Os custos ambientais e socioeconômicos associados às emissões de GEE geram externalidades negativas, considerando a não motivação financeira por parte de empresas e consumidores em reduzir suas emissões, que não são captados pelo mercado quando não há

instrumentos econômico (CEBDS, 2016). Com a precificação de carbono cria-se uma motivação financeira para redução das emissões e ainda faz com que a mitigação siga uma trajetória de menor custo agregado para a economia (CDP, 2017).

### 3.4. Precificação de $CO_2e$

A precificação de carbono é considerada um mecanismo de decisões financeiras para diversos custos, como sociais, ambientais e econômicos. Isso se faz necessário porque os impactos resultantes das mudanças climáticas derivadas da emissão de $CO_2$ não são captados pelo mercado. Assim, a precificação de carbono nada mais é que uma atribuição de um valor monetário para o GEE emitido em $tCO_2e$, contribuindo nas tomadas de decisões, seja para desestimular a adoção de tecnologias carbono-intensivas, seja para incentivar atividades que minimizem a emissão de GEE (CEBDS, 2016).

A precificação é baseada no princípio do poluidor-pagador, ou seja, o poluidor paga via taxação das emissões - taxação ou tributação de carbono – ou pelo estabelecimento de mercados de comercialização de emissões (ETS – *Emissions Trading Scheme*), caso a mitigação não seja feita internamente. Através da precificação, os custos juntamente com o aumento das emissões de GEE na atmosfera oriundas de atividades antrópicas podem gerar no mercado reflexos no que refere a investimentos em tecnologias mais limpas, com baixa emissão de GEE (CEBDS, 2016).

A precificação de carbono vem sendo adotada em todo o mundo. De acordo com dados do antigo *Carbon Disclosure Project* - CDP, mais de 500 empresas em todo o mundo utilizam seu preço interno de carbono para a realização de tomadas de decisão. A redução das emissões de GEE acaba sendo um modelo de produção mais vantajoso quando comparado a novas tecnologias de uso de carbono intensivas (CEBDS, 2016).

No Brasil, as jurisdições internacionais que tributavam o carbono ou operavam sistemas de comércio de emissões já eram 64 em 2016, correspondendo a 13% das emissões globais. Esse assunto vem sendo considerado instrumento de política climática desde 2011 (CDP, 2017).

### 3.4.1 Tipos de instrumento de precificação de carbono

Atualmente existem dois tipos de instrumentos de precificação de carbono mais utilizadas e conhecidos mundialmente, denominados tributos e sistema de comércio de emissões. Os tributos são preços a serem pagos relacionados as emissões de GEE conforme a quantidade emitida em termos de carbono equivalente. Já o sistema de comércio de emissões está relacionado a mercados de negociações, de compra e venda, na qual quem tem mais crédito de carbono, possa vender para quem está em débito. Considerando isso tem-se uma interação de mercado definindo o preço do carbono (CEBDS, 2016).

Os dois tipos de instrumentos seriam equivalentes, em teoria, sem considerar os custos de transação e incerteza nos custos de redução de emissões (CEBDS, 2016). As questões locais são de importância para a definição de qual instrumento é mais apropriado, como políticas públicas adotadas, quesitos socioeconômicos, históricos e ambientais, localização geográfica, clima local, entre outros.

Além disso, existem desafios para os dois tipos de instrumentos como: implementação do instrumento, definição do escopo, medidas de compensação e outros. No que refere a desafios específicos para cada um, na tributação a definição da alíquota do tributo é um desafio e para o sistema de comércio de emissões, definir critérios de alocação de direitos de emissão é o que está sendo questionado atualmente (CEBDS, 2016).

Além dos desafios, os dois instrumentos também apresentam vantagens e desvantagens, conforme o Quadro 3 a seguir. Segundo Nicolletti e Lefèvre (2016), para o instrumento de tributação as vantagens estão relacionadas a certezas sobre custos e redução de riscos para investidores, enquanto que para o instrumento de sistema de comércio de emissões assegura resultados ambientais. Já as desvantagens, para o instrumento de tributação se refere a não garantia do resultado ambiental desejado, enquanto que para sistema de comércio de emissões implica na volatilidade de preço e riscos aos atores econômicos envolvidos.

**Quadro 3.Tributos x Sistema de Comércio de Emissões.**

| | Tributos | SCE |
|---|---|---|
| Desafio geral | Implementação do instrumento, definição do escopo, medidas de compensação e outros | |
| Desafio específico | Definição da alíquota do tributo | Definir critérios de alocação de direitos de emissão |
| Vantagens | ● Certezas sobre custos<br>● Redução de riscos para investidores | Assegura resultados ambientais |
| Desvantagens | Não garantia do resultado ambiental desejado | ● Volatilidade de preço<br>● Riscos aos atores econômicos envolvidos |

Fonte: NICOLLETTI e LEFÈVRE (2016). Elaborada pela autora.

Pode-se comparar os dois tipos de instrumentos de precificação através da Figura 5, que mostra como elas ocorrem de forma simplificada.

**Figura 5. Precificação por tributação de carbono e de sistemas de comércio de emissões.**

Fonte: CEBDS, 2016. Modificada pela autora.

Pela Figura 5 percebemos que o sistema de precificação por tributação de carbono, ao reduzir a emissões de GEE, gera economia para empresa que a utiliza, enquanto no

sistema de comércio de emissões a redução das emissões de GEE geram venda de permissões do que não foi utilizado.

No caso do sistema de tributação é determinado um preço a ser pago por unidade de emissão, podendo ter tributos muito baixos, baixos, moderados ou altos conforme a quantidade de emissão da empresa. Já no sistema de comércio de emissões a quantidade máxima de emissões para toda a economia é distribuída entre os agentes (*cap*), permitindo que estes se transacionem, gerando venda de permissões para valores abaixo do acordado, ou penalidades e compra de permissões acima do acordado.

### 3.4.2 Brasil e seus acordos

Em Paris, aconteceu a 21ª Conferência das Partes (COP21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) em 2015. Nessa conferência, foi adotado um novo acordo com o objetivo central de fortalecer a resposta global às mudanças climáticas e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças.

O Acordo de Paris, ao reforçar a implementação da Convenção, inclui seus objetivos no Artigo 2º:

a) Manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais, e manter os esforços para limitar esse aumento da temperatura a 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais, reconhecendo que isso reduziria significativamente os riscos e os impactos da mudança do clima;
b) Aumentar a capacidade adaptativa dos impactos negativos à mudança do clima e promover a resiliência do clima e um baixo desenvolvimento de emissão de Gases de Efeito Estufa, de uma maneira que não ameace a produção de alimentos; e
c) Criar fluxos financeiros compatíveis com uma trajetória rumo a um desenvolvimento de baixa emissão de Gases de Efeito Estufa e resiliente à mudança do clima.

Este artigo foi implementado de modo a refletir a equidade e o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas em respectivas capacidades, à luz das diferentes circunstâncias de cada país. Essas responsabilidades comuns, porém, diferenciadas significam que ações conjuntas são tomadas em escala global, porém os países que historicamente e atualmente contribuem mais intensamente com o agravamento

do efeito estufa, possuem maior responsabilidade, maior aparato tecnológico e melhores condições financeiras para agirem na direção da solução dessa problemática mundial.

De acordo com o IPCC (2014), cenários globais consistentes com uma chance "provável" de manter a mudança de temperatura abaixo de 2°C em relação a níveis pré-industriais são caracterizados por:

i) uso sustentável da bioenergia;
ii) medidas em grande escala no setor de mudança do uso da terra e florestas;
iii) triplicar a quase quadruplicar na matriz energética mundial, até 2050, a participação de fontes de energia sem emissão ou com baixo nível de emissões de carbono.

O aumento do uso de fontes de energia menos intensas em emissão de GEE (por exemplo, o uso de biocombustíveis como o etanol e o biodiesel) ou fontes de energia não emissoras de GEE (como a energia solar e eólica) são as duas melhores alternativas para a redução das emissões de GEE advindas de combustíveis fósseis, não-renováveis (SILVA, 2013).

Diante desse cenário, o Brasil estabeleceu adotar medidas adicionais que são consistentes com a meta de temperatura de 2°C, em particular, de acordo com Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima (2015):

i) aumentar a participação de bioenergia sustentável na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030, expandindo o consumo de biocombustíveis, aumentando a oferta de etanol, inclusive por meio do aumento da parcela de biocombustíveis avançados (segunda geração), e aumentando a parcela de biodiesel na mistura do diesel;

ii) no setor florestal e de mudança do uso da terra:
   - fortalecer o cumprimento do Código Florestal, em âmbito federal, estadual e municipal;
   - fortalecer políticas e medidas com vistas a alcançar, na Amazônia brasileira, o desmatamento ilegal zero até 2030 e a compensação das emissões de gases de efeito de estufa provenientes da supressão legal da vegetação até 2030;

- restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas até 2030, para múltiplos usos;
- ampliar a escala de sistemas de manejo sustentável de florestas nativas, por meio de sistemas de georreferenciamento e rastreabilidade aplicáveis ao manejo de florestas nativas, com vistas a desestimular práticas ilegais e insustentáveis;

Cerca de 44% dos GEE são advindos das mudanças de uso da terra, sobretudo do desmatamento na Amazônia e no Cerrado (SEEG, 2019). Adotar medidas neste setor é importante devido este ser considerado o principal setor de emissão de GEE.

Atualmente, tem sido muito debatido as questões de desmatamento e queimadas na Amazônia, assunto este pertinente de estar em alta nas pautas de discussões do país, uma vez que mudanças de uso da terra são os que mais emitem GEE, além de gerar perda da biodiversidade local. O monitoramento e a fiscalização mostram-se falhos, uma vez que tem tido aumento dos números de desmatamento e queimadas, ou seja, apesar das metas, são poucas as ações adotadas. Faz-se necessário a transparência dos fundos de investimento público nesse setor.

iii) no setor da energia, alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030, incluindo:

- expandir o uso de fontes renováveis, além da energia hídrica, na matriz total de energia para uma participação de 28% a 33% até 2030;
- expandir o uso doméstico de fontes de energia não fóssil, aumentando a parcela de energias renováveis (além da energia hídrica) no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030, inclusive pelo aumento da participação de eólica, biomassa e solar;
- alcançar 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico até 2030.

O setor de energia relacionado as atividades que usam combustíveis fósseis e energia elétrica, atualmente é o terceiro setor que contribui para a emissão de GEE, representando 21%. Dentro deste setor, 49% das emissões correspondem

ao transporte de cargas e passageiros (SEEG, 2019). Ou seja, é um setor com grande potencial de investimento no que remete a medidas de redução de GEE, já que o uso de combustíveis fosseis são muito significativos.

Além disso, o Brasil também pretende:

iv) no setor agrícola, fortalecer o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) como a principal estratégia para o desenvolvimento sustentável na agricultura, inclusive por meio da restauração adicional de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas até 2030 e pelo incremento de 5 milhões de hectares de sistemas de integração lavoura-pecuária-florestas (iLPF) até 2030;

v) no setor industrial, promover novos padrões de tecnologias limpas e ampliar medidas de eficiência energética e de infraestrutura de baixo carbono;

vi) no setor de transportes, promover medidas de eficiência, melhorias na infraestrutura de transportes e no transporte público em áreas urbanas. O Brasil reconhece a importância do engajamento de governos locais e de seus esforços no combate à mudança do clima.

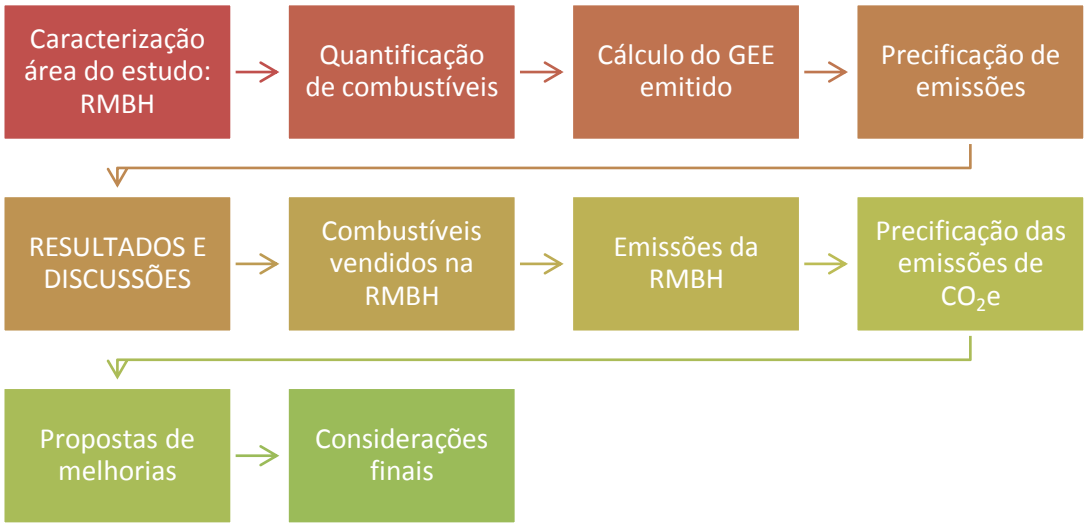
No setor de transportes, foco do presente trabalho, faz-se necessário políticas mais efetivas, devido significativas emissões de GEE, bem como seu grande potencial de mitigação, uma vez que cada vez mais tem sido acessível e viável economicamente e ambientalmente o uso de recursos naturais renováveis como matriz energética.

