



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

VALORAÇÃO AMBIENTAL DOS CUSTOS SOCIAIS GERADOS PELOS
CONGESTIONAMENTOS PARA O CIDADÃO BELO-HORIZONTINO

VICTORIA RODRIGUES DE ASSIS ABREU

BELO HORIZONTE

2018

VICTORIA RODRIGUES DE ASSIS ABREU

VALORAÇÃO AMBIENTAL DOS CUSTOS SOCIAIS GERADOS PELOS
CONGESTIONAMENTOS PARA O CIDADÃO BELO-HORIZONTINO

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. Dr. Daniel Brianezi

BELO HORIZONTE,
2018

Abreu, Victoria Rodrigues de Assis.

S---

Valoração ambiental dos custos sociais gerados pelos congestionamentos para o cidadão belo-horizontino/ Victoria Rodrigues de Assis Abreu. : 2018.

60 f.; -- cm.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Brianezi.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2018.

1. Engarrafamento. 2. Mobilidade urbana. 3. Externalidades. I. Abreu, Victoria Rodrigues de Assis. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Valoração ambiental dos custos sociais gerados pelos congestionamentos para o cidadão belo-horizontino.

CDD -----

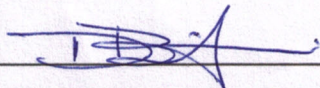
VICTORIA RODRIGUES DE ASSIS ABREU

VALORAÇÃO AMBIENTAL DOS CUSTOS SOCIAIS GERADOS PELOS
CONGESTIONAMENTOS PARA O CIDADÃO BELO-HORIZONTINO

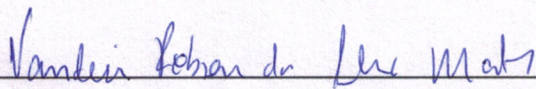
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de
Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção
do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Data de aprovação: 19 / 06 / 2018

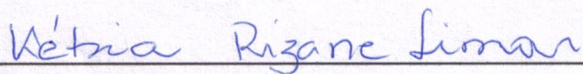
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Daniel Brianezi – Orientador – CEFET MG



Prof. Dr. Vandeir Robson da Silva Matias – CEFET MG



Ma. Késia Rizane Lima - CBTU

À minha mãe.

AGRADECIMENTOS

Por todo apoio, ajuda e incentivo recebidos, não há como expressar em algumas linhas toda a minha gratidão, mas deixo o registro do imenso carinho e respeito a cada um de vocês.

Primeiramente, agradeço a CAPES/CNPQ pela bolsa de iniciação científica concedida, que deu origem a esse trabalho. Ao CEFET MG, especialmente a minha coordenação, pela atenção e cuidado com os alunos, e ao meu orientador pelo apoio, confiança e oportunidade ao me escolher como bolsista do projeto e aceitar orientar o meu TCC. Ainda, agradeço aos demais professores do CEFET MG, obrigada por todo o conhecimento, dentro e fora de sala de aula, que me proporcionaram. Aos amigos (e chefes) do DNIT: muito obrigada pela oportunidade de estágio, interesse e investimento na minha formação; certamente serei uma profissional melhor por ter tido pessoas como vocês no meu caminho.

Agradeço aos membros da banca do presente trabalho, que gentilmente aceitaram o convite, e também me ajudaram com materiais de pesquisa e comentários que enriqueceram o trabalho.

Especialmente agradeço à minha mãe, meu irmão e meu noivo pela paciência nos dias mais estressantes, e a todos meus familiares e amigos por compreenderem a minha ausência em muitos momentos para me dedicar aos estudos e à pesquisa. À minha avó materna (*in memoriam*), que infelizmente não pode ver a conclusão da minha graduação, nosso sonho, mas que de algum lugar olha por mim e me acalenta quando preciso.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para o meu sucesso, meu futuro e o resultado final dessa pesquisa. Vocês são sensacionais! Do fundo do meu coração, muito obrigada!

RESUMO

Abreu, Victória Rodrigues de Assis. *Valoração ambiental dos custos sociais gerados pelos congestionamentos para o cidadão belo-horizontino*. 2018. 42f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

A mobilidade urbana possibilita as pessoas terem acesso a serviços, trabalho, educação, lazer, dentre outros, sendo de extrema importância para o desenvolvimento social e econômico. Entretanto, durante tais deslocamentos podem haver congestionamentos, que geram custos socioambientais e econômicos que refletem em perda de bem-estar e problemas de saúde para toda a população. Com o levantamento do valor econômico que os congestionamentos representam para o cidadão belo-horizontino, evidenciando os recursos perdidos, espera-se que a população tome a decisão de deslocamento de forma consciente e, também, que o trabalho sirva de subsídio e incentivo para políticas públicas em relação à distribuição de recursos para transporte e obras de infraestrutura. Para isso, foi utilizado o método de valoração ambiental denominado produção sacrificada, que permite calcular qual o custo social por meio do tempo de viagem, sendo o estudo feito pela aplicação de entrevistas semiestruturadas nas nove regionais de Belo Horizonte, utilizando como base para a amostragem a população ocupada da cidade, indagando ao entrevistado informações referentes ao meio de transporte utilizado, renda, tempo mínimo e médio de deslocamento casa-trabalho-casa, jornada de trabalho semanal, informações relativas aos problemas gerados pelos congestionamentos, dentre outros. Os valores foram extrapolados para o período de um ano, considerando a população ocupada de cada regional. Assim, foi possível observar que 94% da população se sente incomodada com os congestionamentos, sendo que os usuários de ônibus passam mais tempo no trânsito da capital comparados às pessoas que utilizam outro meio de transporte (veículo próprio ou metrô) ou mesmo a pé e que o custo social total gerado pelo congestionamento em Belo Horizonte no período de junho/2017 a maio/2018 foi de aproximadamente R\$ 3 bilhões de reais.

Palavras-chave: Engarrafamento, Mobilidade urbana, Externalidades.

ABSTRACT

Abreu, Victoria Rodrigues de Assis. Environmental valuation of social costs generated by traffic jam for the belo-horizontino citizen. 2018. 42p. Undergraduate Thesis (Sanitation and Environmental Engineering degree) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

Urban mobility enables people to access services, job, education and leisure activities, among others, there for extremely important for social and economic development. However, traffic jam generates socio-environmental and economic costs that reflect on welfare loss and health problems for the population. Based on the survey of the economic value that traffic congestion represents for the belo-horizontino citizen, evidencing the lost resources, it is expected that the population will make the decision to move in a conscious way, and also that this study supplies public policy for improvement of transport and urban infrastructure. For this purpose, we use an environmental economic valuation method, lost production, to calculate the social cost by the application of semi-structured interviews. We sample employs of nine municipally districts of Belo Horizonte, gathering them information about personal profile, working day, vehicle used, home-work displacement, minimum and average travel time, welfare lost by traffic jam, among others. All data have extrapolated for the period of one year, considering the worked population of each district. Thus, 94% of the population feels uncomfortable with the congestion, being that the users of buses spend more time in the urban traffic compared to the people that use another transport (particular vehicle or subway) or walk. The total social cost generated by the congestion in Belo Horizonte from June 2017 to May 2018 was approximately \$3 billion (Brazilian reais).

Keywords: Traffic jam, Urban mobility, Externalities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual das viagens por hora de início em Belo Horizonte.....	15
Figura 2 - Viagem e deslocamento.....	16
Figura 3 - Diferença de tempo perdido no deslocamento em relação ao gênero nas regionais de Belo Horizonte.	32
Figura 4 - Diferença salarial em relação ao gênero nas regionais de Belo Horizonte	33
Figura 5 - Média salarial e de horas trabalhadas dos belo-horizontinos entre as regionais de Belo Horizonte	34
Figura 6 - Interferência do trânsito no bem-estar do trabalhador belo-horizontino	35
Figura 7 - Formas de interferência do trânsito no bem-estar do trabalhador belo-horizontino.....	36
Figura 8 - Correlação entre CO ₂ equivalente e consumo de combustível	39
Figura 9 - Tempo perdido e utilização de veículos para cada regional de Belo Horizonte.....	40
Figura 10 - Veículos e emissão de CO ₂ eq para cada regional de Belo Horizonte	40
Figura 11a: Correlação entre a emissão de CO ₂ equivalente e tempo perdido no trânsito para carros e motocicletas.....	41
Figura 11b: Correlação entre a emissão de CO ₂ equivalente e tempo perdido no trânsito para ônibus.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de viagens por hora e faixa horária em 2002 e 2012.....	14
Tabela 2 - Número de viagens em 2002 e 2012 com o aumento do volume de viagens, e percentual do volume de viagens em 2012.....	16
Tabela 3 - Potencial de aquecimento global dos Gases de Efeito Estufa	17
Tabela 4 - Emissões de GEE relacionadas ao setor de transportes em Minas Gerais	18
Tabela 5 - Emissões de CO ₂ eq por passageiro e distância.	19
Tabela 6 - Emissões de GEE ocorridas em Belo Horizonte para o setor de energia	19
Tabela 7 - Exemplos de custos internos e externos em transportes	22
Tabela 8 - População amostrada em cada regional de Belo Horizonte.....	27
Tabela 9 - Veículos e seus respectivos rendimentos por tipo de combustível	29
Tabela 10 - Fatores de emissão para cada combustível e GEE	30
Tabela 11 - Média Salarial para cada regional e meio de transporte	33
Tabela 12 - Custos extras por regional de Belo Horizonte durante um ano dos cidadãos.....	43
Tabela 13 - Perda de rendimento devido aos congestionamentos para cada regional de Belo Horizonte.....	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos Específicos	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 Mobilidade Urbana e Sustentabilidade	13
3.1.1 Congestionamentos.....	14
3.1.2 Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE)	17
3.1.3 Legislações Vigentes.....	20
3.2 Externalidades.....	21
3.3 Valoração Ambiental	23
3.3.1. Métodos de valoração	24
4. METODOLOGIA.....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1 Caracterização das regionais.....	32
5.2 Interferência do trânsito no bem-estar.....	35
5.3 Custos devido aos congestionamentos	37
5.3.1 Custos à saúde.....	37
5.3.2 Custos econômicos e ambientais.....	38
5.4 Valor econômico perdido devido aos congestionamentos.....	42
5.5 Medidas propostas	44
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
7. APÊNDICE	48
REFERÊNCIAS.....	50

1. INTRODUÇÃO

O transporte contribui significativamente para o crescimento econômico e permite um mercado global, além de ser necessário para atividades cotidianas. Infelizmente, as formas de transporte não afetam a sociedade apenas de forma positiva, mas também negativa, contribuindo para congestionamentos, poluição do ar, altos níveis de ruído ambiente, etc. Esses efeitos adversos dão origem a impactos que podem ser expressos em termos monetários, como: custos de saúde causados pela poluição do ar, perdas de produtividade devido a vidas perdidas em acidentes de trânsito, dentre outros.

A quantidade de automóveis em Belo Horizonte aumentou 240% no período de 1999 até 2014, sendo nesse último ano um valor de 1.117.120 carros (BHTRANS, 2015). De acordo com IBGE, Belo Horizonte possuiu uma estimativa para 2016 de 2.513.451 habitantes. Com esses dados é possível concluir que há cerca de 2,25 habitantes.carro⁻¹. O excesso de veículos sem a sua capacidade de carga máxima leva a sobrecarga do sistema viário, e atrapalha a mobilidade urbana, que é essencial para atividades corriqueiras, como o ir ao trabalho, ao médico, e à escola, e aumenta a emissão de poluentes, piorando a qualidade do ar, que pode levar a doenças respiratórias (VIEIRA, 2009). Além disso, de acordo com Zerbini et al (2009), o estresse causado pelos congestionamentos diminui a qualidade de vida e afeta o rendimento no trabalho.

Quando uma atividade impõe uma perda ou um custo para a sociedade é dado o nome de externalidade negativa. A internalização desses custos significa fazer com que tais externalidades e suas consequências façam parte do processo de tomada de decisão dos usuários de transporte. Isso pode ser feito diretamente através da regulamentação ou indiretamente, fornecendo os incentivos aos usuários de transporte. Das externalidades negativas em decorrência do trânsito pode-se citar, dentre outras, a poluição, os acidentes, a fragmentação social e a redução da qualidade de vida (DPP, 2011).

Nesse contexto, torna-se relevante a valoração dos congestionamentos de Belo Horizonte – MG, para subsidiar políticas públicas, verificando o valor possível a ser ganho com intervenções para melhora do trânsito, que é justificado se os benefícios sociais adicionais de um projeto específico exceder os custos adicionais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o tempo de exposição dos cidadãos aos congestionamentos e, como consequência, os custos socioambientais e econômicos gerados em cada regional de Belo Horizonte- MG.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar a mobilidade urbana e os congestionamentos em Belo Horizonte;
- Levantar o perfil do trabalhador de cada regional de Belo Horizonte, baseado no meio de transporte utilizado, tempo médio gasto no trânsito, renda, dentre outros;
 - Contrastar os diferentes perfis de trabalhadores e estimar os custos sociais gerados;
 - Entender como os congestionamentos afetam o bem-estar e a saúde dos moradores de cada regional de Belo Horizonte e verificar se o planejamento atual e futuro de mobilidade urbana proposto pela administração municipal visa atenuar esses efeitos adversos e contribuirá para a melhoria da mobilidade da cidade, em especial para as regionais que apresentarem maior custo social;
 - Estimar a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera devido aos congestionamentos.
 - Propor formas de internalização das externalidades ambientais geradas pelo trânsito de Belo Horizonte baseado em instrumentos econômicos e políticas ambientais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Mobilidade Urbana e Sustentabilidade

De acordo com Brasil (2017), com o desenvolvimento social e econômico do país, a mobilidade urbana se tornou uma questão, dado o aumento expressivo da motorização individual (automóveis e motocicletas), bem como da frota de veículos dedicados ao transporte de cargas, sendo difícil alinhar as políticas ambientais e urbanas com as altas e crescentes taxas de urbanização. O transporte individual motorizado é insustentável, tanto no que se refere à proteção ambiental quanto no atendimento das necessidades de deslocamento que caracterizam a vida urbana. A Lei 12.587/2012 (Política Nacional de Mobilidade Urbana) define a mobilidade urbana como condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano, enquanto a Lei 9.795/1999 (Política Nacional de Educação Ambiental) define sustentabilidade como a concepção do meio ambiente em sua totalidade, considerando a interdependência entre o meio natural, o socioeconômico e o cultural.

O tema de desenvolvimento sustentável e sua preocupação são recentes, sendo que o estudo e a implantação, em vários segmentos, de medidas e procedimentos que contribuem para a sustentabilidade, especialmente em áreas urbanizadas, vem sendo pauta de discussões. O transporte, de acordo com o Departamento de Prospectiva e Planejamento e Relações Internacionais (DPP) (2011), Litman (2003) apud Bezerra e Gentil (2013) tem diversos impactos, sendo eles relacionados ao meio ambiente como a poluição do ar, água e solo, perda de habitat natural, poluição sonora e visual, depleção dos recursos naturais; na economia (com os congestionamentos, acidentes, custos, depleção dos recursos naturais) e no social (com mobilidade deficiente, impactos negativos na saúde, redução da qualidade de vida, e fragmentação social). O aumento da capacidade viária como solução para problemas de congestionamento estimula o uso de veículos individuais, com novos congestionamentos e degradação da qualidade ambiental, social e econômica, não sendo, portanto, sustentável.

A mobilidade urbana sustentável se contrapõe a isso, pois visa, dentre outros pontos, reduzir o tempo no trânsito por meio do aumento da qualidade dos

transportes públicos. A oferta adequada de transporte, de forma justa e o modo de transporte a ser utilizado irão influenciar nas esferas sociais, econômicas e ambientais (CAMPOS, 2006).

3.1.1 Congestionamentos

O crescimento da frota de veículos impacta no tempo de deslocamento das pessoas, que precisam de um tempo extra para realizar suas atividades, devido também à ocorrência de acidentes e outros imprevistos na via (RESENDE; SOUSA, 2009). Em Belo Horizonte, no período de 1999 até 2014, houve um aumento de 270% no número de veículos tendo, no ano de 2014, 1.117.120 carros (BHTRANS, 2015). O horário em que ocorrem os principais deslocamentos, de acordo com a BHTRANS (2016) é representado pela Tabela 1, que compara também os horários de 2002 e 2012, sendo as horas mostradas referentes ao horário de início dos deslocamentos.

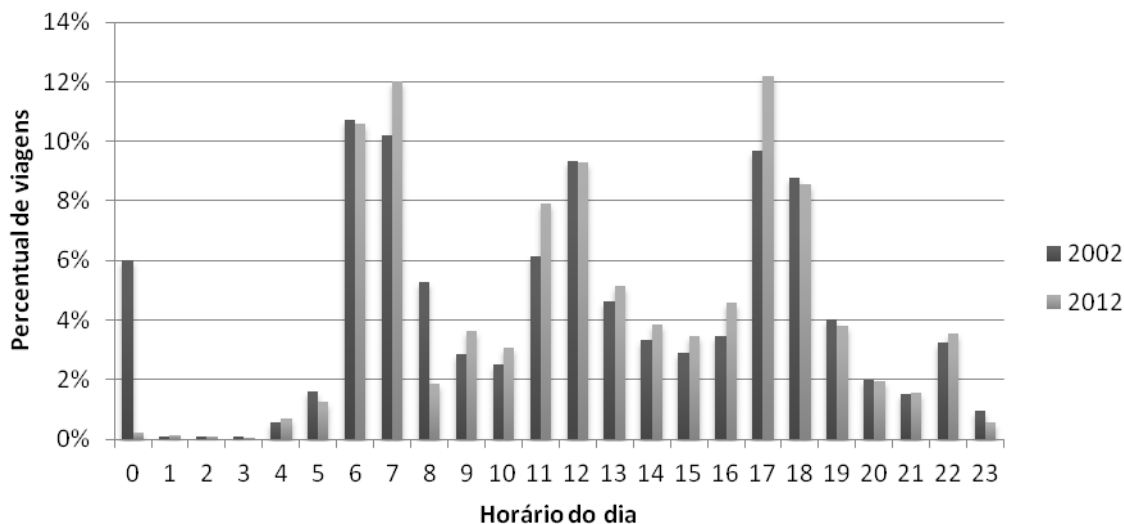
Tabela 1 - Quantidade de viagens por hora e faixa horária em 2002 e 2012

Hora	2002	2012	2002	2012
0	225.112	12.950	6%	0%
1	3.857	7.855	0%	0%
2	3.184	4.419	0%	0%
3	3.483	2.458	0%	0%
4	21.716	42.992	1%	1%
5	60.567	80.589	2%	1%
6	401.882	669.504	11%	11%
7	383.316	760.267	10%	12%
8	198.294	118.788	5%	2%
9	106.417	229.110	3%	4%
10	93.638	194.647	2%	3%
11	230.059	500.164	6%	8%
12	351.078	588.762	9%	9%
13	173.071	324.418	5%	5%
14	124.705	244.414	3%	4%
15	109.527	218.328	3%	3%
16	130.318	288.641	3%	5%
17	364.171	770.987	10%	12%
18	330.226	541.686	9%	9%
19	151.598	240.004	4%	4%
20	74.392	124.049	2%	2%
21	56.653	98.536	2%	2%
22	121.765	224.836	3%	4%
23	35.184	34.548	1%	1%
Total	3.754.211	6.322.953	100%	100%

Fonte: Adaptado de BHTRANS, 2016.