Considerando os debates atuais sobre queimadas e desmatamento na Amazônia, cenário este que tem contribuído para o aumento dos GEE, torna-se mais urgentes medidas de mitigação não apenas no setor de mudanças de uso da terra, mas também no setor de energia, sobretudo o de transportes que tem significativa potencialidade de mudanças, considerando a matriz energética baseada nos combustíveis fosseis, cenário esse que deve ser mudado.

# 4. METODOLOGIA

Este capítulo aborda as metodologias utilizadas e dados coletados para alcance dos objetivos propostos no presente trabalho. Cada etapa para obtenção dos resultados foi explicada detalhadamente para melhor entendimento do desenvolvimento do trabalho. A metodologia foi elaborada seguindo as etapas do fluxograma 1.

**Fluxograma 1. Estrutura do trabalho.**




Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

## 4.1. Caracterização da área de estudo: RMBH

Na Emenda Constitucional nº 65/2004, no artigo 45, constitui a região metropolitana:

> [...] o conjunto de Municípios limítrofes que apresentam a ocorrência ou a tendência de continuidade do tecido urbano e de complementaridade de funções urbanas, que tenha como núcleo a capital do Estado ou metrópole regional e que exija planejamento integrado e gestão conjunta permanente por parte dos entes públicos nela atuantes (MINAS GERAIS, 2016, p.36).

E conforme o artigo 43 da mesma considera-se a função pública de interesse comum:

> [...] a atividade ou o serviço cuja realização por parte de um Município, isoladamente, seja inviável ou cause impacto nos outros Municípios integrantes da região metropolitana. (MINAS GERAIS, 2016, p.35).

De acordo com o Plano Metropolitano RMBH (2017), as regiões metropolitanas são constituídas por vários municípios que buscam atender as necessidades da população ali residente, compartilhando serviços, equipamentos, oportunidades, como também

empenham na solução de problemas comuns que extravasam as fronteiras municipais que afetam localidades vizinhas ou mesmo toda uma região.

### 4.1.1 A Região Metropolitana de Belo Horizonte

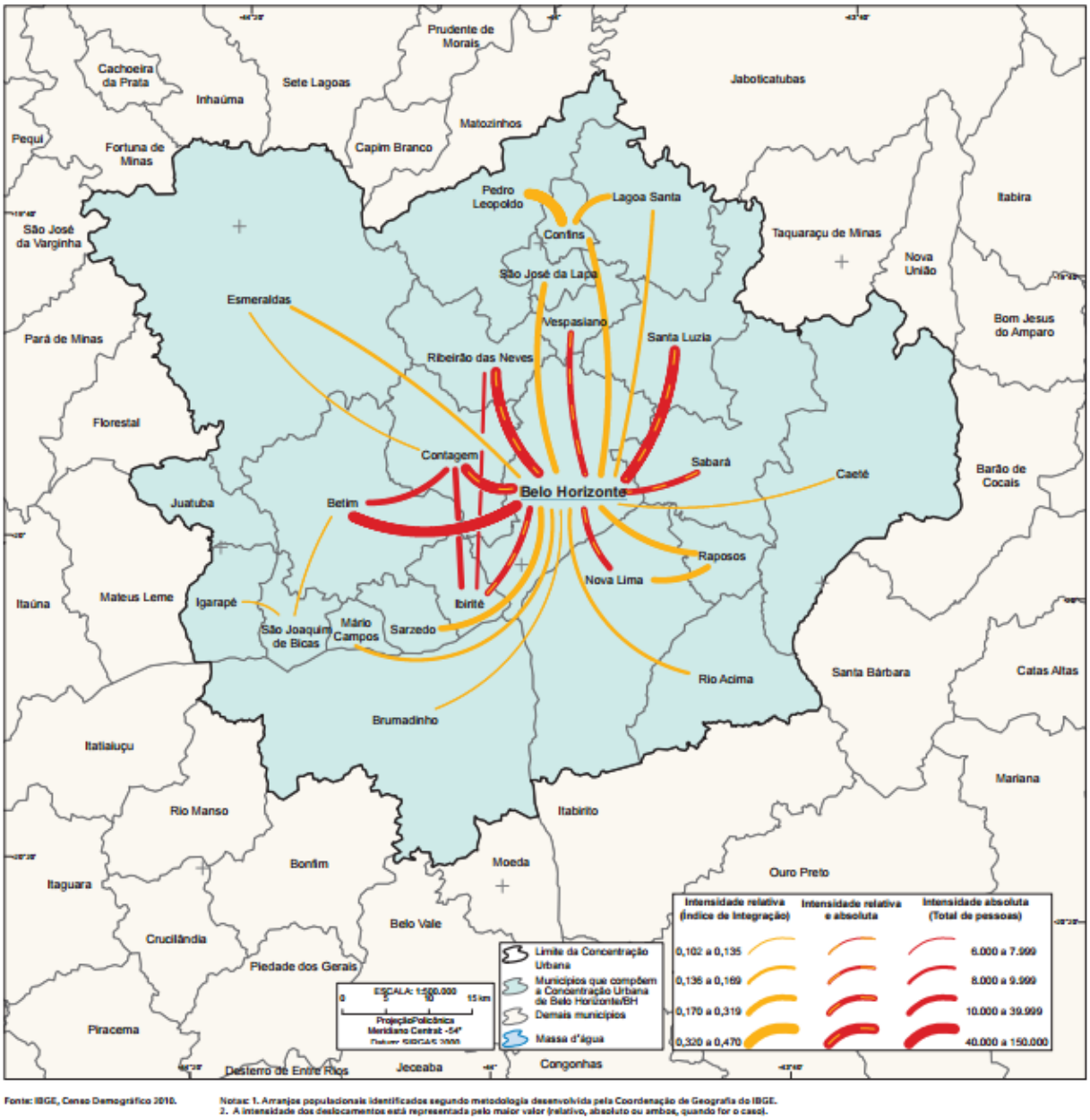
A Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH, também conhecida como Grande Belo Horizonte, atualmente constituída por 34 municípios, possui 9.460 Km² de extensão territorial, equivalente a 1,6% do território estadual, é considerado a 3ª maior Região Metropolitana do Brasil e 7ª maior Região Metropolitana da América Latina. Juntamente com o colar metropolitano (Figura 6), municípios do entorno da região afetados pelo processo de metropolização, composto de 16 municípios, possui aproximadamente 5 milhões de habitantes, o que representa 26% da população do estado de Minas Gerais (ARMBH, 2016).

**Figura 6. Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e o colar metropolitano.**

Fonte: ARMBH, 2016.

A Região Metropolitana de Belo Horizonte cumpre, no Estado de Minas Gerais, o papel de centro político, econômico e demográfico (MRMBH, 2014) e, o seu Produto Interno Bruto (PIB) representa em torno de 40% da economia estadual (ARMBH, 2016). O aumento da circulação urbana (Figura 7) provindo do deslocamento da população casa-trabalho-escola reflete no aumento de mobilidade veicular como também no uso de combustível e a consequente intensificação das emissões de GEE.

**Figura 7. Intensidade dos deslocamentos para trabalho e estudo na Concentração Urbana de Belo Horizonte/MG.**




Fonte: IBGE, 2016.

Notas: 1. Arranjos populacionais identificados segundo metodologia desenvolvida pela Coordenação de Geografia do IBGE. 2. A intensidade dos deslocamentos está representada pelo maior valor (relativo, absoluto ou ambos, quando for o caso).

A intensidade de deslocamento de pessoas é maior entre Belo Horizonte e os municípios: Betim, Contagem, Ribeirão das Neves e Santa Luzia. Esse valor é entre 40.000 a 150.000 pessoas. Ou seja, esses deslocamentos são os principais contribuintes da intensificação das emissões de GEE nessa região.

Os municípios com maior intensidade de deslocamento são os que devem ter maior foco de estudo e ação no que refere a diminuição das emissões de GEE. Porém, por ser uma região metropolitana os municípios integrantes apresentam problemas e interesses em comum. Sendo importante não deixar de ter um olhar sobre todos eles, uma vez que podem se comportar como a capital, Belo Horizonte, que deu origem a RMBH, intensificando a emissão de GEE.

## 4.2. Quantificação de combustível vendido na RMBH

Foi escolhido como base os dados estatísticos fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Esta fornece dados anuais dos combustíveis vendidos nos municípios do país, sendo assim, para todos os municípios da RMBH foi utilizado os dados fornecidos do ano de 2007 a 2017 dos combustíveis: Gasolina C, Etanol e Óleo Diesel, já que se tratam de combustíveis utilizados nos transportes rodoviários.

O motivo do período ser de 2007 a 2017, refere-se a base de dados disponíveis da ANP, considerando um cenário de 10 (dez) anos, na qual se tem um intervalo considerável para uma análise. Segundo a ANP (2019) “há restrição temporal mínima de 12 (doze) meses para a divulgação do volume de vendas de combustível, por município, em consonância com o parágrafo 2º do artigo 5º do Decreto 7.724/2012.”. Por esse motivo, as vendas por município de 2018 serão divulgadas apenas a partir de janeiro de 2020.

Para a quantidade de veículos por ano, conforme o tipo de combustível utilizado, foi empregado os dados da DENATRAN dos anos de 2014 a 2017, considerando todos os municípios da RMBH. Esses dados coletados serão analisados para correlacionar esses tipos de veículos mais usados com os tipos de combustíveis mais consumidos, para se ter um cenário da matriz de transportes da RMBH.

Os anos de 2014 a 2017 foram escolhidos para o estudo, pois são os únicos dados completos disponíveis da DENATRAN que relacionam quantidade de veículos por

município/estado, conforme o tipo de combustível, considerando os 34 (trinta e quatro) municípios. Foram selecionados a seguintes combustíveis, de todos os disponíveis na base de dados da DENATRAN para analise: álcool, álcool/gás natural combustível, álcool/gás natural veicular, álcool/gasolina, diesel, gasol/gás natural combustível, gasolina, gasolina/álcool/gás natural, gasolina/elétrico e gasolina/gás natural veicular. Essa escolha se deve a estes serem os combustíveis que tem potencial de gerar GEE.

Para o presente trabalho, será adotado o princípio do conservadorismo, com mais probabilidade de o resultado ser subestimado do que superestimado, considerando todo o valor dos combustíveis vendidos para o setor de transporte rodoviário.

A quantidade de combustíveis vendidos será somada por tipo de combustível do período de 2007 a 2017 dos 34 municípios da RMBH e posteriormente com a ferramenta de *GHG Protocol* será calculado a emissão do GEE emitido.

### 4.3. Cálculo do GEE emitido

O método *GHG Protocol* foi transformado em uma ferramenta que é utilizada para entender, quantificar e gerenciar emissões de GEE. Foi originalmente desenvolvida nos Estados Unidos, em 1998, pelo *World Resources Institute* - WRI, hoje é o método mais utilizado mundialmente pelas empresas e governos para a realização de inventários de GEE. Inclusive, é utilizada pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol* com algumas adaptações para a realidade brasileira. Além disso, esse método é compatível com a norma ISO 14.064 e com os métodos de quantificação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC (PBGHGP, 2019).

Primeiramente, para calcular as emissões de GEE, é preciso obter os dados dos combustíveis consumidos e compreender como é calculado o Fator de Emissão (FE). De acordo com a equação i, correspondente ao tipo de combustível e ao tipo de tecnologia de queima do combustível, é calculado o fator de emissão.

$$Fator\ de\ Emissão\ (tGEE/L) = NCV\ (TJ/Gg) * \ Density\ \left(\frac{kg}{m^3}\right) * FE\ \frac{kg\frac{GEE}{TJ}}{10^9} \qquad \text{(Equação i)}$$

- Fator de Emissão (tGEE/L) - fator de emissão associado ao tipo de GEE produzido dado um certo combustível consumido em uma certa tecnologia.

- NCV (TJ/Gg) – Net Calorific Value ou, em português, Poder Calorífico Inferior (PCI).
- Density $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$ – Densidade do combustível consumido
- $FE\frac{kg\frac{GEE}{TJ}}{10^9}$ – Fator de emissão em kg de GEE produzido por TJ (unidade de energia) de um certo combustível ao ser consumido em uma certa tecnologia.