Os realces de texto, na Tabela 1, representam os horários de pico, e a Figura 1 apresenta a concentração de viagens por hora considerando a hora de início de cada viagem avaliada no período de 2002 e 2012.

Figura 1 - Percentual das viagens por hora de início em Belo Horizonte

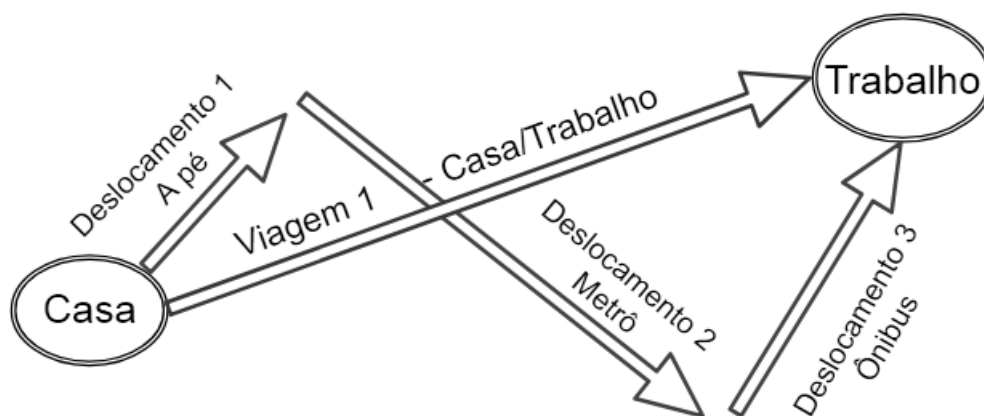


Fonte: Adaptado de BHTRANS, 2016.

Na Figura 1 é mostrado, tanto em 2002 quanto em 2012, as maiores concentrações de viagens no período ocorrem entre 06 às 07h da manhã, 11 e 12h e 17 às 18h.

Para ser considerada uma viagem é preciso ter, necessariamente, um motivo que não seja escala (como ocorrem em viagens aéreas, onde o passageiro aguarda no avião, em um local que não seja o da sua partida ou do seu destino, a entrada e saída de outros passageiros), baldeação (deslocamento até um ponto com a troca de veículo – ex.: metrô para ônibus) ou transbordo (deslocamento até um ponto para trocar para um veículo de mesmo tipo que faça outro trecho da viagem). Independente da baldeação, da escala, ou do transbordo, a viagem será única, já o trajeto irá ser segmentado. Isso significa que paradas em destinos que não sejam o final são deslocamentos e a viagem é, portanto, a soma desses deslocamentos (BHTRANS, 2016). O diagrama a seguir explica melhor esse conceito (Figura 2).

Figura 2 - Viagem e deslocamento



Fonte: Elaborado pela autora

Em relação ao número de viagens atraídas, as regionais Venda Nova, Norte e Barreiro foram as que mais cresceram, isso indica crescimento do comércio e das indústrias nessas regionais (BHTRANS, 2016). A regional Centro, mesmo com a grande maioria no volume de viagens (1.086.771 viagens em 2012), teve o menor crescimento, com 51% (BHTRANS, 2016). Tal crescimento é planejado, e está contemplado no Plano Diretor e no Uso e Ocupação do Solo de Belo Horizonte, sendo uma medida intencional de crescimento das regionais, como instrumento de controle, visando sair do zoneamento funcionalista.

Tabela 2 – Número de viagens em 2002 e 2012 com o aumento do volume de viagens, e percentual do volume de viagens em 2012.

Regional de Origem	Ano		Crescimento	Percentual de Viagens (2012)
	2002	2012		
Barreiro	175.049	324.222	85%	8%
Centro	717.781	1.086.771	51%	27%
Leste	180.141	276.005	53%	7%
Nordeste	202.120	306.311	52%	8%
Noroeste	240.316	368.167	53%	9%
Norte	96.496	186.015	93%	5%
Oeste	235.715	401.383	70%	10%
Pampulha	213.459	375.007	76%	9%
Sul	230.918	344.649	49%	9%
Venda Nova	159.445	308.153	93%	8%
Total	2.451.440	3.976.683	62%	100%

Fonte: Adaptado de BHTRANS, 2016.

Por aumentar o tempo de viagem, eleva-se o consumo de combustível e, conseqüentemente, aumenta-se a emissão de gases diversos, provenientes da queima do combustível. Dessa forma, a emissão desses gases pode levar a problemas de saúde e ao aumento do efeito estufa.

3.1.2 Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE)

O efeito estufa é um fenômeno natural e é causado pela presença de vapor de água e de outros gases na atmosfera terrestre. O Sol aquece a Terra, e parte dessa energia é refletida de volta ao espaço, enquanto outra parte é absorvida pela camada de ozônio e pela superfície da Terra. A Terra reflete parte da energia recebida, e retém parte graças ao efeito estufa, e se não houvesse essa retenção a temperatura média da superfície da Terra seria aproximadamente -17°C e não 15°C (FEAM,2008).

Entretanto, a ação humana pode intensificar esse efeito estufa, aumentando a temperatura da terra (SAWYER, 2008), tal aumento é chamado de aquecimento global (IPCC, 2013). A utilização de veículos, principalmente sem sua carga máxima de passageiros, contribui significativamente para o aumento dos Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera. São diversos gases considerados GEE, sendo os principais em relação ao transporte:

Tabela 3 - Potencial de aquecimento global dos Gases de Efeito Estufa

Gás de Efeito Estufa	Potencial de Aquecimento Global (PAG)
Dióxido de Carbono (CO_2)	1
Metano (CH_4)	25
Óxido Nitroso (N_2O)	298

Fonte: Adaptado de IPCC, 2015.

O Potencial de Aquecimento Global (PAG) é um índice que se baseia nas propriedades radiativas dos GEE, por meio da emissão de impulsos de uma unidade de massa de um determinado gás, em um determinado horizonte de tempo (geralmente 100 anos), relativo ao do dióxido de carbono (CO_2) (IPCC, 2013). Em outras palavras, pode-se dizer que o PAG representa a capacidade de cada gás

absorver calor na atmosfera em um tempo comparada à capacidade de absorção do CO₂, representando o quanto um GEE contribui para o aquecimento global.

Ainda de acordo com IPCC (2013), o dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) representa a “quantidade de emissão de dióxido de carbono que provocaria o mesmo forçamento radiativo integrado, ao longo de um determinado horizonte temporal, enquanto quantidade emitida de gás de efeito de estufa ou uma mistura de gases de efeito de estufa”. Ou seja, é uma forma de representar os demais GEE como se fossem dióxido de carbono, é uma forma de equivalê-los aos CO₂. Pode-se calcular tal emissão equivalente por meio do produto entre a emissão do gás e o seu PAG, num horizonte de tempo determinado. Para uma mistura de GEE, como no presente estudo, soma-se as emissões de CO₂eq de cada gás.

De acordo com FEAM (2008), em Minas Gerais, a atividade de transportes foi responsável pela segunda maior emissão de GEE, representando 36,6%, devido, principalmente, ao modal rodoviário que emitiu 96,2% do total, tendo como principal combustível o óleo diesel, relacionado principalmente a movimentação de passageiros e de cargas. A gasolina também teve uma participação significativa no transporte rodoviário, sendo utilizada principalmente em veículo leves (carros de passeio). As emissões totais de gases de efeito estufa no setor de transporte em Minas Gerais estão representadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Emissões de GEE relacionadas ao setor de transportes em Minas Gerais

Setor	Emissões de CO ₂ (Mt)	Emissões de CH ₄ (t)	Emissões de N ₂ O (t)	Emissões totais de CO ₂ eq (Mt)
Rodoviário	15.555,7	2.477,1	1.092,3	15.946,3
Ferrovário	320,3	0,0	124,5	358,9
Aéreo	269,9	7,5	7,5	272,4
Hidroviário	0,0	0,0	0,0	0,0
Transportes - Total	16.145,9	2.484,6	1.224,3	16.577,6

Fonte: Adaptado de FEAM, 2008.

É importante ressaltar que o álcool etílico, utilizado para transportes rodoviários (especialmente de veículos de passeio) produz 1.222,5 Mt CO₂, mas sua emissão é neutralizada durante o processo de crescimento da cana, que absorve esse gás (LANGOWSKI, 2007). Entretanto, os outros gases produzidos na combustão e durante a produção não são neutralizados, produzindo um total de

1.539,60 kg CO₂eq/ha*ano⁻¹ quando considerado todo o processo produtivo, desde a plantação ao produto final (GARCIA e VON SPERLING, 2010).

A quantidade de emissão varia conforme o tipo de veículo utilizado, bem como o desempenho do mesmo, mas podem ser expressos em uma média representada pela Tabela 5.

Tabela 5 - Emissões de CO₂ eq por passageiro e distância.

Modalidade de transporte	Emissões Quilométricas [kg CO ₂ /km]	Ocupação média veículo [Passageiros]	Emissões [kg CO ₂]/ Passageiro km	Índice emissão (metrô=1)
Metrô	3,16	900	0,0035	1,0
Ônibus	1,28	80	0,0160	4,6
Automóvel	0,19	1,5	0,1268	36,1
Motocicleta	0,07	1	0,0711	20,3

Retirado de: IPEA, 2011

Em Belo Horizonte, os três maiores emissores de GEE, representando 75% do total emitido em 2013, foram a gasolina automotiva, o óleo diesel e o querosene de aviação. A gasolina representou 59% do total de emissões da cidade em 2013 (PBH, 2015). A prefeitura espera que o PLANMOB, a implantação do BRT, e o aumento de ciclovias na cidade venham a contribuir para a diminuição na geração de GEE, e na redução dos congestionamentos. A Tabela 6 resume essas emissões em Belo Horizonte, em toneladas de CO₂ equivalente.

Tabela 6 - Emissões de GEE ocorridas em Belo Horizonte para o setor de energia

Escopo Setorial IPCC	Fontes Emissoras/ Precursores	Emissões (tCO ₂ eq)					
		2011	2012	2013	2011	2012	2013
	GLP	242.037	299.326	213.666			
Fontes Estacionárias	GN ou GNC	97.646	90.258	76.198			
	Óleo Diesel	137.935	55.216	55.957	508.895	380.622	352.312
	Óleo Combustível	31.277	5.822	6.491			

Escopo Setorial IPCC	Fontes Emissoras/ Precursores	Emissões (tCO ₂ eq)					
		2011	2012	2013	2011	2012	2013
	Óleo Diesel	640.918	656.028	636.088			
	Gasolina	1.516.510	1.643.931	1.670.019			
	Etanol	737	630	843			
Fontes Móveis	GNV ou GNC Automotivo	30.361	32.770	30.884	2.246.506	2.390.472	2.390.789
	Óleo Combustível	0	0	0			
	Gasolina Aviação	4.482	4.823	4.308			
	Querosene Aviação	53.499	52.291	48.647			
	Emissões fugitivas	0	0	0	0	0	0

Total : 2.755.402 2.771.094 2.743.101

Fonte: Adaptado de PBH, 2015.

3.1.3 Legislações Vigentes

Para o presente trabalho, as legislações vigentes a serem consideradas para elaboração do mesmo foram a Lei 12.587/2012, que instituiu, a nível Federal, a Política Nacional de Mobilidade Urbana. O Estatuto da Cidade, também chamado de Política de Desenvolvimento Urbano, é uma legislação federal, que estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental, estando contido na Lei 10.257/2001.

A nível municipal, o Decreto 15.317/2013, instituiu o Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (chamado de PlanMob – BH), e diretrizes para o acompanhamento, monitoramento, implementação, avaliação e revisão.

Em relação à emissão de gases pelos veículos, a resolução CONAMA 418/2009 é o instrumento que atualmente regulamenta o controle de poluição veicular.

Além disso, visando a redução para os Gases de Efeito Estufa (GEE), para diversas fontes emissoras, o Brasil assumiu um compromisso por meio da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que oficializou a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Em Minas Gerais, também visando a redução dos GEE, criou-se, por meio do Decreto nº 44.042, de 09 de junho de 2005, o Fórum Mineiro de Mudanças Climáticas.

3.2 Externalidades

Quando existem custos ou benefícios causados pelas ações de algum agente econômico sobre outros, sem que exista alguma forma de compensação entre eles, existem externalidades (SENNÁ, 2014). A externalidade no transporte urbano diz respeito à ocorrência de custos e benefícios que não são pagos ou recebidos pelas pessoas, uma vez que externalidade se refere ao caráter externo do custo (VASCONCELLOS; LIMA, 1998).

A poluição é o exemplo mais comum de externalidade, sendo uma externalidade negativa quando quem a causa não paga por ela, tendo um benefício econômico sobre quem sofre a poluição. As externalidades positivas são benefícios que ocorrem devido às ações de algum agente econômico e que impactam sobre os demais, mas que também não são compensadas.

De acordo com Senna (2014), em relação ao trânsito, as externalidades mais comuns são os congestionamentos, a poluição e os acidentes, em que cada usuário de transporte gera custos sobre os demais. Tais externalidades dependem do tipo de veículo e de sua taxa de ocupação. O transporte público e coletivo (ônibus, vans, metrô e trens) tem uma menor externalidade por passageiro quando avaliada sua capacidade máxima de transporte, mas, um ônibus com um passageiro provoca maior externalidade do que um veículo de passeio com um passageiro. Já para o transporte de uma pessoa, a externalidade causada por um veículo de passeio é maior do que a gerada por uma moto. O autor ainda diz que os trens e metrôs geram externalidades positivas para os usuários da infraestrutura viária, uma vez que metrôs e trens urbanos não concorrem pelo uso do mesmo espaço de carros e ônibus, não provocando atrasos para esses veículos.

Os custos sociais das externalidades são formados por custos internos e externos. Os custos internos são custos que os causadores das externalidades terão que suportar, e os custos externos são os custos infringidos a terceiros. Exemplos de custos internos são o tempo pessoal e o combustível, que são percebidos e assumidos pela pessoa e considerados na tomada de decisão; os custos externos não são pagos pelo usuário e nem considerados na tomada de decisão, a poluição e o atraso nas viagens dos outros usuários. Do ponto de vista da economia, pode-se dizer que, se há compensação da externalidade causada, como é o caso do pagamento de impostos ou taxas, isso provoca a internalização do custo, eliminando a externalidade. Entretanto, ao não considerar os custos externos, os mesmos não são compensados e levam a utilização não ótima dos equipamentos públicos, consumindo, por exemplo, mais transporte e vias do que seria desejável economicamente, reduzindo a eficiência social. Se todos os custos forem cobrados, haverá equilíbrio e os recursos da sociedade serão otimizados (VASCONCELLOS; LIMA, 1998). Entretanto, apenas o pagamento de taxas e impostos não garante a correta distribuição dos mesmos, o que pode levar a não compensação financeira de tais impactos. A Tabela 7 exemplifica custos internos e externos dos transportes.

Tabela 7 - Exemplos de custos internos e externos em transportes

Categoria de Custos	Internos/privados	Externos
Despesas de Transporte	Aquisição, manutenção, operação do veículo	Estacionamento pago por terceiros
	Tarifas de transporte público	
Infraestrutura	Imposto de circulação	Custos de infraestrutura não cobertos
	Imposto sobre combustível	
Congestionamento	Tempo do próprio usuário	Tempo dos demais usuários
Ambientais	Poluição sofrida pelo próprio usuário	Poluição sofrida pelos demais usuários e pela sociedade
Acidentes	Seguros pagos pelo usuário	Custos de acidentes pagos pelo demais envolvidos
	Custos de acidentes pagos pelo próprio usuário	Dor e sofrimento impostos aos demais envolvidos

Retirado de: VASCONCELLOS; LIMA, 1998.

A regulamentação por meio de instrumentos de comando e controle ou incentivos (ex.: subsídios e taxações) colaboram para a internalização das externalidades. A tributação da gasolina, por exemplo, é uma forma de corrigir três

externalidades negativas associadas aos carros: Os congestionamentos, pois incentiva as pessoas a usarem transporte público e fazer rodízio de carros com os amigos; Os acidentes, uma vez que carros grandes impõem mais risco de matar outras pessoas frente uma colisão; A poluição, pois a gasolina é um combustível fóssil, que com sua queima leva ao aquecimento global. O imposto, nesse caso, funciona como uma forma de haver menos congestionamentos, estradas mais seguras e um meio ambiente mais limpo (MANKIWI, 2009).

3.3 Valoração Ambiental

O estudo das externalidades implica dificuldades: A valoração das externalidades é um problema, porque muitas não têm expressão monetária corrente (poluição, qualidade de vida), ou não fazem parte de transações mercantis (valor do ar limpo) ou por filosoficamente, não admitem valoração (valor da vida). Além disso, a dimensão dos problemas (congestionamento e poluição) e o fato de serem intangíveis. A medição das externalidades é feita geralmente de forma direta. No caso do congestionamento, o indicador mais simples é o tempo de percurso em excesso em relação ao que seria verificado em uma condição não congestionada. Outras formas podem ser: a estimativa de quanto custaria ampliar a capacidade até o ponto de fazer desaparecer o congestionamento e a estimativa de quanto seria preciso cobrar dos usuários para fazer a demanda reduzir-se até o ponto anterior ao congestionamento.

No caso dos acidentes, a medida direta mais simples é o número de acidentes, com informações sobre quem os sofreu e quais foram as consequências. Na poluição, a medida é a estimativa do excesso de poluentes emitidos pelos veículos na condição congestionada. As emissões irão variar de veículo para veículo, o que irá atrapalhar/dificultar a quantificação. No caso do tempo gasto, a valoração do tempo é feita de forma indireta, por meio dos salários das pessoas envolvidas (VASCONCELLOS; LIMA, 1998).

No caso das estradas que podem ser bens públicos ou recursos comuns, dificulta sua valoração. Se uma estrada não está congestionada, o uso dela por alguém não afeta as demais pessoas. Nesse caso, o uso não é rival e a estrada é um bem público. Mas, se a estrada está congestionada, então seu uso resulta numa

externalidade negativa. Quando alguém dirige nessa estrada, ela se torna ainda mais congestionada e as outras pessoas precisam dirigir mais devagar. Nesse caso, a estrada é um recurso comum. Essas duas características – não exclusividade e não rivalidade, respectivamente – confere aos serviços de deslocamento a característica de bem público, dificultando sua completa definição e geração de capital para sua conservação (MANKIWI, 2009). Ao processo que transforma a natureza e seus aspectos em um ativo e adota seu uso ao pagamento de um montante equivalente que seja capaz de traduzir seu valor dá-se o nome de valoração ambiental (ROMEIRO et al. 1997).