É importante ressaltar que tanto o diesel comercial brasileiro quanto a gasolina comercial brasileira possuem um percentual de biocombustível em suas composições. Dessa forma, a composição desses combustíveis deve ser levada em consideração para calcular os fatores de emissão. Para fins de cálculo, foram utilizados os dados fornecidos pelo IPCC (2006) e ferramenta *GHG Protocol* (2019), obtendo, assim, o fator de emissão final dos combustíveis gasolina e óleo diesel de 2007 a 2017, os quais foram utilizados nos cálculos, conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2. Fator de emissão final utilizado para combustíveis gasolina e diesel de 2007 a 2017.**

| Ano | FE final ($tCO_2e/m^3$) | |
|---|---|---|
| | Gasolina | Diesel |
| 2007 | 1,7292397 | 2,6763262 |
| 2008 | 1,7065712 | 2,6097735 |
| 2009 | 1,7065712 | 2,5831524 |
| 2010 | 1,7349068 | 2,5432208 |
| 2011 | 1,7349068 | 2,5432208 |
| 2012 | 1,8199137 | 2,5432208 |
| 2013 | 1,7443520 | 2,5432208 |
| 2014 | 1,7065712 | 2,5254734 |
| 2015 | 1,6706185 | 2,4899787 |
| 2016 | 1,6612342 | 2,4899787 |
| 2017 | 1,6612342 | 2,4677944 |

Fonte: IPCC, 2006. Elaborada pela autora.

Dessa forma, o cálculo das emissões de GEE é feito de acordo com as equações ii e iii.

$$Emissão\ (tGEE) = Consumo\ de\ combustível\ (L) * Fator\ de\ Emissão\ \left(\frac{tGEE}{L}\right) \quad \text{(Equação ii)}$$

$$Emissão\ (tGEE) = Consumo\ de\ combustível\ (kg) * Fator\ de\ Emissão\ \left(\frac{tGEE}{kg}\right) \quad \text{((Equação iii)}$$

O Potencial de Aquecimento Global (PAG) ou *Global Warming Potential* (GWP) é definido de acordo com o AR4 do IPCC: GWP $CO_2 = 1$; GWP $CH_4 = 25$ e GWP $N_2O = 298$. Ou seja, 1 molécula de $CH_4$ possui o potencial de aquecimento de 25 moléculas de $CO_2$ e 1 molécula de $N_2O$ possui o potencial de aquecimento de 298 moléculas de $CO_2$.

Assim, a conversão das emissões em toneladas de GEE (tGEE) para toneladas de $CO_2$ equivalente, ou $tCO_2e$ é feita de acordo com a equação iv ou v.

$$Emissão\ (tCO_2e) = Emissão\ (tGEE) * PAG\ (Potencial\ de\ Aquecimento\ Global) \quad \text{(Equação iv)}$$

$$Emissão\ de\ CO_2e = \ Emissão\ CO_2 + (Emissão\ CH_4 * 25) + (Emissão\ N_2O * 298) \quad \text{(Equação v)}$$

Assim, a emissão total é o produto entre o tipo de combustível vendido, entendido como consumido, e o fator de emissão.

Em seguida, para calcular a valoração das emissões basta realizar a multiplicação entre as emissões de GEE em $tCO_2$ pelo custo em realizar a compensação dessas emissões, de acordo com a equação vi.

$$Valoração = \ Emissão\ (tCO_2e) * \ Custo\ da\ compensação\ (\$) \quad \text{(Equação vi)}$$

Para fins de cálculo, o *Software Excel* foi usado para o desenvolvimento das equações citadas acima, conforme os dados coletados.

### 4.4. Precificação de emissões

A precificação da tonelada de $CO_2$ equivalente foi realizada com base nos dados do painel de preços de carbono do *The World Bank Group* – WBG (2019), sendo adotado o valor em $tCO_2e$ emitido pela União Europeia, já que o mesmo representa o pilar central de mudanças climáticas da Europa, o mais antigo e o maior sistema de comércio de emissões em operação no mundo. Essa precificação foi introduzida em 2005 e já está na sua terceira fase de reformulações, o que lhe atribui ser um sistema mundial de reconhecimento em comercio de emissões.

Atualmente, segundo o Banco Mundial, *The World Bank Group* – WBG (2019), já existem 65 iniciativas de precificação de carbono implementadas no mundo e 20 em consideração, além de programadas para a implementação do mesmo. Das implementadas,

o Quadro 5 mostra as 27 que funcionam na forma de sistema de comércio de emissões (SCE), em inglês, *Emissions Trading System* (ETS) e o Quadro 6 mostra outras 28 iniciativas que funcionam como imposto sobre carbono, em inglês, *Carbon Tax*.

**Quadro 4. Iniciativas de sistema de comércio de emissões implementadas até 2019.**

| Nº | Nome da iniciativa | Tipo de iniciativa | Situação da iniciativa | Ano da implementação | Nível do preço (US$/tCO2e) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Alberta CCIR | SCE | Implementeda | 2007 (revisado: 2018) | 22 |
| 2 | Australia ERF Safeguard Mechanism | SCE | Implementeda | 2016 | N/A |
| 3 | BC GGIRCA | SCE | Implementeda | 2016 | N/A |
| 4 | Beijing pilot ETS | SCE | Implementeda | 2013 | 13 |
| 5 | California CaT | SCE | Implementeda | 2012 | 18 |
| 6 | Canada federal OBPS | SCE | Implementeda | 2019 | N/A |
| 7 | Chongqing pilot ETS | SCE | Implementeda | 2014 | 2 |
| 8 | EU ETS | SCE | Implementeda | 2005 | 36 |
| 9 | Fujian pilot ETS | SCE | Implementeda | 2016 | 2 |
| 10 | Guangdong pilot ETS | SCE | Implementeda | 2013 | 3 |
| 11 | Hubei pilot ETS | SCE | Implementeda | 2014 | 6 |
| 12 | Kazakhstan ETS | SCE | Implementeda | 2013 | N/A |
| 13 | Korea ETS | SCE | Implementeda | 2015 | N/A |
| 14 | Massachusetts ETS | SCE | Implementeda | 2018 | N/A |
| 15 | New Zealand ETS | SCE | Implementeda | 2008 | 16 |
| 16 | Newfoundland and Labrador PSS | SCE | Implementeda | 2019 | N/A |
| 17 | Nova Scotia CaT | SCE | Implementeda | 2019 | N/A |
| 18 | Quebec CaT | SCE | Implementeda | 2013 | 18 |
| 19 | RGGI | SCE | Implementeda | 2009 | 5 |
| 20 | Saitama ETS | SCE | Implementeda | 2011 | N/A |
| 21 | Saskatchewan OBPS | SCE | Implementeda | 2019 | N/A |
| 22 | Shanghai pilot ETS | SCE | Implementeda | 2013 | 6 |
| 23 | Shenzhen pilot ETS | SCE | Implementeda | 2013 | 5 |
| 24 | Switzerland ETS | SCE | Implementeda | 2008 | 7 |
| 25 | Tianjin pilot ETS | SCE | Implementeda | 2013 | 2 |
| 26 | Tokyo CaT | SCE | Implementeda | 2010 | 6 |
| 27 | Washington CAR | SCE | Implementeda | 2017 | N/A |
| Última atualização em 01 de agosto de 2019. | | | | | |

Fonte: WBG, 2019. Traduzido parcialmente e adaptado pela autora.

Nota-se que, na precificação europeia, o nível de preço em dólar por $tCO_2e$ no sistema de comércio de emissões é o maior dentre os listados no Quadro 5. Além de ser a mais antiga, conforme explicado anteriormente.

No Quadro 6, tem-se as iniciativas que foram planejadas para serem implementadas até 2019. E, mais uma vez, é notório o maior valor da taxação de carbono nos países europeus em relação aos demais países menos desenvolvidos. O que significa um maior

custo para reduzir a emissão de 1 tonelada de GEE nos países mais desenvolvidos em relação aos países menos desenvolvidos.

**Quadro 5. Iniciativas de impostos sobre carbono implementadas até 2019.**

| Nº | Nome da iniciativa | Tipo de iniciativa | Situação da iniciativa | Ano da implementação | Nível do preço (US$/tCO2e) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Argentina carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2018 | 6 |
| 2 | BC carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2008 | 30 |
| 3 | Canada federal fuel charge | Carbon tax | Implementeda | 2019 | 15 |
| 4 | Chile carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2017 | 5 |
| 5 | Colombia carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2017 | 5 |
| 6 | Denmark carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 1992 | 26 |
| 7 | Estonia carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2000 | 2 |
| 8 | Finland carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 1990 | 70 |
| 9 | France carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2014 | 50 |
| 10 | Iceland carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2010 | 31 |
| 11 | Ireland carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2010 | 22 |
| 12 | Japan carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2012 | 3 |
| 13 | Latvia carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2004 | 5 |
| 14 | Liechtenstein carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2008 | 96 |
| 15 | Mexico carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2014 | 0,37 - 3 |
| 16 | Newfoundland and Labrador carbon t | Carbon tax | Implementeda | 2019 | 15 |
| 17 | Norway carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 1991 | 3 - 59 |
| 18 | Poland carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 1990 | 0,08 |
| 19 | Portugal carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2015 | 14 |
| 20 | Prince Edward Island carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2019 | 15 |
| 21 | Singapore carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2019 | 4 |
| 22 | Slovenia carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 1996 | 19 |
| 23 | South Africa carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2019 | 8 |
| 24 | Spain carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2014 | 17 |
| 25 | Sweden carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 1991 | 127 |
| 26 | Switzerland carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2008 | 96 |
| 27 | UK carbon price floor | Carbon tax | Implementeda | 2013 | 24 |
| 28 | Ukraine carbon tax | Carbon tax | Implementeda | 2011 | 0,37 |
| Última atualização em 01 de agosto de 2019. | | | | | |

Fonte: WBG, 2019. Traduzido parcialmente e adaptado pela autora.

Os preços apresentados pelo *The World Bank* são nominais, pois em virtude das diferenças no número de setores cobertos e métodos de alocação aplicados, isenções específicas e diferentes métodos de compensação, os preços não são necessariamente compatíveis entre as iniciativas de precificação de carbono. No entanto, é apresentado o nível de preço possível em dólar por tonelada de $CO_2e$, podendo variar principalmente no sistema de comércio de emissões, como também a atuação de políticas e acordos internacionais e locais estabelecidos.

O Quadro 7 traz as vinte e quatro (24) iniciativas atuais que estão sendo consideradas para a implementação da precificação do carbono. Dentre as iniciativas, duas já estão programadas para serem implementadas em 2020.

**Quadro 6. Iniciativas programadas e em consideração para a implementação de precificação de carbono.**

| Nº | Nome da iniciativa | Tipo de iniciativa | Situação da iniciativa | Ano de implementação |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Brazil undecided | Não decidido | Sob consideração | A confirmar |
| 2 | Catalonia carbon tax | Carbon tax | Sob consideração | A confirmar |
| 3 | Chile ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 4 | China national ETS | SCE | Programada | 2020 |
| 5 | Colombia ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 6 | Cote d'Ivoire carbon tax | Carbon tax | Sob consideração | A confirmar |
| 7 | Indonesia ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 8 | Japan ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 9 | Mexico ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 10 | Netherlands carbon tax | Carbon tax | Sob consideração | A confirmar |
| 11 | New Brunswick ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 12 | Northwest Territories carbon tax | Carbon tax | Sob consideração | A confirmar |
| 13 | Ontario ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 14 | Oregon ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 15 | Rio de Janeiro ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 16 | Sao Paolo ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 17 | Senegal carbon tax | Carbon tax | Sob consideração | A confirmar |
| 18 | TCI ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 19 | Taiwan ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 20 | Thailand undecided | Não decidido | Sob consideração | A confirmar |
| 21 | Turkey ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 22 | Ukraine ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 23 | Vietnam ETS | SCE | Sob consideração | A confirmar |
| 24 | Virginia ETS | SCE | Programada | 2020 |
| Última atualização em 01 de agosto de 2019. | | | | |

Fonte: WBG, 2019. Traduzido parcialmente e adaptado pela autora.

Como Brasil ainda está numa posição de avaliação e decisão sobre o preço de carbono, por isso para o presente trabalho será adotado o valor nominal de 36 dólares por tonelada de $CO_2e$ no Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia como explicitado anteriormente. Essa seleção foi em prol do conservadorismo, já que esse é um valor mais antigo e mais consolidado (implementado em 2005) e um valor mais alto em relação aos demais países.

# 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para melhor compreensão das etapas executadas neste trabalho, os resultados e discussões serão divididos seguindo a mesma divisão que foi apresentada na metodologia. A saber: Combustíveis vendidos na RMBH.

## 5.1. Combustíveis vendidos na RMBH

A Tabela 3 apresenta os trinta e quatro municípios da RMBH e a soma dos combustíveis vendidos de 2007 a 2017. Pode-se observar que os municípios Belo Horizonte, Betim e Contagem apresentaram os valores mais altos de vendas de combustíveis.

**Tabela 3. Combustíveis vendidos de 2007 a 2017 por município na RMBH.**

| Municípios | Venda de 2007 a 2017 (L) | | |
|---|---|---|---|
| | Diesel | Etanol hidratado | Gasolina C |
| BALDIM | 15.083.500,00 | 1.779.000,00 | 10.098.500,00 |
| BELO HORIZONTE | **2.970.325.336,92** | **2.068.378.937,00** | **8.177.577.654,00** |
| BETIM | **4.504.797.729,00** | **205.172.697,06** | **848.243.989,00** |
| BRUMADINHO | 385.288.779,00 | 9.293.238,00 | 53.618.064,00 |
| CAETE | 73.621.103,00 | 20.097.321,06 | 79.580.406,00 |
| CAPIM BRANCO | 5.368.192,00 | 1.003.540,00 | 5.943.000,00 |
| CONFINS | 17.073.626,00 | 8.857.400,00 | 5.597.000,00 |
| CONTAGEM | **1.944.225.722,00** | **659.626.990,59** | **2.383.786.934,00** |
| ESMERALDAS | 387.533.675,00 | 15.484.428,00 | 70.973.215,00 |
| FLORESTAL | 6.896.580,00 | 2.952.380,00 | 15.993.567,00 |
| IBIRITE | 264.476.747,00 | 28.795.067,00 | 146.964.011,00 |
| IGARAPE | 190.453.214,00 | 12.199.835,00 | 65.476.654,00 |
| IGARATINGA | 59.457.488,00 | 3.893.450,00 | 19.524.477,00 |
| ITAGUARA | 130.861.000,00 | 6.421.000,00 | 35.380.000,00 |
| ITATIAIUCU | 435.825.521,00 | 6.453.945,00 | 36.093.317,00 |
| JABOTICATUBAS | 17.359.961,00 | 5.694.571,00 | 30.563.093,00 |
| JUATUBA | 129.397.897,00 | 13.432.902,00 | 50.737.886,00 |
| LAGOA SANTA | 46.617.546,00 | 26.941.398,00 | 106.025.759,00 |
| MARIO CAMPOS | 19.321.500,00 | 2.392.000,00 | 12.511.000,00 |
| MATEUS LEME | 37.850.776,00 | 10.616.384,00 | 62.781.207,00 |
| MATOZINHOS | 121.833.048,00 | 11.733.660,00 | 60.106.472,00 |
| NOVA LIMA | 704.152.897,00 | 59.381.946,17 | 301.447.825,00 |
| NOVA UNIAO | 28.280.809,00 | 4.643.139,06 | 21.234.496,00 |
| PEDRO LEOPOLDO | 251.890.993,00 | 26.776.626,00 | 117.094.250,00 |
| RAPOSOS | 9.824.379,00 | 2.179.639,06 | 9.797.500,00 |
| RIBEIRAO DAS NEVES | 422.992.576,00 | 95.293.379,64 | 370.435.133,00 |
| RIO ACIMA | 12.264.750,00 | 4.451.269,53 | 15.314.000,00 |
| RIO MANSO | 67.427.000,00 | 2.401.000,00 | 14.289.320,00 |
| SABARA | 512.366.982,00 | 48.093.001,00 | 233.944.878,00 |
| SANTA LUZIA | 552.386.107,00 | 60.109.575,87 | 261.191.217,00 |
| SAO JOAQUIM DE BICAS | 228.426.618,00 | 11.756.251,00 | 48.652.764,00 |
| SAO JOSE DA LAPA | 101.703.752,00 | 5.549.978,00 | 27.927.600,00 |
| SARZEDO | 79.353.784,00 | 5.509.261,00 | 27.014.971,00 |
| TAQUARAÇU DE MINAS | 4.130.000,00 | 420.000,00 | 3.395.000,00 |
| VESPASIANO | 180.376.185,00 | 31.864.514,06 | 151.465.049,00 |
| Total (L) | **14.919.245.772,92** | **3.479.649.724,09** | **13.880.780.208,00** |

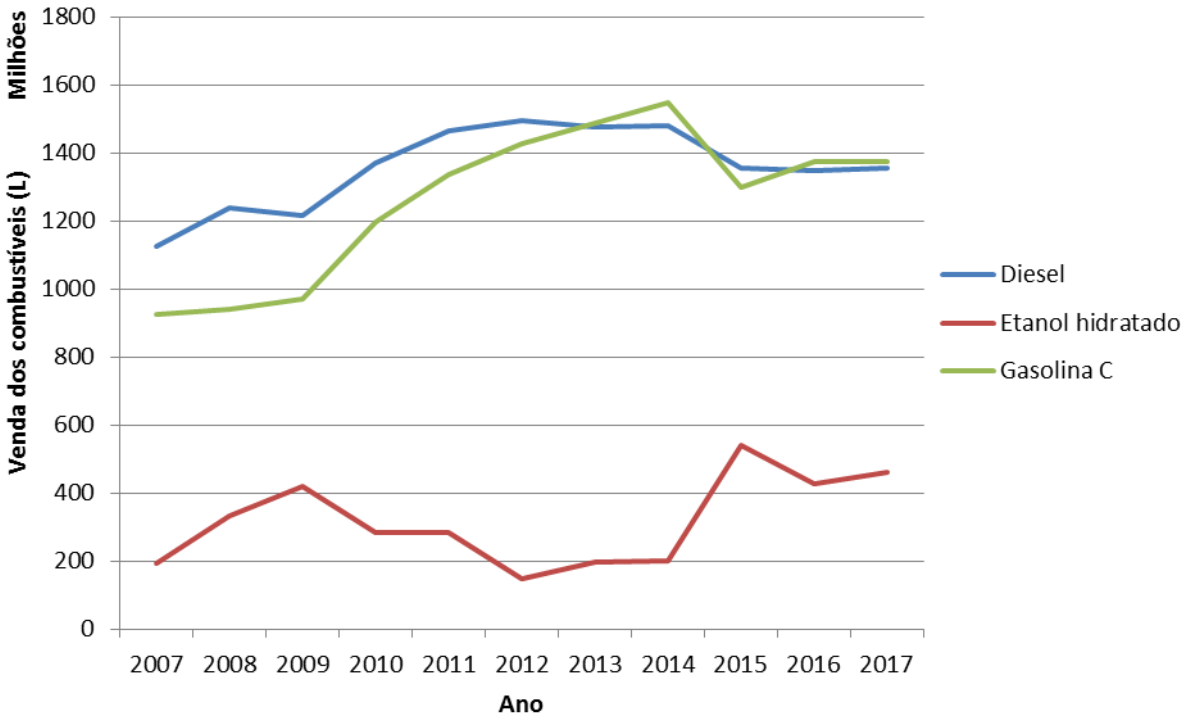
Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

Dentre os municípios apresentados, o município de Sarzedo não contém os dados de combustíveis etanol e gasolina C vendidos dos anos 2007 e 2008, pois não foram disponibilizados na base de dados da ANP, portanto a soma apresentada no quadro 2 não inclui esses dois anos. Essa falta de dados pode gerar incertezas no que se refere a estudos sobre consumo de combustível nesse município.

A soma da venda total da RMBH no intervalo dos anos de 2007 a 2017 para o combustível diesel foi de aproximadamente 15 bilhões de litros, para o etanol quase 3,5 bilhões de litros e para a gasolina C 13,88 bilhões de litros.

A soma da venda de combustíveis por ano da RMBH é apresentada no Gráfico 1, de modo que não mostra a soma consecutiva dos anos, apenas o que foi vendido em cada ano. Como resultado observado pelo Gráfico 1, temos que a venda total em ordem decrescente: diesel, gasolina C e por último etanol.

**Gráfico 1. Venda de combustíveis por ano de 2007 a 2017 na RMBH.**

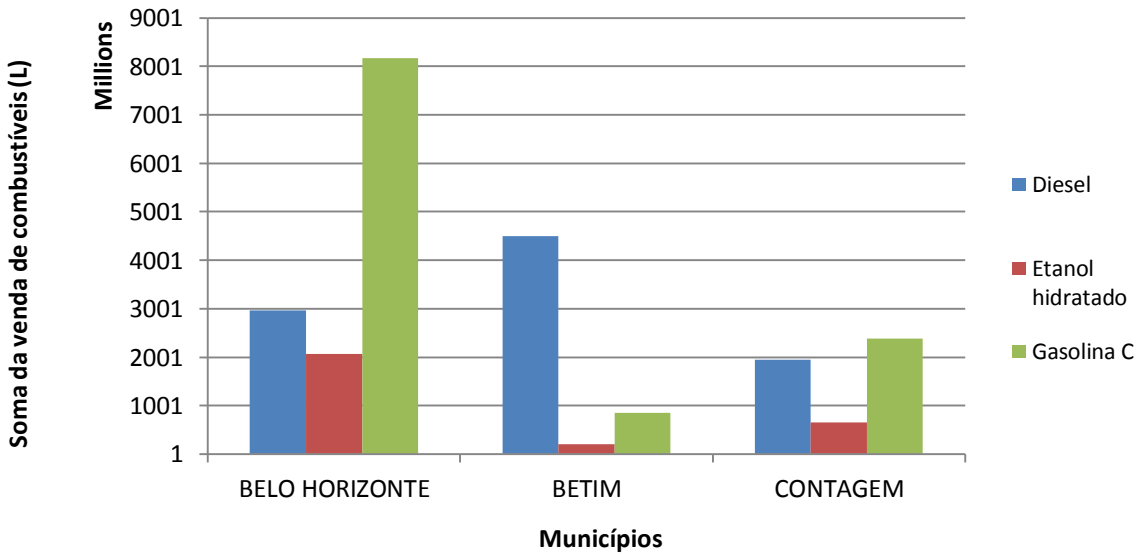



Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

Dentre o período de 2007 a 2017, destacaram-se os municípios Belo Horizonte, Betim e Contagem que se apresentaram como líderes na venda dos combustíveis (diesel, gasolina C e etanol) na RMBH. Como mostrado no Gráfico 2, Betim apresenta-se líder na venda de combustível diesel, seguido por Belo Horizonte e Contagem, respectivamente. Já

para os combustíveis etanol e gasolina C, segue na ordem campeã de vendas Belo Horizonte, Contagem e Betim, dos anos 2007 a 2017, sem exceção.

**Gráfico 2. Venda dos combustíveis em Belo Horizonte, Betim e Contagem de 2007 a 2017.**




Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

Devido Betim ser um polo industrial, é justificável ser o líder em venda de diesel, em relação a Belo Horizonte, a capital da RMBH. No que refere a liderança de etanol e gasolina C, Belo Horizonte e Contagem se destacam devido terem populações e quantidade de veículos maiores (Tabela 4), dentre os três municípios apresentados.

Conforme apresentado nos dados acima, os municípios Belo Horizonte, Betim e Contagem são destacados dentro da RMBH como os maiores vendedores e consequentemente consumidores de diesel, etanol hidratado e gasolina C. Sendo assim, foi-se utilizado dados da DENATRAN dos anos de 2014 a 2017, para mostrar a quantidade de veículos por ano, considerando estes municípios.

Esses dados foram disponibilizados de forma mensal, e para obter a quantidade de veículos total em cada ano, foi feito uma média aritmética com os 12 (doze) meses dos anos. Considerando que os tipos existentes de veículos são movidos a: álcool, álcool/gás natural combustível, álcool/gás natural veicular, álcool/gasolina, diesel, gasol/gás natural combustível, gasolina, gasolina/álcool/gás natural, gasolina/elétrico e gasolina/gás natural veicular, pode-se observar através da Tabela 4 que os mais utilizados são: álcool,

álcool/gasolina, diesel e gasolina, para os três municípios apresentados. Esses combustíveis foram destacados de cor diferente dos demais na Tabela 4.

**Tabela 4. Quantidade de veículos por ano por tipo de combustível nos municípios de Belo Horizonte, Betim e Contagem.**

| Município e tipo de combustível | Quantidade de veículos por ano | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | Total média |
| **BELO HORIZONTE** | **1594337** | **1647012** | **1700874** | **1804334** | **1686639** |
| ALCOOL | 55984 | 55111 | 54532 | 54180 | 54952 |
| ALCOOL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL | 65 | 63 | 62 | 61 | 63 |
| ALCOOL/GAS NATURAL VEICULAR | 812 | 772 | 743 | 728 | 763 |
| ALCOOL/GASOLINA | 783348 | 843929 | 905330 | 1013191 | 886449 |
| DIESEL | 97634 | 99641 | 100498 | 103790 | 100391 |
| GASOL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| GASOLINA | 645431 | 636811 | 629313 | 622092 | 633411 |
| GASOLINA/ALCOOL/GAS NATURAL | 3415 | 3491 | 3577 | 3606 | 3522 |
| GASOLINA/ELETRICO | 37 | 59 | 82 | 235 | 103 |
| GASOLINA/GAS NATURAL VEICULAR | 7606 | 7129 | 6732 | 6445 | 6978 |
| **BETIM** | **159200** | **168804** | **172398** | **175396** | **168949** |
| ALCOOL | 8070 | 8156 | 8137 | 8107 | 8117 |
| ALCOOL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| ALCOOL/GAS NATURAL VEICULAR | 58 | 57 | 51 | 50 | 54 |
| ALCOOL/GASOLINA | 54738 | 61627 | 65263 | 68494 | 62530 |
| DIESEL | 15204 | 16533 | 16804 | 16583 | 16281 |
| DIESEL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| GASOL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| GASOLINA | 80205 | 81554 | 81330 | 81392 | 81120 |
| GASOLINA/ALCOOL/GAS NATURAL | 115 | 124 | 128 | 128 | 124 |
| GASOLINA/ELETRICO | 1 | 3 | 3 | 5 | 3 |
| GASOLINA/GAS NATURAL VEICULAR | 804 | 744 | 675 | 632 | 714 |
| **CONTAGEM** | **290294** | **300287** | **307984** | **315770** | **303584** |
| ALCOOL | 14336 | 14189 | 14084 | 14032 | 14160 |
| ALCOOL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL | 17 | 16 | 15 | 15 | 16 |
| ALCOOL/GAS NATURAL VEICULAR | 223 | 210 | 200 | 185 | 204 |
| ALCOOL/GASOLINA | 102162 | 112956 | 120563 | 127856 | 115884 |
| DIESEL | 29530 | 30225 | 30636 | 31145 | 30384 |
| GASOL/GAS NATURAL COMBUSTIVEL | 4 | 7 | 6 | 3 | 5 |
| GASOLINA | 141403 | 140244 | 140143 | 140245 | 140509 |
| GASOLINA/ALCOOL/GAS NATURAL | 323 | 321 | 358 | 413 | 353 |
| GASOLINA/ELETRICO | 4 | 6 | 7 | 8 | 6 |
| GASOLINA/GAS NATURAL VEICULAR | 2294 | 2115 | 1974 | 1869 | 2063 |
| **Total** | **2043831** | **2116102** | **2181255** | **2295500** | **2159172** |

Fonte: Dados da DENATRAN, 2019. Trabalhados pela autora.