3.3.1. Métodos de valoração

Para definir o método de valoração adequado para cada situação, é necessário iniciar o processo de mensuração diferenciando os tipos de valor de uso. Sendo o valor de uso direto (que é realmente o uso do bem ou serviço), valor de uso indireto (que é o consumo do bem ou serviço de forma indireta, como a melhora da qualidade do ar, por exemplo), valor de opção (possibilidade de usar o bem ou serviço no futuro), e o valor de existência (que é o valor não associado ao uso presente ou futuro do recurso, mas inerente ao mesmo) (MOTTA, 1997).

As técnicas de valoração podem ter enfoques diretos e indiretos, onde o enfoque direto está relacionado aos preços de mercado ou à produtividade, de modo que são possíveis de serem aplicados quando a capacidade produtiva é afetada devido a uma mudança nos aspectos ambientais. São exemplos de métodos diretos de valoração: preço líquido, mudanças na produtividade, custo de oportunidade, custo de doenças, custo de reposição, entre outros. Em contrapartida, no enfoque indireto os benefícios ambientais não são possíveis de serem valorados, mesmo que indiretamente, pelo comportamento no mercado. Sendo assim, simula-se o mercado através de julgamento de pessoas, obtendo-se avaliações subjetivas a respeito do comportamento do mercado, ou através da construção de mercados hipotéticos. Nesse caso utilizam-se, principalmente os métodos de valoração de avaliação hedônica, custo de viagem e valoração contingente.

Não há consenso entre os métodos de valoração, e os citados a seguir são os considerados por Motta (1997):

I) Método da produtividade marginal: é a quantificação da interferência de mudanças na qualidade ambiental, em mudanças na produtividade e nos custos de produção. É possível aplicar esse método quando o recurso natural é insumo de algum bem ou serviço, de forma a mostrar como a mudança da oferta e disponibilidade do bem ou serviço primário interfere no produto secundário.

II) Métodos de mercado de bens substitutos: é avaliar os custos e benefícios econômicos que possam alterar a qualidade ambiental. Sendo quantificada como que a falta dos bens utilizados primeiramente irá interferir em outros que podem ser utilizados com o mesmo fim. O consumidor adquire um bem, substituto do inicial, e não tem perda de bem-estar.

III) Métodos de mercados de bens complementares: são os que são consumidos de forma constante entre si e caso haja falta de um, o uso do outro será alterado de forma proporcional.

IV) Métodos de preços hedônicos: considera a valorização (depreciação) de um imóvel devido a suas características ambientais, em detrimento de outro similar em todos os outros quesitos, mas sem atributos ambientais.

V) Método do custo de viagem: são os gastos para o deslocamento até um local, onde possa desfrutar de algum benefício ambiental. Inclui gastos com equipamentos, alimentação, o próprio deslocamento (gasolina, passagem de avião), ingressos e outras despesas.

VI) Método da valoração contingente: busca mensurar a disposição a pagar (DAP) ou a disposição a receber (DAR) dada uma determinada mudança no serviço ambiental, por meio de uma suposição.

VII) Método da produção sacrificada: O método de produção sacrificada se refere à perda de produção do ser humano devido ao tempo perdido, podendo ser decorrente de morte, engarrafamentos ou doenças. É equivalente a capacidade de o indivíduo gerar renda (MOTA, 2011). Para medir o valor perdido nos engarrafamentos é feita a multiplicação do salário hora de cada pessoa pelo tempo preso nesses congestionamentos.

4. METODOLOGIA

As perdas com o aumento do tempo de viagem podem ser valoradas com base no rendimento médio, uma vez que esse é um tempo que o trabalhador poderia estar exercendo alguma atividade alternativa de produção, ou aumentando diretamente seu bem-estar por maior tempo dedicado a família, educação e lazer. O método de valoração adotado nesse trabalho foi o da produção sacrificada, que permite calcular o custo (benefício) econômico da piora (melhora) no sistema de mobilidade através do aumento (redução) no tempo de viagem.

O presente trabalho iniciou-se com uma revisão bibliográfica visando à compreensão dos assuntos envolvidos no tema, permitindo maior embasamento teórico e subsídio para a sua proposição. Nessa etapa foram discutidos os conceitos de serviços ambientais, valoração ambiental, a influência dos congestionamentos, métodos de valoração ambiental e legislações vigentes aplicáveis ao tema no Brasil, em Minas Gerais e em Belo Horizonte. Tal pesquisa foi realizada por meio de arquivos eletrônicos, periódicos, normas, legislações, publicações e livros.

Para valoração do congestionamento, foi feito um estudo utilizando entrevistas semiestruturadas, indagando ao entrevistado informações referentes ao meio de transporte utilizado, faixa etária e renda, tempo médio e mínimo de deslocamento casa-trabalho-casa, origem e destino, distância diária percorrida, jornada de trabalho semanal, nível e forma como o congestionamento afeta seu bem-estar, problemas gerados, dentre outros dados relacionados. A forma de amostragem foi aleatória estratificada, considerando a proporção de trabalhadores de cada uma das regionais de acordo com o Censo do IBGE (2010), e o valor total o número de pessoas ocupadas em Belo Horizonte, adotando nível de confiança de 95% e erro amostral de 5%. Portanto, gerou-se um total de 388 entrevistas para as nove regionais de Belo Horizonte, como mostra a equação 1.

$$n = \frac{N^2 \times Z^2 \times p \times (1 - p)}{Z^2 \times p \times (1 - p) + e^2 \times (N - 1)} \quad (1)$$

em que:

n=amostra necessária;

N=População;

Z= desvio do valor médio que se espera encontrar, e está relacionado com o nível de confiança;

p=proporção (p=50% quando não há informações prévias);

e=margem de erro máxima admitida.

Além disso, como forma de evitar qualquer tipo de julgamento ou conveniência da pesquisadora, a amostragem foi feita de forma sistemática uma vez que não havia uma lista da população ocupada de Belo Horizonte.

Após esse processo, os valores encontrados de amostra de cada regional foram arredondados para o número inteiro imediatamente acima, sendo: 44 trabalhadores da região do Barreiro, 48 do Centro-Sul, 39 da Leste, 47 trabalhadores da região Nordeste, 45 da Noroeste, 33 da Norte, 52 da região Oeste, 38 da Pampulha e 42 de Venda Nova, totalizando 388 entrevistas, estratificadas a fim de verificar as possíveis diferenças de bem-estar e custo social devido aos efeitos do trânsito entre os moradores de cada região (Tabela 8).

Tabela 8 - População amostrada em cada regional de Belo Horizonte

Região Administrativa (Estrato h)	Barreiro	Centro Sul	Leste	Norte	Nordeste	Noroeste	Oeste	Pampulha	Venda Nova
População ocupada por regional (Nh)	139.402	153.278	123.239	105.224	149.843	143.471	165.253	121.770	133.662
Proporção de pessoas ocupadas (Nh/N)	0,1129	0,1241	0,0998	0,0852	0,1213	0,1162	0,1338	0,0986	0,1082
Número de entrevistados necessários (n)	44	48	39	33	47	45	52	38	42

Fonte: Elaborado pela autora

O perfil dos entrevistados foram os trabalhadores com idade igual ou superior a 18 anos, que declaram fazer viagens de casa direto para o trabalho, não abrangendo trabalhadores em fazendas ou sítios, ou que trabalham no mesmo terreno em que moram, ou que tenham o seu principal emprego o transporte de passageiros, ou empregados em atividades noturnas – com horário regular de trabalho entre 22h e 5h.

Então, os dados foram compilados e analisados utilizando os softwares *Google Forms* (2017), *Microsoft Office Excel* (2007) e *Google Maps* (2017). Estimou-se o tempo médio preso no congestionamento por regional, custo/hora do trabalhador perdido no trânsito, custo adicional devido ao aumento do consumo de combustíveis, emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) pelo consumo extra de combustíveis para os diferentes meios de transportes utilizados. Além disso, foi contrastado o tempo perdido no trânsito com o meio de transporte utilizado, renda do trabalhador, gênero, local de residência, perda de bem-estar social e saúde, dentre outros, utilizando para isso análises de regressão e correlação estatísticas. Ao final, os valores encontrados foram extrapolados para um ano - considerando a população economicamente ativa de cada regional de Belo Horizonte.

Dos questionários aplicados 237 foram descartados, isso se deu pelo fato de algumas pessoas que moravam na região metropolitana de Belo Horizonte terem afirmado que moravam em Belo Horizonte, entretanto seu bairro de origem indicava locais da região metropolitana (ex.: Eldorado, Contagem; Veneza, Ribeirão das Neves), pela discrepância dos valores de menor tempo e tempo médio gasto no deslocamento em relação a análise utilizando o *Google Maps* (ex.: distância de 30km, tempo médio dito pelo entrevistado igual a 15 minutos) e o não preenchimento de campos obrigatórios (ex.: renda, tempo mínimo e médio de deslocamento). Deste modo, os questionários não validados foram reaplicados de forma a atender o tamanho amostral definido para cada regional. Dessa forma, foram validados um total de 413 questionários sendo em cada uma das regionais: Barreiro: 45, Centro-Sul: 48, Leste: 45, Nordeste: 47, Noroeste: 50, Norte: 36, Oeste: 62, Pampulha: 38 e Venda Nova: 42. O modelo do mesmo se encontra no Apêndice (Itens 1 e 2) desse documento. Ainda, foi considerado para pessoas que utilizavam mais de um meio de transporte apenas o veículo público utilizado.