Observa-se pela Tabela 4, que há um crescente aumento de número de veículos nos três municípios ao longo dos quatro anos consecutivos (2014 a 2017). Considerando os dados apresentados de combustíveis mais vendidos na RMBH e a quantidade de veículos por tipo de combustível mais usado, percebe-se uma relação direta entre eles, o que já era de se esperar, pois se temos diesel, gasolina C e etanol como os líderes de consumo na RMBH, os veículos mais vendidos são movidos a álcool, álcool/gasolina, diesel e gasolina.

Analisando a Tabela 4 o ano de 2017, o município de Belo Horizonte apresenta maior quantidade de veículos movidos a álcool/gasolina, seguido de gasolina, diesel e por último etanol. Tanto Betim quanto Contagem apresentam maior quantidade de veículos movidos a gasolina, seguido de álcool/gasolina, diesel e etanol. Para os três municípios, veículos movidos a Etanol foi o que apresentou em menor número. No entanto, entende-se que a população tem preferido escolher comprar veículos movidos a gasolina e álcool/gasolina do que movido a etanol. Para melhor visualização, os dados da Tabela 4 foram separados e mostrados na Tabela 5.

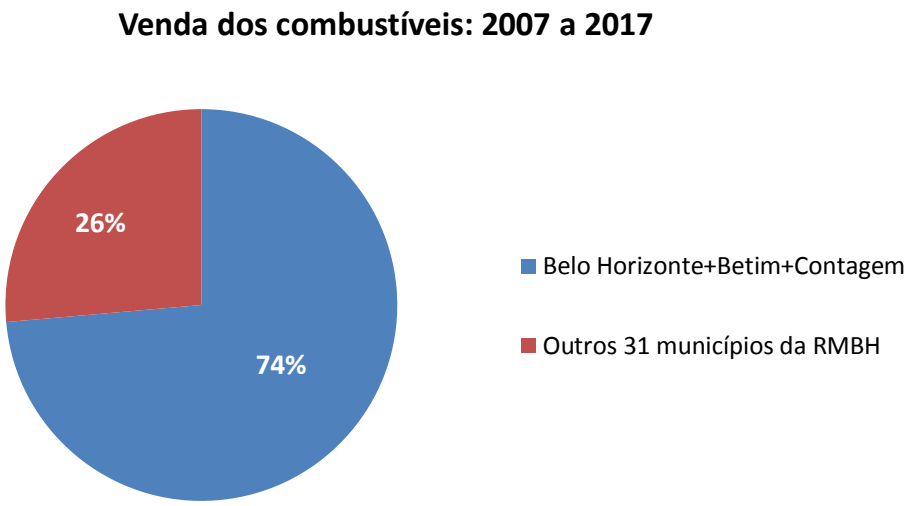
**Tabela 5. Quantidade de veículos movidos a tipo de combustível selecionados para BH, Betim e Contagem no ano de 2017.**

| Município e tipo de combustível | BELO HORIZONTE | BETIM | CONTAGEM |
|---|---|---|---|
| ALCOOL | 54.180 | 8.107 | 14.032 |
| ALCOOL/GASOLINA | 1.013.191 | 68.494 | 127.856 |
| DIESEL | 103.790 | 16.583 | 31.145 |
| GASOLINA | 622.092 | 81.392 | 140.245 |

Fonte: Dados da DENATRAN, 2019. Trabalhados pela autora.

Comparando os municípios de Belo Horizonte, Betim e Contagem, em relação aos outros municípios, observa-se que 74% das vendas de combustíveis na RMBH se deve aos três municípios citados, conforme apresentado no Gráfico 3.

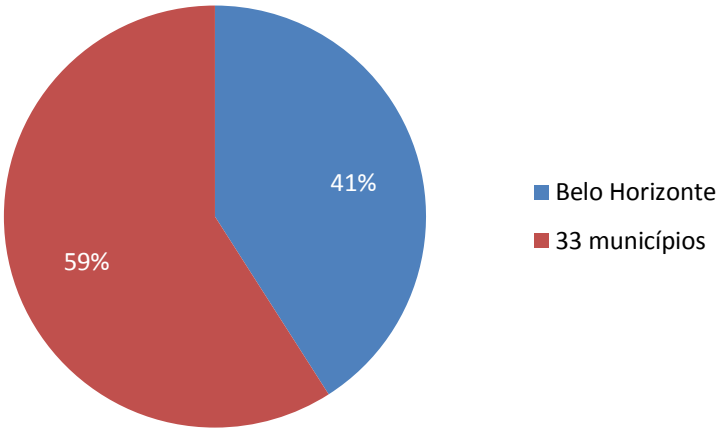
**Gráfico 3. Comparação de proporção de venda de combustíveis da RMBH em litros.**




Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

A seguir, no Gráfico 4, mostra a comparação da proporção da venda de combustível da RMBH (59%) e Belo Horizonte (41%) de 2007 a 2017.

**Gráfico 4. Comparação proporção de venda de combustível da RMBH x Belo Horizonte.**




Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

Belo Horizonte vendeu 41% dos combustíveis da RMBH no intervalo de 2007 a 2017 mas, como cada combustível possui um fator de emissão distinto, é necessário calcular individualmente a emissão de cada tipo de combustível comercial vendido que, neste estudo, foi entendido como consumido.

## 5.2. Emissões da RMBH

As emissões de $CO_2e$ da RMBH segundo o tipo de combustível é apresentado na Tabela 6. Essas emissões foram calculadas no *Software Excel* conforme as equações (i), (ii), (iii), (iv) e (v) apresentadas no tópico "4.3 Cálculo da GEE emitido" da metodologia.

As emissões são equivalentes à venda e ao consumo dos combustíveis. De 2007 a 2017, a RMBH emitiu cerca de 64 bilhões de toneladas de GEE. E os municípios que mais emitiram GEE foram Belo Horizonte, Betim e Contagem, somando aproximadamente quarenta e cinco milhões (44.981.531,13) de toneladas de $CO_2e$.

Dentre os combustíveis, o diesel comercial foi o que mais emitiu GEE, quase 40 bilhões de toneladas de $CO_2e$. Em seguida a gasolina C, em torno de 24 bilhões de toneladas de GEE e por último, o etanol, 46,7 milhões de toneladas de GEE.

Na Tabela 3 (do tópico 5.1), foi mostrado que a venda de combustíveis de diesel foi de quase 15 bilhões de litros, gasolina C foi 13,88 bilhões de litros e etanol aproximadamente 3,5 bilhões de litros. É possível perceber que o fator de emissão do diesel é maior que o da gasolina (Tabela 2, no tópico 4.3) , e o etanol possui o menor fator de emissão entre eles.

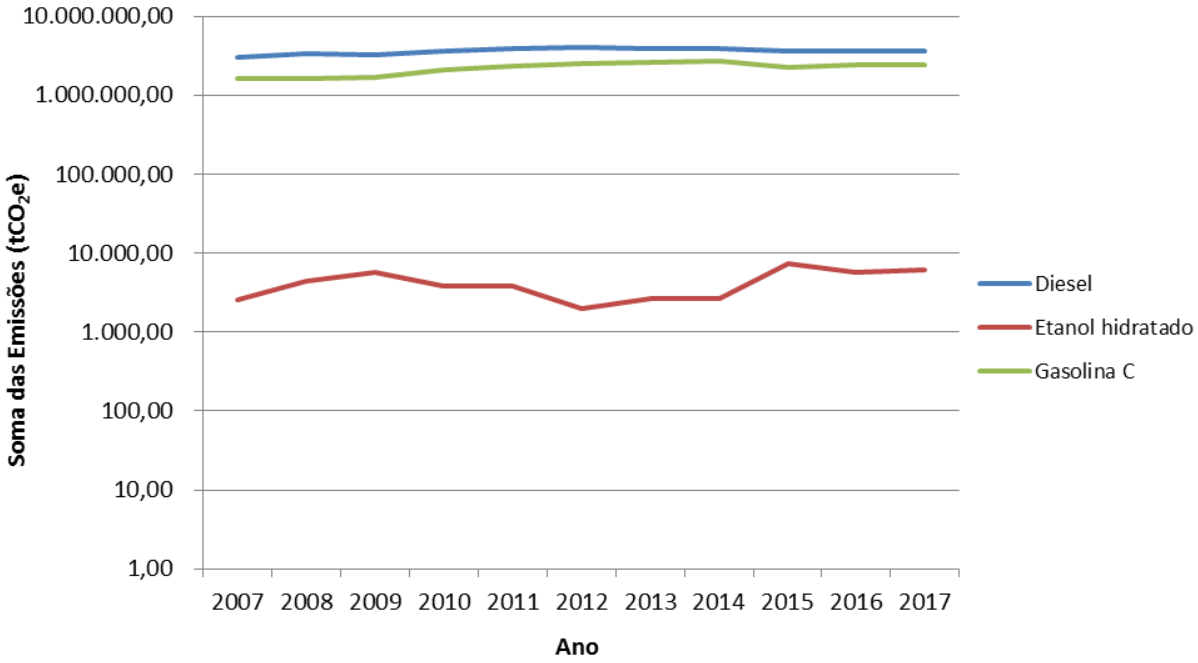
**Tabela 6. Emissões ($tCO_2e$) por ano na RMBH de 2007-2017.**

| Soma das emissões (tCO2e) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Municípios | Diesel | Etanol hidratado | Gasolina C | Total |
| BALDIM | 40.198,50 | 23,87 | 17.558,42 | 57.780,79 |
| BELO HORIZONTE | **7.915.979,08** | **27.753,27** | **14.218.479,65** | **22.162.212,00** |
| BETIM | **12.006.505,76** | **2.752,98** | **1.474.854,83** | **13.484.113,58** |
| BRUMADINHO | 1.027.116,26 | 124,70 | 93.226,55 | 1.120.467,50 |
| CAETE | 196.236,24 | 269,66 | 138.367,67 | 334.873,58 |
| CAPIM BRANCO | 14.312,15 | 13,47 | 10.333,19 | 24.658,80 |
| CONFINS | 45.520,50 | 118,85 | 9.731,59 | 55.370,94 |
| CONTAGEM | **5.181.627,86** | **8.850,80** | **4.144.726,89** | **9.335.205,55** |
| ESMERALDAS | 1.032.828,86 | 207,77 | 123.402,22 | 1.156.438,85 |
| FLORESTAL | 18.392,66 | 39,61 | 27.808,26 | 46.240,53 |
| IBIRITE | 705.073,53 | 386,37 | 255.528,58 | 960.988,48 |
| IGARAPE | 507.593,57 | 163,70 | 113.845,26 | 621.602,53 |
| IGARATINGA | 158.457,11 | 52,24 | 33.947,51 | 192.456,86 |
| ITAGUARA | 348.749,72 | 86,16 | 61.515,75 | 410.351,63 |
| ITATIAIUCU | 1.161.647,52 | 86,60 | 62.756,00 | 1.224.490,12 |
| JABOTICATUBAS | 46.276,10 | 76,41 | 53.140,52 | 99.493,03 |
| JUATUBA | 344.956,67 | 180,24 | 88.218,74 | 433.355,65 |
| LAGOA SANTA | 124.242,37 | 361,50 | 184.348,61 | 308.952,48 |
| MARIO CAMPOS | 51.472,19 | 32,10 | 21.753,07 | 73.257,35 |
| MATEUS LEME | 100.893,63 | 142,45 | 109.158,65 | 210.194,73 |
| MATOZINHOS | 324.745,32 | 157,44 | 104.508,04 | 429.410,80 |
| NOVA LIMA | 1.877.134,44 | 796,78 | 524.131,96 | 2.402.063,18 |
| NOVA UNIAO | 75.390,45 | 62,30 | 36.920,74 | 112.373,49 |
| PEDRO LEOPOLDO | 671.225,49 | 359,29 | 203.593,57 | 875.178,34 |
| RAPOSOS | 26.202,97 | 29,25 | 17.035,06 | 43.267,28 |
| RIBEIRAO DAS NEVES | 1.127.520,67 | 1.278,64 | 644.081,25 | 1.772.880,55 |
| RIO ACIMA | 32.691,37 | 59,73 | 26.626,69 | 59.377,78 |
| RIO MANSO | 179.881,15 | 32,22 | 24.845,06 | 204.758,43 |
| SABARA | 1.365.716,57 | 645,31 | 406.763,55 | 1.773.125,42 |
| SANTA LUZIA | 1.473.034,19 | 806,54 | 454.137,17 | 1.927.977,91 |
| SAO JOAQUIM DE BICAS | 608.771,39 | 157,74 | 84.593,31 | 693.522,45 |
| SAO JOSE DA LAPA | 271.021,84 | 74,47 | 48.558,15 | 319.654,46 |
| SARZEDO | 211.618,96 | 73,92 | 46.971,34 | 258.664,23 |
| TAQUARACU DE MINAS | 11.002,90 | 5,64 | 5.902,94 | 16.911,47 |
| VESPASIANO | 480.689,77 | 427,55 | 263.354,60 | 744.471,93 |
| Total | 39.764.727,77 | 46.689,53 | 24.134.725,38 | 63.946.142,69 |

Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

O Gráfico 5 apresenta o crescimento das emissões de GEE da RMBH entre 2007 e 2017, considerando a venda e o consumo dos combustíveis diesel, etanol hidratado e gasolina C, resultando em emissões de GEE.

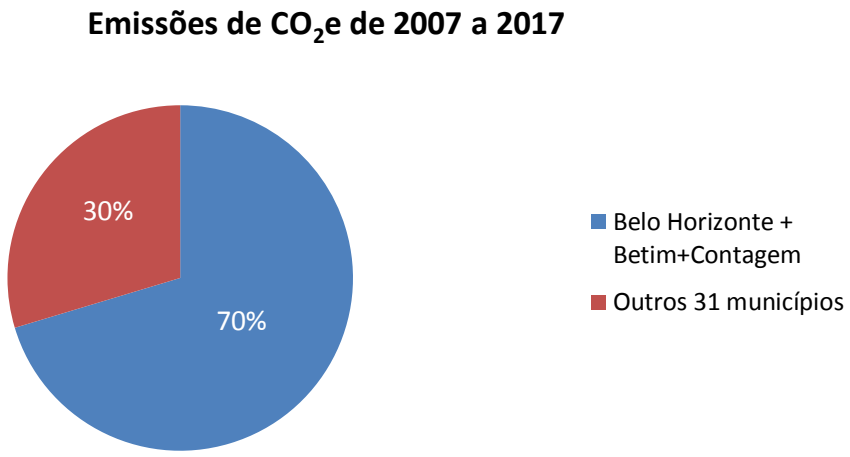
**Gráfico 5. Emissões da venda de combustíveis na RMBH de 2007 a 2017.**




Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

Comparando os municípios de Belo Horizonte, Betim e Contagem, com os outros municípios, as emissões de $CO_2e$ são de 70% para esses três municípios em relação a toda RMBH, conforme apresentado no Gráfico 6.

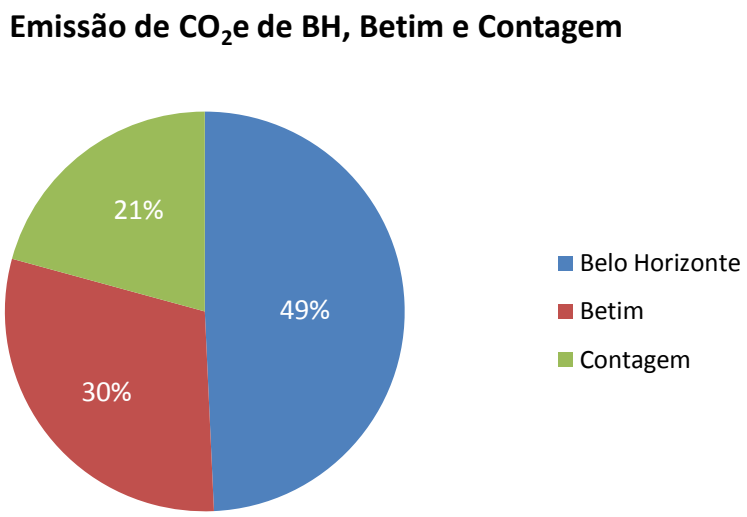
**Gráfico 6. Comparação de emissões da RMBH para os anos de 2007 a 2017.**




Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

Dentre as 70% das emissões apresentadas, considerado o intervalo de 2007 a 2017, o município de Belo Horizonte apresenta 49% das emissões provindas do consumo de combustíveis, seguido por Betim (30%) e por último, Contagem (22%), mostrada no Gráfico 7.

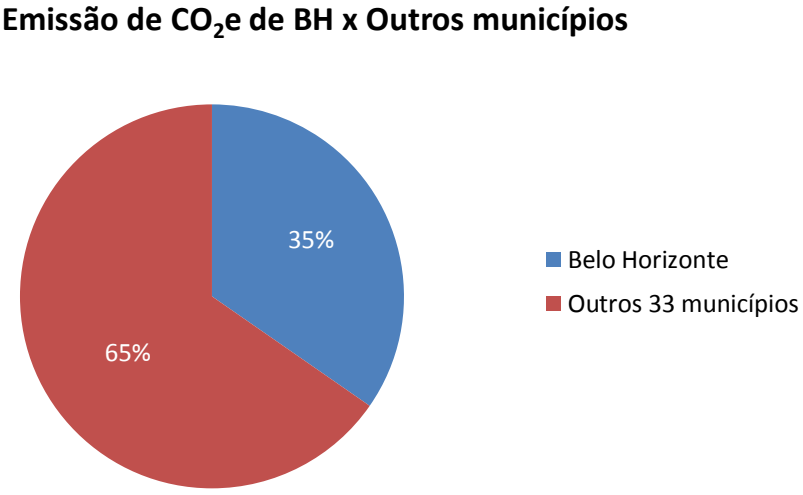
**Gráfico 7. Emissão de $CO_2e$ de Belo Horizonte, Betim e Contagem de 2007 a 2017.**




Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

Comparando somente o município de Belo Horizonte com todos outros municípios da RMBH, o peso da emissão de $CO_2e$ de Belo Horizonte é 35% em relação a toda a RMBH, conforme o Gráfico 8.

**Gráfico 8. Comparação de emissões de BH com os municípios da RMBH de 2007 a 2017.**




Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

Conforme os gráficos apresentados, o município de Belo Horizonte se destaca na emissão de $CO_2e$ em relação aos três principais municípios emissores, bem como aos demais municípios da RMBH.

Diante dessa realidade, é possível compreender a importância de atuar principalmente nesses três municípios para reduzir as emissões de GEE. Esses três municípios são os mais desenvolvidos da RMBH, havendo, portanto, maior população, maior frota de veículos particulares e também ônibus públicos.

### 5.3. Precificação das emissões de $CO_2e$

Como havia mencionado no tópico 4.4 da metodologia, o Brasil ainda está em uma posição de avaliação e decisão sobre o preço de carbono, portanto, para o presente trabalho foi adotado o valor nominal de 36 dólares por tonelada de $CO_2e$ do SCE da União Europeia no sistema de comércio de emissões. Considerando a equação (vi), apresentada na metodologia, foi calculado o valor passivo de $CO_2e$ por município da RMBH, levando em conta os anos de 2007 a 2017 e os combustíveis diesel, etanol hidratado e gasolina C, conforme apresentado na Tabela 7.

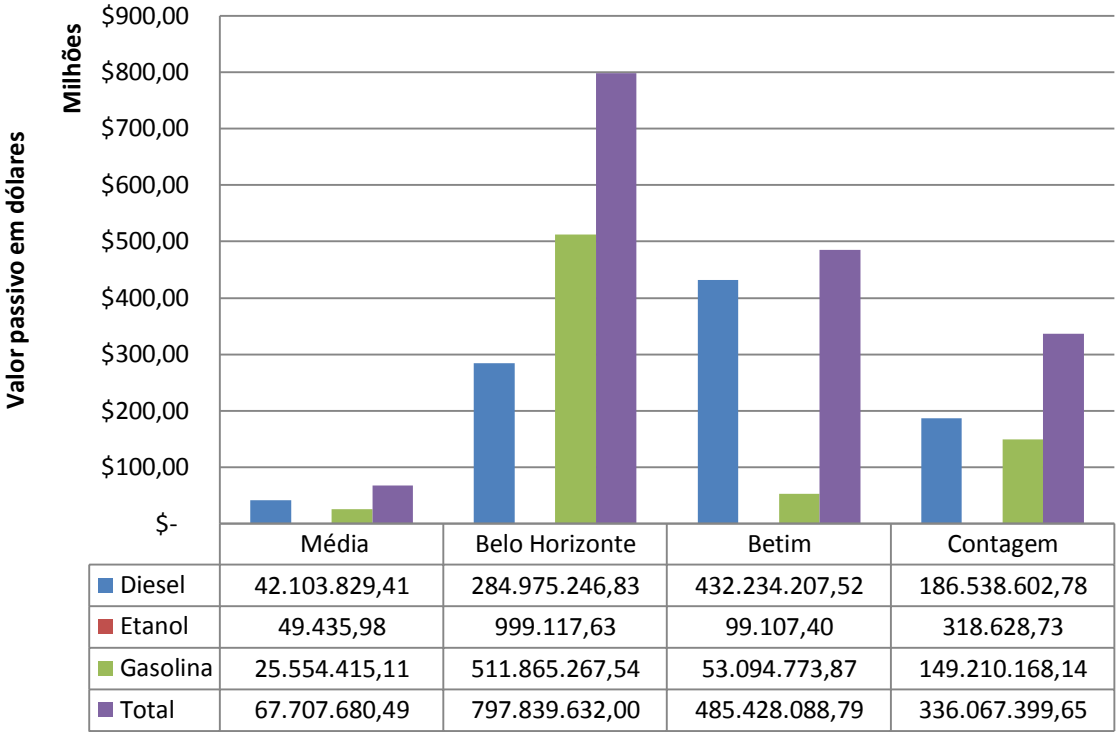
**Tabela 7. Valor passivo em dólares, por município da RMBH, de 2007 a 2017.**

| Valor do passivo por município em dólares | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Municípios | Diesel | Etanol hidratado | Gasolina C | Total |
| BALDIM | 1.447.146,00 | 859,33 | 632.103,00 | 2.080.108,34 |
| BELO HORIZONTE | 284.975.246,83 | 999.117,63 | 511.865.267,54 | **797.839.632,00** |
| BETIM | 432.234.207,52 | 99.107,40 | 53.094.773,87 | **485.428.088,79** |
| BRUMADINHO | 36.976.185,21 | 4.489,04 | 3.356.155,80 | 40.336.830,05 |
| CAETE | 7.064.504,77 | 9.707,89 | 4.981.236,20 | 12.055.448,85 |
| CAPIM BRANCO | 515.237,45 | 484,75 | 371.994,67 | 887.716,88 |
| CONFINS | 1.638.737,94 | 4.278,51 | 350.337,23 | 1.993.353,68 |
| CONTAGEM | 186.538.602,78 | 318.628,73 | 149.210.168,14 | **336.067.399,65** |
| ESMERALDAS | 37.181.839,07 | 7.479,66 | 4.442.479,82 | 41.631.798,55 |
| FLORESTAL | 662.135,72 | 1.426,13 | 1.001.097,37 | 1.664.659,22 |
| IBIRITE | 25.382.647,14 | 13.909,28 | 9.199.028,86 | 34.595.585,27 |
| IGARAPE | 18.273.368,58 | 5.893,05 | 4.098.429,44 | 22.377.691,08 |
| IGARATINGA | 5.704.455,83 | 1.880,71 | 1.222.110,27 | 6.928.446,81 |
| ITAGUARA | 12.554.990,09 | 3.101,62 | 2.214.566,95 | 14.772.658,66 |
| ITATIAIUCU | 41.819.310,58 | 3.117,54 | 2.259.216,13 | 44.081.644,25 |
| JABOTICATUBAS | 1.665.939,62 | 2.750,73 | 1.913.058,66 | 3.581.749,01 |
| JUATUBA | 12.418.440,24 | 6.488,68 | 3.175.874,65 | 15.600.803,57 |
| LAGOA SANTA | 4.472.725,39 | 13.013,88 | 6.636.550,06 | 11.122.289,33 |
| MARIO CAMPOS | 1.852.998,87 | 1.155,44 | 783.110,43 | 2.637.264,75 |
| MATEUS LEME | 3.632.170,85 | 5.128,18 | 3.929.711,30 | 7.567.010,33 |
| MATOZINHOS | 11.690.831,34 | 5.667,87 | 3.762.289,60 | 15.458.788,81 |
| NOVA LIMA | 67.576.840,02 | 28.684,08 | 18.868.750,40 | 86.474.274,49 |
| NOVA UNIAO | 2.714.056,06 | 2.242,84 | 1.329.146,78 | 4.045.445,68 |
| PEDRO LEOPOLDO | 24.164.117,52 | 12.934,28 | 7.329.368,44 | 31.506.420,25 |
| RAPOSOS | 943.306,89 | 1.052,86 | 613.262,29 | 1.557.622,04 |
| RIBEIRAO DAS NEVES | 40.590.744,14 | 46.030,88 | 23.186.924,84 | 63.823.699,86 |
| RIO ACIMA | 1.176.889,26 | 2.150,16 | 958.560,72 | 2.137.600,13 |
| RIO MANSO | 6.475.721,42 | 1.159,79 | 894.422,15 | 7.371.303,36 |
| SABARA | 49.165.796,51 | 23.231,03 | 14.643.487,67 | 63.832.515,21 |
| SANTA LUZIA | 53.029.230,93 | 29.035,56 | 16.348.938,26 | 69.407.204,75 |
| SAO JOAQUIM DE BICAS | 21.915.770,20 | 5.678,78 | 3.045.359,04 | 24.966.808,03 |
| SAO JOSE DA LAPA | 9.756.786,35 | 2.680,88 | 1.748.093,27 | 11.507.560,50 |
| SARZEDO | 7.618.282,57 | 2.661,21 | 1.690.968,39 | 9.311.912,18 |
| TAQUARACU DE MINAS | 396.104,27 | 202,88 | 212.505,79 | 608.812,93 |
| VESPASIANO | 17.304.831,84 | 15.391,96 | 9.480.765,71 | 26.800.989,50 |
| Total | 1.431.530.199,81 | 1.680.823,23 | 868.850.113,74 | 2.302.061.136,78 |

Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

Comparando a média dos 34 municípios com estes três municípios, encontramos que os valores passivos destes encontram bem acima da média de todos, mostrada no Gráfico 9 abaixo.

**Gráfico 9. Comparação da média do valor passivo da RMBH com BH, Betim e Contagem.**




| | Média | Belo Horizonte | Betim | Contagem |
|---|---|---|---|---|
| Diesel | 42.103.829,41 | 284.975.246,83 | 432.234.207,52 | 186.538.602,78 |
| Etanol | 49.435,98 | 999.117,63 | 99.107,40 | 318.628,73 |
| Gasolina | 25.554.415,11 | 511.865.267,54 | 53.094.773,87 | 149.210.168,14 |
| Total | 67.707.680,49 | 797.839.632,00 | 485.428.088,79 | 336.067.399,65 |

Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

Conforme a Tabela 8, o valor passivo em Belo Horizonte obteve maior variação em relação a média comparado aos outros municípios gerado pelos combustíveis gasolina C (20,03 vezes) e etanol (20,21 vezes). E Betim apresentou o valor passivo gerado pelo diesel acima da média (10,27 vezes).

**Tabela 8. Variação do valor passivo em relação a média da RMBH para os municípios de BH, Betim e Contagem.**

| Combustíveis | Média $ | Belo Horizonte | Betim | Contagem |
|---|---|---|---|---|
| Diesel | 42.103.829,41 | 6,77 | 10,27 | 4,43 |
| Etanol | 49.435,98 | 20,21 | 2,00 | 6,45 |
| Gasolina | 25.554.415,11 | 20,03 | 2,08 | 5,84 |
| Total | 67.707.680,49 | 11,78 | 7,17 | 4,96 |

Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

Dos três municípios, Belo Horizonte foi o que apresentou maior valor passivo (11,78 vezes), seguido de Betim (7,17 vezes) e Contagem (4,96 vezes), respectivamente.

Considerando ainda, o cálculo de valor passivo de $CO_2e$, a Tabela 9 traz os resultados por ano, levando em conta todos os municípios da RMBH. O diesel foi o que gerou o maior valor passivo, aproximadamente 1,4 bilhões de dólares ($1.431.530.199,81), seguido da gasolina C, quase 870 milhões de dólares ($868.850.113,74) e etanol hidratado, em torno de 1,7 milhões dólares ($1.680.823,23). Resultando assim, em um valor passivo total de 2,3 bilhões de dólares ($2.302.061.136,78) entre 2007 e 2017.

**Tabela 9. Valor passivo em dólares da RMBH por ano.**

| | Emissão dos combustíveis (tCO2e) * 36 dólares | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Anos** | Diesel | Etanol hidratado | Gasolina C | **Total** |
| 2007 | 107.615.999,44 | 93.045,32 | 57.996.659,34 | 165.705.704,11 |
| 2008 | 118.683.123,82 | 160.792,19 | 58.931.455,78 | 177.775.371,79 |
| 2009 | 116.423.184,75 | 202.769,70 | 60.764.956,35 | 177.390.910,79 |
| 2010 | 131.149.114,14 | 136.371,08 | 74.842.625,23 | 206.128.110,45 |
| 2011 | 140.223.791,27 | 136.371,08 | 83.751.687,84 | 224.111.850,19 |
| 2012 | 143.486.523,58 | 70.868,01 | 89.401.975,38 | 232.959.366,97 |
| 2013 | 141.909.156,26 | 94.362,45 | 93.010.888,32 | 235.014.407,03 |
| 2014 | 142.069.687,83 | 96.289,62 | 96.849.778,34 | 239.015.755,79 |
| 2015 | 130.277.271,02 | 261.767,21 | 81.201.846,10 | 211.740.884,33 |
| 2016 | 129.656.272,62 | 206.096,37 | 86.012.141,64 | 215.874.510,62 |
| 2017 | 130.036.075,09 | 222.090,22 | 86.086.099,41 | 216.344.264,72 |
| **Total** | 1.431.530.199,81 | 1.680.823,23 | 868.850.113,74 | 2.302.061.136,78 |

Fonte: Dados da ANP, 2019. Trabalhados pela autora.

Como os municípios de Belo Horizonte, Betim e Contagem foram os municípios que mais consumiram combustíveis, foram também os que mais geraram valor passivo de $CO_2e$, totalizando mais de 1,6 bilhões de dólares ($1.619.335.120,44), ou seja, 70% do valor passivo total gerado.

Com esses resultados podemos propor medidas de mitigações para os efeitos nocivos gerados pelo grande consumo de combustíveis nesses três municípios que mais se destacaram.

## 5.4 Planos de redução de Gases de Efeito Estufa

Neste tópico serão abordadas sugestões de planos para a redução de emissão de GEE a nível individual e governamental. No entanto, serão necessários estudos futuros mais aprofundados para cada plano sugerido.

### 5.4.1. A nível individual

As pessoas podem começar a reduzir suas próprias emissões de GEE através das simples escolhas diárias, como:

1. Ao viajar ou se deslocar para trabalhar, utilizar preferencialmente transporte público, como metrôs, ou, ao menos, veículos bicombustíveis, híbridos e elétricos;
2. Deslocar dentro da cidade utilizando veículos compartilhados, como exemplo do aplicativo *Carpool Waze*, reduzindo, assim, as emissões de GEE;
3. Comprar produtos de fornecedores locais, reduzindo as emissões decorrentes do transporte de mercadoria e até mesmo fomentando a economia local;
4. Se tiver opção, optar por adquirir energia advinda de fontes renováveis (como os biocombustíveis) ou energia 100% limpa (como a eólica e a solar);
5. Construção de jardins verticais como forma de mitigação/compensação da emissão de carbono, além de contribuir para a beleza visual e redução de temperatura local.

### 5.4.1. A nível governamental

As autoridades municipais, estaduais e federais podem implementar algumas ações a fim de reduzir as emissões de GEE, como:

1. **Ampliar o uso de transportes alternativos elétricos**, como por exemplo patinetes (em algumas capitais dos estados brasileiros, já podem ser vistos patinetes da *Yellow* e *Grin*);
2. **Incentivo ao uso de bicicletas híbridas e construção de malhas de ciclovias**;
3. **Investimento em segurança pública** para encorajar e incentivar as pessoas a utilizarem outros sistemas de transporte com preço acessível;
4. **Melhoria na infraestrutura de estradas e rodovias**, planejamento urbano das cidades;

5. **Construção de ferrovias para minimizar o modal rodoviário e veículos pesados de transporte de carga** – grandes geradores de GEE e menos eficientes;
6. **Inspeção veicular obrigatória**, monitorar os veículos mais poluentes, além de fornecer educação e incentivo para que os motoristas se conscientizem da importância de sempre levarem seus veículos para revisões;
7. **Ampliação da malha metroviária**, facilitando a locomoção dos cidadãos, tendo assim a escolha de não usar o veículo particular;
8. **Investimento em conscientização sobre os problemas causados pela emissão de gases de efeito estufa** à saúde pública, ao bem-estar, à habitabilidade do planeta, à redução da segurança alimentar por restrição de áreas disponíveis ao cultivo, ao aumento do desmatamento com migração dessas plantações para locais com temperaturas mais adequadas ao cultivo;
9. **Investimento na educação infantil, fundamental e superior** criando programas de preservação ambiental, conscientização sobre o aumento da concentração de GEE na humanidade, meio ambiente e seus efeitos no futuro, e incentivos a inovação tecnológica sustentável, inclusive parceria entre empresas e os ensinos;
10. **Incentivo a plantação de jardins verticais com redução crescente do IPTU** para proprietários que aderirem à causa;

    Segundo Censo Demográfico 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Belo Horizonte, Contagem e Betim possuíam juntas 1.175.211 domicílios (valor total). Com o incentivo a construção de jardins verticais com redução de IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano), os cidadãos teriam um maior interesse em contribuir com a implantação de jardins verticais e os municípios não sairiam prejudicados, já que haveria melhoras na qualidade do ar e ainda uma possível redução de temperatura dentro das residências, reduzindo o consumo de energia elétrica com condicionamento de ar.
11. **Incentivar as fábricas a produzirem automóveis sustentáveis,** com definição de data do fim da produção de veículos movidos a combustíveis fósseis, de acordo com as suas aplicações;
12. **Programa para o incentivo de trocas de automóveis movidos a combustíveis fósseis para automóveis híbridos ou elétricos** (não emitem poluição sonora);

Uber e Volvo são empresas parceiras que estudam a implementação de tecnologia de carros autônomos e inclusive já iniciaram os testes em veículos da

Volvo. Além deles, a Tesla Motors é atualmente uma das companhias com maior progresso nesse assunto. Essa tecnologia inovadora garante muitos benefícios, dentre eles a eficiência de consumo de combustível, redução nas emissões de GEE e economia de tempo.

Essa solução é interessante, mas requer estudos mais aprofundados para estabelecer uma política sustentável. Pois o custo da hora de estacionamentos em centros urbanos (segundo Jornal HOJE (2019), R$ 10,55/h na região centro sul de Belo Horizonte, custo médio) é facilmente mais dispendioso que o valor da hora do veículo circulando. Com base no valor do km rodado de um veículo Tesla *Model* 3 (2019) (somente para comparação, de nível 3, direção autônoma condicional) com uma bateria de 75kW (versão *Long Range*), considerando um consumo residencial acima de 221kW/h o valor cobrado pela concessionária CEMIG(2019), a energia elétrica fica em R$ 0,56321kW/h, veículo em questão tem uma autonomia máxima de 518km com base nos dados da fabricante Tesla, assim, o consumo será de R$ 0,08154 o km rodado (custo sem considerar, manutenção, depreciação, seguros, IPVA (Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotoras) e licenciamento).

Futuros veículos ao tornarem-se altamente ou totalmente autônomos, iremos colidir com a necessidade de controlar melhor o trânsito dentro do centro urbano, veículos com tal nível de autonomia conseguem circular sem a intervenção direta de um ser humano o que leva a necessidade de começarmos a pensar em políticas próprias que não deixem de considerar o controle de GEE e evitem congestionamentos, pois os proprietários vendo a diferença monetária, optarão manter o veículo rodando a ter que pagar pelo estacionamento.

Considerando as propostas de melhorias mencionadas anteriormente, elas são possíveis de se concretizar, considerando que CAMPOS (2006) também propõe estratégias análogas de se alcançar a mobilidade sustentável no contexto socioeconômico:

- Desenvolvimento urbano orientado ao transporte;
- Incentivo a deslocamentos de curta distância;
- Restrições ao uso do automóvel;
- Oferta adequada de transporte público;
- Tarifa adequada a demanda e a oferta do transporte público;

- Segurança para circulação de pedestres, ciclistas e pessoas de mobilidade reduzida;
- Segurança no transporte público.

Além disso, para alcançar a mobilidade sustentável no contexto ambiental, para CAMPOS (2006), deve-se considerar estratégias que incluam:

- Investimento em transporte público utilizando energia limpa;
- Políticas de restrição de uso do transporte individual em áreas já poluídas;
- Aumento da qualidade do transporte público;
- Implantação de sistemas de controle de tráfego e de velocidade;
- Adequação de veículos de carga, vias e pontos de parada;
- Conforto urbano: calçadas adequadas, ciclovias, segurança em travessias e arborização de vias.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de transportes foi considerado significativo nas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), principalmente na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), região de estudo do presente trabalho. O cenário de evolução das emissões considerando os anos de 2007 a 2017 mostrou que de maneira geral percebe-se um aumento das emissões nos trinta e quatro (34) municípios nesse período.