Para análise dos dados foram adotados alguns critérios, sendo eles: a jornada semanal, considerou-se sempre o intervalo superior (ex.: Para o intervalo de 31 a 40 horas semanais, por exemplo, utilizou-se 40 horas semanais), já para o salário foram adotados valores médios do intervalo (ex.: para um salário correspondente ao intervalo de 3 a 6 SM (R\$2.811,00 – R\$5.622,00) adotou-se R\$ 4.216,50 como salário recebido).

Além disso, de acordo com a Comissão de Valores Imobiliários (2018) para cálculos financeiros são adotados 252 dias úteis em 1 ano. Deste modo, foi calculado para o intervalo de 01 de junho de 2017 a 31 de maio de 2018 o número de dias úteis – visto que o período de coleta de dados da presente pesquisa está dentre desse intervalo de 1 ano, contemplando 252 dias úteis.

Para o cálculo do tempo perdido no trânsito foi feita a diferença entre o tempo médio gasto no deslocamento e o tempo mínimo considerando viagens de ida e volta. O custo hora perdido no trânsito foi calculado utilizando como base tal tempo perdido e o salário por hora recebido pela pessoa.

Para obtenção do rendimento dos veículos na cidade para cada tipo de combustível (etanol, gasolina ou diesel) utilizou-se como base os dados fornecidos pela PBE Veicular (2018), Meier (2018) para os veículos mais vendidos (por tipo) no primeiro semestre de 2017 e para ônibus adotou-se rendimento igual a 3 km/l conforme SEDU (2018) (Tabela 9).

Tabela 9 - Veículos e seus respectivos rendimentos por tipo de combustível

Tipo do Veículo	Veículo escolhido	Rendimento dos veículos (km/l)	
		Etanol	Gasolina/Diesel
hatch 1.0	Novo Onix, LT, 8V	8,8	12,9
hatch 1.4	Novo Cruze Hatch Turbo, LT, 16V	7,6	11,3
hatch >1.4	Focus Hatch, SE, 16V, 1.6	7,2	10,4
carro sedan 1.0	Novo Prisma, LT, 8V	8,9	13,1
carro sedan 1.4	Novo Prisma, LT, 8V	8,1	11,9
carro sedan >1.4	Corolla, GLI, 16V, 1.8	7,3	10,7
caminhonete/pick-up	Strada, Adventure, 16V, 1.8	6,7	9,6
SUV	Creta, Pulse, 16V, 1.6	7,1	10,1
motocicleta	Honda CG 160	-	35
ônibus	-	-	3
metrô	-	-	-

Fonte: Elaborado pela autora

Assim, o consumo médio de combustível em litros por dia foi feito dividindo a distância percorrida pelo rendimento do veículo utilizado. Para o cálculo do consumo extra de combustível foi considerada uma velocidade média para todos os veículos de 17,16 km/h durante os engarrafamentos (CINTRA, 2014), e então aplicada a seguinte equação:

$$AC = \frac{16,17}{Y * (\frac{W}{60})} \quad (2)$$

Em que,

AC = consumo extra de combustível (l/dia)

Y = rendimento do veículo utilizado (km/l)

W = tempo perdido no trânsito ida e volta (min)

Para a estimativa das emissões de gases de efeito estufa, considerou-se que o percentual de etanol anidro na gasolina foi de 27% (MAPA, 2015; CIMA, 2015) e de biodiesel no diesel de 9% (BRASIL, 2016).

$$AD = \sum AC * C * F * PAG \quad (3)$$

Em que,

AD = Emissão extra de CO₂ por veículo

AC = Consumo extra de combustível (l/dia)

C = Combustível (l). Ex.: gasolina, etanol (anidro ou hidratado), diesel ou biodiesel

F = Fator de emissão do respectivo combustível e gás (kg GEE/l).

PAG = Potencial de aquecimento global para cada combustível e gás.

Na tabela 10 encontra-se o fator de emissão para cada combustível correspondente a seus gases gerados.

Tabela 10 - Fatores de emissão para cada combustível e GEE

Combustível	Fatores de Emissão (kg GEE/l)		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gasolina Automotiva (pura)	2,212	0,0008	0,00026
Óleo Diesel (puro)	2,603	0,0001	0,00014
Etanol Hidratado	1,457	0,0004	0,00001
Biodiesel (B100)	2,431	0,0003	0,00002
Etanol Anidro	1,526	0,0002	0,00001

* O etanol anidro é adicionado à gasolina.

Fonte: Adaptado de GHG Protocol 2018

Para o cálculo da emissão extra de GEE per capita foi considerado o valor da emissão extra por veículo encontrado anteriormente. Para o ônibus considerou-se

uma acomodação de 70 passageiros, em pé e assentados, referente a um ônibus básico (ABNT, 2009). Para o segundo, foi utilizado o valor de emissão conforme GHG *Protocol* (2018) de 5g de CO₂ por passageiro.km⁻¹, e multiplicou-se a quilometragem utilizada pela pessoa no trajeto casa-trabalho-casa.

Em seguida, converteu-se para valores monetários tendo como base U\$ 3,00/tCO₂ para o ano de 2017 (Hamrick, Gallant, 2017), e a cotação do dólar referente ao segundo semestre de 2017, R\$ 3,20 (BCB, 2018).

O cálculo do custo extra do combustível foi feito pelo produto entre o custo extra do combustível em litros por dia e o preço do combustível em reais por litro. Para o metrô adotou-se consumo nulo, visto que o mesmo utiliza energia elétrica para sua operação e não combustíveis líquidos como os demais meios de transporte analisados. Os preços adotados para os combustíveis foram: Etanol = R\$ 2,88; gasolina = R\$ 4,56; e diesel = R\$ 3,88 (Mercado Mineiro, 2018) referentes ao preço médio do 1º semestre de 2018.

O custo extra para a gasolina foi extrapolado para o período de um ano (252 dias úteis), assim como os custos relacionados aos GEE.

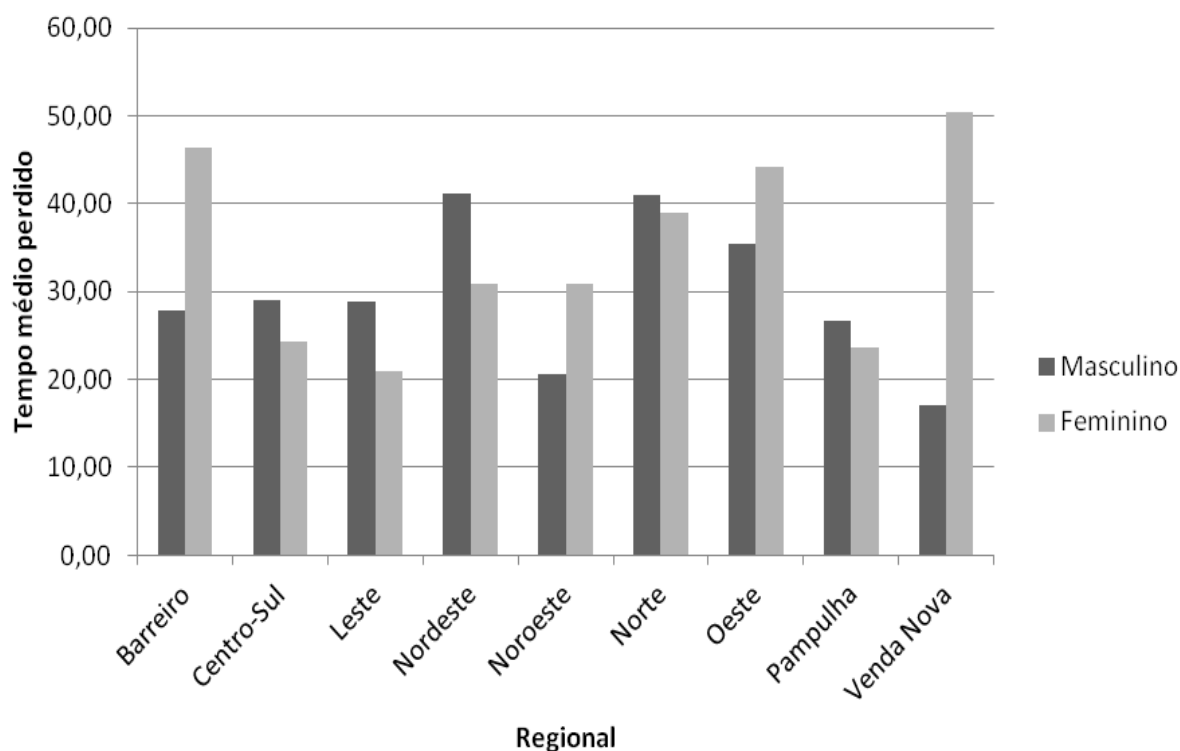
Apesar de serem itens importantes na composição dos custos sociais, para o presente trabalho não foram valorados os diversos problemas de saúde decorrente dos congestionamentos, devido à dificuldade de se levantar e analisar tais dados, tendo sido feito apenas um levantamento dos custos à saúde relacionados ao material particulado, sendo que os mesmos não compõe o montante final da valoração. Pelo mesmo motivo não foram considerados os custos decorrentes de acidentes no trânsito. Desconsiderou-se também o valor econômico das peças dos veículos, devido ao desgaste mecânico da superior exposição ao trânsito e movimentos repetitivos realizados durante um congestionamento (como aceleração e parada do veículo).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização das regionais