As quantidades de vendas de combustíveis, consumo e emissões de GEE apresentaram valores maiores para as cidades de Belo Horizonte, Betim e Contagem. Através desse cenário faz-se necessário um olhar mais atento das políticas públicas para esses municípios, pois podem ser o ponto de partida para as mitigações das emissões atmosféricas oriundas da RMBH.

O valor passivo gerado foi no total de 2,3 bilhões de dólares ($2.302.061.136,78) entre 2007 e 2017 para os trinta e quatro (34) municípios da RMBH. Desse valor, 1,6 bilhões de dólares ($1.619.335.120,44), ou seja, 70% do valor passivo total gerado se refere aos municípios de Belo Horizonte, Betim e Contagem. Esses valores monetários se tornam uteis principalmente nos três municípios citados, como forma de investimento em estratégias de melhorias a fim de reduzir as emissões de GEE.

As melhorias da gestão pública visando à mitigação dos efeitos gerados pela produção de GEE devem levar em consideração o impacto socioambiental total, e não apenas a redução de emissões de carbono. As propostas de melhorias devem ser avaliadas partindo de uma visão sistêmica e não apenas setorial e devem ser ranqueadas de acordo com uma análise de custo/oportunidade não só econômico, mas também social e ambiental. Pois de nada adianta propor uma medida que reduza a emissão do setor de transportes se ela elevar as emissões de um outro setor, por exemplo.

Além disso, um olhar individual de cada cidadão no que refere a reduzir suas próprias emissões de GEE através de simples ações cotidianas é um fator importante para a reversão desse cenário.

O presente trabalho apresentou uma pequena parcela da problemáticas das emissões de GEE do cenário atual, sendo uma forma de expor a importância do setor de transportes

no agravamento dessas emissões. Isso mostra que o Brasil tem cada vez mais a necessidade de diminuir sua matriz energética a base de combustíveis fósseis nesse setor.

Futuros trabalhos de continuidade podem ser realizados, considerando os dados alcançados, para oferecer outras propostas de mitigações das emissões de GEE e maneiras efetivas de aplicações de melhorias nos municípios. O trabalho também pode contribuir em análises de instituições e partes interessadas no que refere a emissão de gases de efeito estufa na RMBH.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACORDO DE PARIS. 2015. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/Acordo_Paris.pdf >. Acesso em: 26 nov. 2019.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE - ARMBH. 2016. Disponível em: <http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/institucional/rmbh-e-colar-metropolitano/>. Acesso em: 01 mai. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. 2019. Disponível em: < http://www.anp.gov.br/dados-estatisticos>. Acesso em: 02 ago. 2019.

BALASSIANO, Ronaldo. Mobilidade urbana no âmbito da economia verde. 2012. Disponível em: < https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/14983/1/Mobilidade%20urbana%20no%20ambito%20da%20economia%20verde_P_BD.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2019.

CAMPOS, V. B. G. (2006). Uma visão da mobilidade urbana sustentável. Revista dos Transportes Públicos, 2(99-106), 4.

CARBON DISCLOSURE PROJECT - CDP; CEBDS. Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável. **Precificação de Carbono**: o que o setor empresarial precisa saber para se posicionar. 2017.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS - CEMIG. 2019. Valores de tarifas e serviços. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx>. Acesso em: 26 nov. 2019.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - CEBDS. **Precificação de Carbono**: o que o setor empresarial precisa saber para se posicionar. 2016. Disponível em: < https://cebds.org/wp-content/uploads/2018/06/cebds.org-port-guiaprecificacao-web.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2019.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA - CNPE. Resolução Nº 11, de 14 de Dezembro de 2016.

CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA – UNFCCC. 2015. Disponível em: < https://www.mma.gov.br/images/arquivos/clima/convencao/indc/BRASIL_iNDC_portugues.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

DE MATTOS, Laura Bedeschi Rego. **A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa**: O caso do Município do Rio de Janeiro. 2001. PhD Thesis. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: < http://antigo.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/lbrmattos.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2019.

DEPARTAMENTO DE NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN. Estatísticas – Frota de veículos. Disponível em: < https://www.denatran.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8552-estat%C3%ADsticas-frota-de-ve%C3%ADculos-denatran.html >. Acesso em: 30 set. 2019.

FÓRUM NACIONAL DE ENTIDADES METROPOLITANAS – FNEM. Disponível em: <http://fnembrasil.org/tag/regiao-metropolitana-de-belo-horizonte/>. Acesso em: 21 nov. 2019.

FOURTH ASSESMENT REPORT - AR4. 2007. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar4/>. Acesso em: 26 nov. 2019.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM. **Estimativas das Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais – Ano base 2014**. Minas Gerais. 2016. 57p. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/inventario/Estimativas_GEE_2005_2014_MG_FEAM_v02-1.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil. 2ª edição, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/arranjos_populacionais/2015/pdf/publicacao.pdf >. Acesso em: 02 mai. 2018.

_____. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=22&uf=31>. Acesso em: 26 nov. 2019.

INTERNACIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Real-world policy packages for sustainable energy transitions. Shaping energy transition policies to fit national objectives and constraints**. France, 2017. Disponível em:

<https://www.iea.org/publications/insights/insightpublications/Realworldpolicypackagesforsustainableenergytransitions.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2018.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – A primer, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

_____. 2007. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

_____. 2014: 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 [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

_____. 2014: *Alterações Climáticas 2014: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade - Resumo para Decisores. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea e L.L. White (eds.) ]. Organização Meteorológica Mundial (WMO), Genebra, Suíça, 34 págs. (em Árabe, Chinês, Inglês, Francês, Russo e Espanhol). Disponível em: < https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg2_spmport-1.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Comunicado do Ipea nº 113: **Poluição veicular atmosférica**. 2011. 26p. Disponível em: < http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/comunicado/110922_comunicadoipea113 >. Acesso em: 06 jun. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Desafios da mobilidade urbana no Brasil. 2016. Disponível em: < http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6664/1/td_2198.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2019.

JORNAL HOJE. 2019. Valor dos estacionamentos cai 9% na região Centro-Sul de BH, aponta pesquisa. Disponível em: <https://www.hojeemdia.com.br/primeiro-plano/valor-dos-estacionamentos-cai-9-na-regi%C3%A3o-centro-sul-de-bh-aponta-pesquisa-1.709166>. Acesso em: 25 nov. 2019.

LINK, Maria Rosa Quintino; FREITAS, Wesley Ricardo de Souza. **Gestão ambiental em empresas de transporte rodoviário de passageiros.** 2014. Disponível em: < http://sistema.semead.com.br/17semead/resultado/trabalhosPDF/338.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2018.

MACROZONEAMENTO RMBH - MRMBH. Construindo o macrozoneamento metropolitano. 2014. Disponível em: <http://www.rmbh.org.br/arquivos_biblioteca/MZ_cartilha.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2018.

MAIA, A.G., ROMEIRO, A.R., REYDON, B.P., 2004. Valoração de recursos ambientais – metodologias e recomendações. Texto para Discussão, Instituto de Economia/UNICAMP, n° 116, março.

MARQUES, J. F. Teoria Neoclássica e a Valoração Ambiental. 1997. Embrapa Meio Ambiente – Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/12710/a-teoria-neoclassica-e-a-valoracao-ambiental>. Acesso em: 15 jun. 2018.

MATTOS, Laura Bedeschi Rego de. **A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa: o caso do município do Rio de Janeiro**. 2001. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MINAS GERAIS. [Constituição (1989) ] Constituição do Estado de Minas Gerais. — 15. ed. — Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2016. Disponível em: <http://www.tce.mg.gov.br/IMG/Legislacao/legiscont/Constitui%C3%A7%C3%A3o%20Estadual.pdf>. Acesso em: 12 de jun. 2018

MINAS GERAIS. Emenda à Constituição nº 65 de 25/11/2004 altera os art. 42 a 50 da Constituição do Estado. **Assembleia Legislativa de Minas Gerais**. Disponível em: <http://www.cidades.mg.gov.br/images/documentos/legislacao/leis/emenda_const_65.pdf>. Acesso em: 12 de jun. 2018.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE - MMA. Setor de transporte é o que causa mais impactos na qualidade do ar. 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/6191-setor-de-transporte-e-o-que-causa-mais-impactos-na-qualidade-do-ar>. Acesso em: 04 jun 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Valoração do Carbono. 2015. Disponível em: <https://sequestrarcarbono.com/2015/05/17/valoracao-do-carbono/>. Acesso: 20 mai. 2018.

_____. Acordo de Paris. 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 03 mai. 2018.

NICOLLETTI, M. X.; LEFÈVRE, G. B. Precificação de carbono no Brasil: perspectivas e aprendizados a partir de uma simulação de mercado cap-and-trade. Cadernos Adenauer XVII, n. 2, p. 145–169, 2016. Disponível em: < http://mediadrawer.gvces.com.br/artigos/original/cadernoadenauer22016-precificacao_mxnicolletti-gblefevre.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2019.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas e o Brasil–Contextualização. Parcerias estratégicas, 13(27), 07-18. 2008.

NUNES-UFRN, Breno Torres Santiago; JÚNIOR-UFRN, Sérgio Marques; RAMOS-UFRN, Rubens Eugênio Barreto. Gestão ambiental no setor de transportes: uma avaliação dos impactos ambientais do uso de combustíveis no transporte urbano da cidade de Natal (RN). 2003.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – PBMC. 2016. Mudanças Climáticas e Cidades: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.) ]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. Disponível em: < http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/Relatorio_UM_v10-2017-1.pdf >. Acesso em: 21 nov. 2019.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. Economia dos Recursos Naturais e o Meio Ambiente. 2. ed. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press, 1990.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE - PBH. 2009. Inventário Municipal de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <http://www.pbh.gov.br/smpl/PUB_P015/Relat%C3%B3rio+Final+Gases+Estufa.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2018.

_____. 2016. Desafios e oportunidades para a redução das emissões veiculares no Brasil. Disponível em: <http://www.bhtrans.pbh.gov.br/portal/pls/portal/!PORTAL.wwpob_page.show?_docname=1
0410268.PDF>. Acesso em: 02 mai. 2018.

PROGRAMA BRASILEIRO DO GHG PROTOCOL – PBGHGP. 2019. Disponível em: < http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo >. Acesso em: 27 ago. 2019.

PLANO METROPOLITANO RMBH. Macrozoneamento RMBH. 34 Municípios e uma Realidade. 2017. Disponível em: <http://www.rmbh.org.br/mzrmbh/pt-br/content/34-munic%C3%ADpios-e-uma-realidade.htm>. Acesso em: 03 mai. 2018.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA - SEEG. Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas do Brasil 1970 – 2018. 2019. Disponível em: < https://seeg-br.s3.amazonaws.com/2019-v7.0/documentos-analiticos/SEEG-Relatorio-Analitico-2019.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2019.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI. Cartilha inventário de emissões de gases de efeito estufa: Guia empresarial do SENAI. Rio de Janeiro. 2017. 66p. Disponível em: <https://www.google.com/search?q=Os+principais+gases+e+suas+formas+de+emiss%C3%A3o%2C+que+provocam+esse+fen%C3%B4meno+SENAI&oq=Os+principais+gases+e+suas+formas+de+emiss%C3%A3o%2C+que+provocam+esse+fen%C3%B4meno+SENAI&aqs=chrome..69i57.2751j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8 >. Acesso em: 15 jun. 2018.

SILVA, M. P. D. (2013). Esforço das concessionárias de energia elétrica para o desenvolvimento de tecnologias de fontes alternativas de energia: o caso das Empresas Eletrobrás.

SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA – SEEG. Emissões por setor: Energia. 2016. Disponível em: <http://plataforma.seeg.eco.br/sectors/energia>. Acesso em 4 jun. 2018.

_____. 2017. Disponível em: < http://seeg.eco.br/>. Acesso em: 02 jun. 2018.

_____. Emissões dos setores de energia, processos industriais e uso de produtos. 2017. Disponível em: <http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2017/09/Relatorios-Seeg-2017-Energia-final.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2018.

_____. Emissões dos setores de energia, processos industriais e uso de produtos. 2018. Disponível em: < http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/05/Relato%CC%81rios-SEEG-2018-Energia-Final-v1.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2018.

TESLA. 2019. Disponível em: < https://www.tesla.com/en_ca/model3?redirect=no >. Acesso em: 25 nov. 2019.

THE WORLD BANK GROUP – WBG. 2019. Disponível em: < https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/ >. Acesso em: 10 out. 2019.

THIRD ASSESMENT REPORT – AR3. 2001. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar3/syr/>. Acesso em: 26 nov. 2019.

World Resourses Institute – WRI. 2019. Disponível em: < https://www.wri.org/ >. Acesso em: 20 out. 2019.