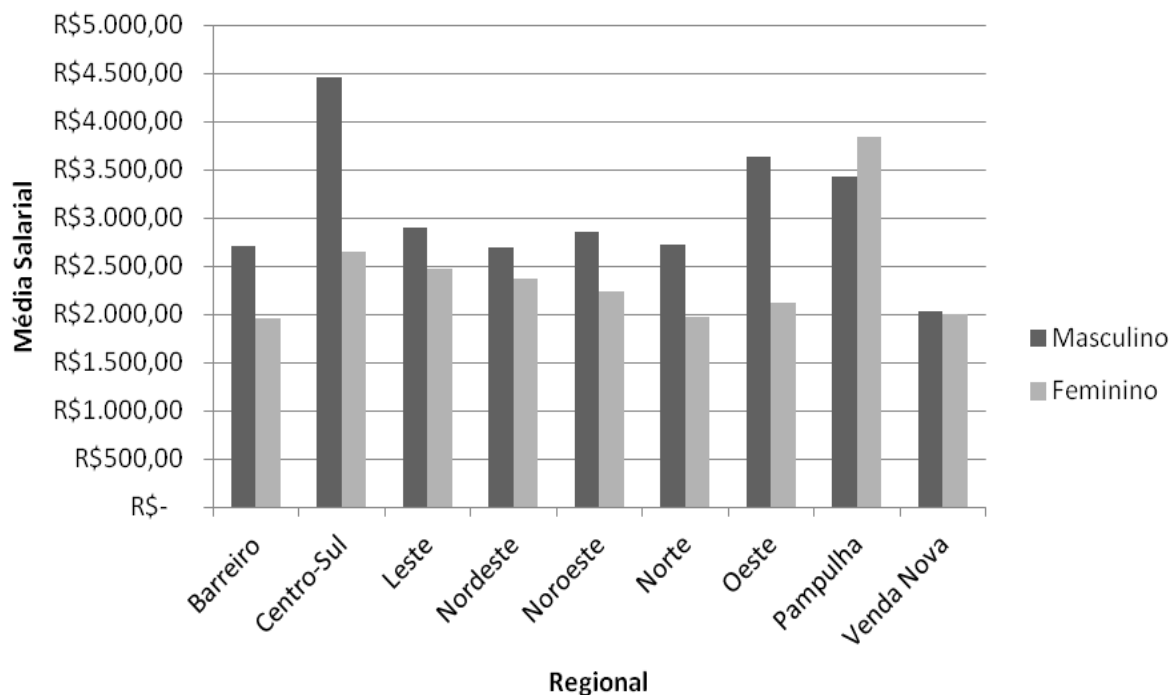
Primeiramente foi feita a caracterização da população ocupada de cada regional, com diferenças em relação ao meio de transporte utilizado, salário, tempo extra do deslocamento e gênero. A média salarial dos homens, com exceção da regional Pampulha, foi 30% superior que a das mulheres, enquanto o tempo perdido das mulheres foi semelhante ao dos homens na maioria das regionais. Apenas as regionais Barreiro e Venda Nova é que a diferença nos tempos de deslocamento entre os gêneros foi significativamente superior feminino (Figuras 3 e 4).

Figura 3 - Diferença de tempo perdido no deslocamento em relação ao gênero nas regionais de Belo Horizonte



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 4 - Diferença salarial em relação ao gênero nas regionais de Belo Horizonte



Fonte: Elaborado pela autora

Além disso, o deslocamento médio diário foi maior nas regionais Norte e Nordeste, com aproximadamente 26 km, e menor na regional Centro-Sul, com 15 km diários, isso devido a sua proximidade com a região central da cidade, que possui maior fluxo de pessoas.

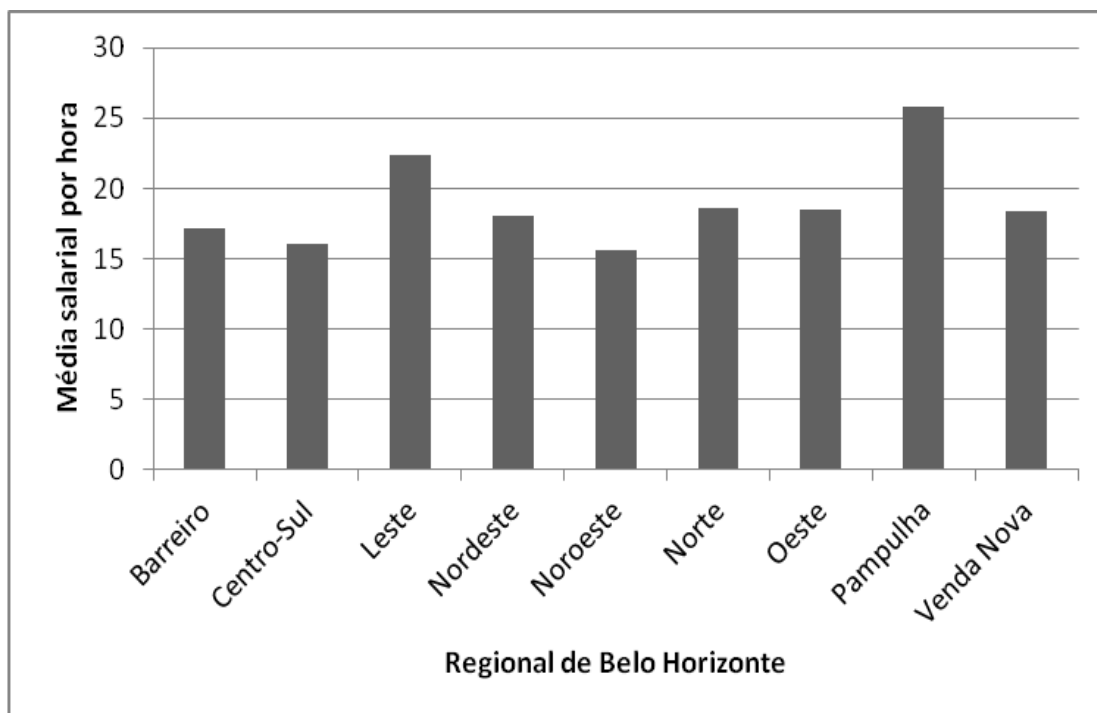
É possível observar também semelhança entre a média salarial por hora das regionais, sem distinção de gênero, que pode ser devido aos pontos de aplicação dos questionários, com movimento e poder aquisitivo médio. Sendo que os usuários de carro recebiam mais do que os usuários de ônibus para todas as regionais.

Tabela 11 – Média Salarial para cada regional e meio de transporte

Regional	Média Salarial (R\$)		
	Carro	Ônibus	Total geral
Barreiro	3131,55	1874,00	2429,66
Centro-Sul	3800,06	2752,44	3410,24
Leste	3066,55	2640,64	2782,61
Nordeste	2853,59	2201,95	2376,78
Noroeste	3614,14	2092,63	2576,75
Norte	3420,05	1756,88	2396,56
Oeste	3635,56	2180,95	2854,38
Pampulha	4528,83	2509,82	3721,23
Venda Nova	2074,79	1731,41	1861,34
Total geral	3467,52	2167,96	2722,83

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5 - Média salarial e de horas trabalhadas dos belo-horizontinos entre as regionais de Belo Horizonte



Fonte: Elaborado pela autora

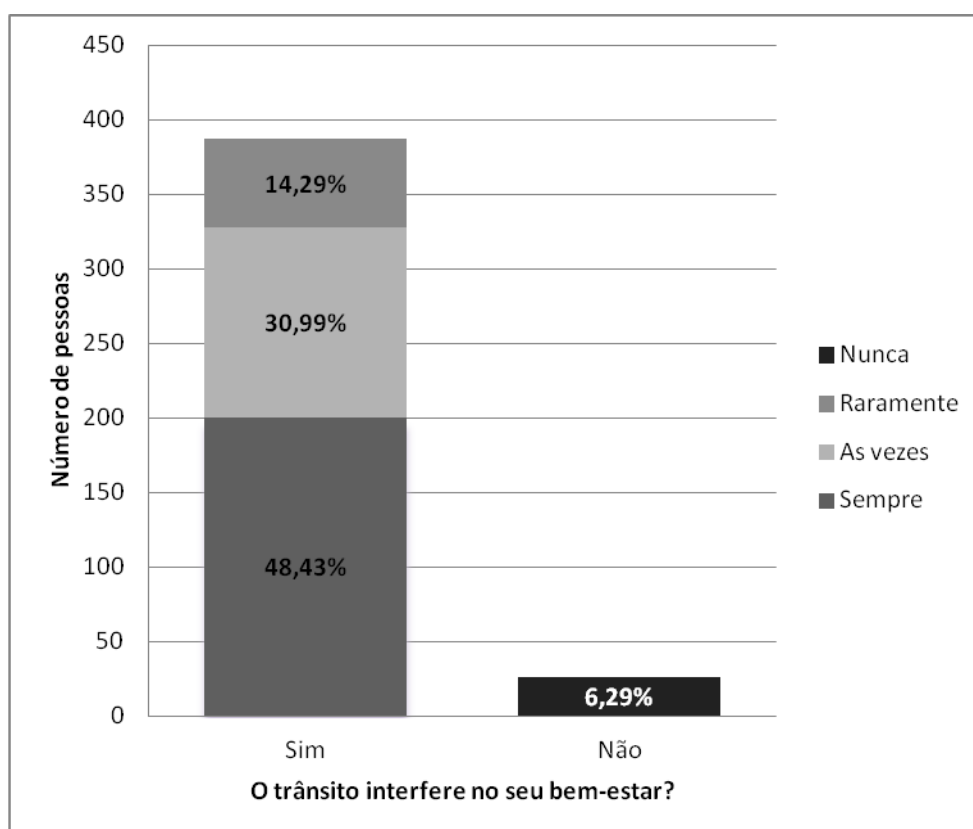
Ainda, notou-se diferença entre as regionais em relação ao principal meio de transporte utilizado e ao tempo perdido durante o deslocamento, os que utilizavam transportes públicos tiveram uma perda de tempo em média 1,5 vezes maior do que os que utilizavam o transporte particular. Apenas nas regionais Pampulha e Centro-Sul o uso de veículo próprio superou o uso dos ônibus, e isso pode se explicar devido ao maior poder aquisitivo da população, que devido ao maior conforto, flexibilidade, velocidade e por status (MAOSKI, 2014) dado ao carro, opta por se deslocar por esse meio de transporte em detrimento de outros.

Dessa forma, enquanto a regional Pampulha tem perda média de 24,6 minutos no trajeto casa-trabalho-casa, na regional Oeste foram 40,6 minutos. Uma das possíveis explicações é devido ao uso do transporte público ou do privado para a viagem, uma vez que o deslocamento médio diário para trabalho foi semelhante, sendo que para a regional Pampulha foram 20 km, e da Oeste foram 17 km.

5.2 Interferência do trânsito no bem-estar

Dentre as 413 entrevistas validadas, apenas 6,29% (26) pessoas responderam que o trânsito não interfere no bem-estar, sendo que dessas apenas 7,70% pessoas responderam que o tráfego influencia positivamente, pois fazem outras atividades no caminho (ler e dormir no ônibus durante o trajeto). Entre os entrevistados que responderam que o trânsito nunca interfere em seu bem-estar, 23% fazem seu deslocamento a pé, 27% de metrô, 4% de bicicleta, e os outros 46% por meio de ônibus ou veículo próprio. Além disso, 48,66% (200) pessoas da amostra informaram que o trânsito sempre interfere no bem-estar. Isso demonstra o desconforto da população em relação ao deslocamento diário necessário para trabalhar (Figura 6).

Figura 6 - Interferência do trânsito no bem-estar do trabalhador belo-horizontino



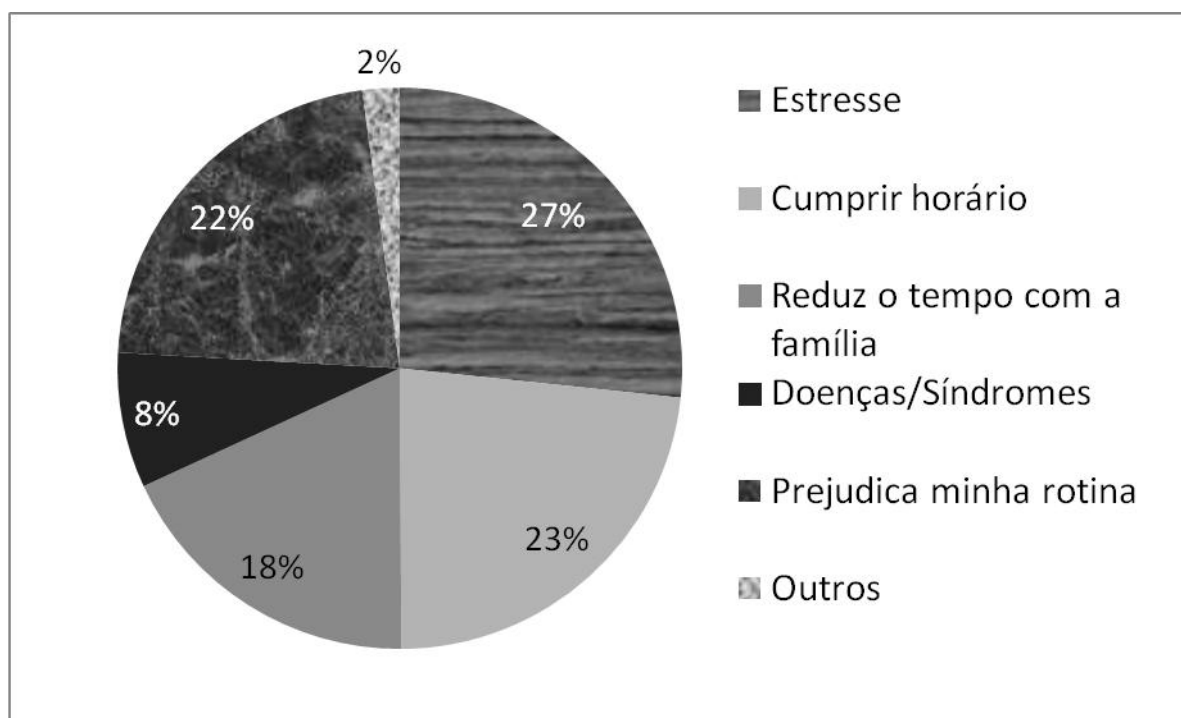
Fonte: Elaborado pela autora

Ressalta-se que o presente estudo considerou apenas a população ocupada de Belo Horizonte durante o trajeto casa-trabalho-casa, não considerando o

deslocamento dos demais cidadãos e nem o tempo de deslocamento para atividades de lazer, etc. A sensação de desconforto poderia ser ainda maior se fosse realizada uma amostragem com a população desconsiderada no presente estudo.

Aos que responderam positivamente à pergunta acima, foi levantado junto aos mesmos como o trânsito interferia no seu bem-estar, podendo o entrevistado escolher mais de uma opção, e tendo um campo aberto para observações adicionais, que não foram contempladas nas respostas padrão. A Figura 7 sintetiza essas respostas.

Figura 7 - Formas de interferência do trânsito no bem-estar do trabalhador belo-horizontino



Fonte: Elaborado pela autora

Dentre os malefícios apontados pelos congestionamentos, os trabalhadores destacaram o estresse (310 marcações), atendimento ao horário (271 respostas), prejuízo na rotina do trabalhador (256 apontamentos), redução do tempo com a família e amigos (212), desenvolvimento de doenças/síndromes (91 respostas) e outros (como cansaço) correspondeu a 25 marcações. Sendo assim, observou-se que as pessoas se sentem mais estressadas, chegam atrasadas, e tem sua rotina prejudicada, levando a uma má alimentação, menor tempo para a prática de

exercícios físicos, e menos horas de sono, o que não seria necessário caso não houvessem os congestionamentos.

O estresse pode levar a mais de 50 tipos de doenças, entre elas acidentes vasculares cerebrais, asma e enfisema, devido aos radicais livres que são liberados (FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S., 1997). Dessa forma, o incômodo gerado ao longo do tempo pode causar sérios problemas de saúde e, conseqüentemente, gastos com a saúde, que poderiam ser evitados caso houvessem medidas preventivas em relação aos congestionamentos, como planejamentos adequados de mobilidade urbana.

5.3 Custos devido aos congestionamentos

5.3.1 Custos à saúde

A maior parte da população brasileira não faz exercícios físicos desde a adolescência, sendo grande parte devido à falta de tempo (IBGE, 2015 apud SALES, 2017). Em Minas Gerais, apenas 26,2% da população faz exercícios físicos (IBGE, 2016), sendo que um dos problemas causados devido ao sedentarismo é a obesidade, que também pode levar a diversos problemas de saúde secundários, levando, inclusive a óbito (VELÁSQUEZ-MELÉNDEZ, PIMENTA, KAC, 2004).

Estima-se para os Estados Unidos da América, eliminando-se as comorbidades, um gasto anual decorrente da inatividade física de 1 trilhão de dólares (BOOTH, GORDON, CARLSON & HAMILTON, 2000). Ainda para os EUA, em 1995, para um índice de massa corporal (IMC) maior do que 30, estimou-se um gasto de 70 bilhões de dólares. No Brasil, para a cidade de Bauru, em São Paulo, foi feito um levantamento dos diabéticos sedentários e estimou-se que o custo evitado, caso eles praticassem atividades físicas, seria de R\$ 65/pessoa.ano⁻¹. (CODOGNO, FERNANDES, MONTEIRO, 2012). Na cidade de Pelotas, RS, os gastos com internações decorrentes de doenças do aparelho circulatório e diabetes, e o tratamento medicamentoso para diabetes e hipertensão no ano de 2007 somaram R\$4.753.982,07.

Por fim, a OMS (2018) recomenda que sejam feitos 150 minutos de atividades físicas por semana, sendo isso correspondente a 30 minutos por dia de 2ª a 6ª feira.

Levando em conta que o tempo médio perdido no trânsito (ida e volta) da população belo-horizontina, obtido por meio da aplicação dos questionários, foi igual a 32 minutos, seria possível que grande parcela da população pudesse dedicar mais tempo para a prática de exercícios físicos, beneficiando a saúde e tendo maior qualidade de vida sem prejudicar outros afazeres do dia. A ausência dos congestionamentos poderia, portanto, beneficiar também de forma indireta a população, pois além da menor exposição a diversos gases e materiais particulados, que também provocam problemas na saúde, seria possível a prática de exercícios físicos.

De acordo com o Inventário de Emissões Atmosféricas do Transporte Rodoviário de Passageiros no Município de São Paulo (2017), dependendo do horário de circulação, os carros chegam a responder por mais de 80% das emissões de Material Particulado (MP). Considerando que o custo médio per capita gerado pela mortalidade por MP nas regiões metropolitanas brasileiras é de cerca de US\$6.497,51 (MIRAGLIA e GOUVEIA, 2014), o óbito gerado pela exposição veicular provoca um custo igual a US\$5.200,00 ou aproximadamente R\$18.000,00/pessoa.

Segundo Freitas et al (2013) a média diária de internações por doenças respiratórias em Belo Horizonte no período de 2004 a 2006 foi igual a 42. Ministério da Saúde (2018) estimou em R\$ 5.528,97 os custos com internações para cada paciente com problemas crônicos em hospitais de Minas Gerais, no período de junho de 2017 a abril de 2018.

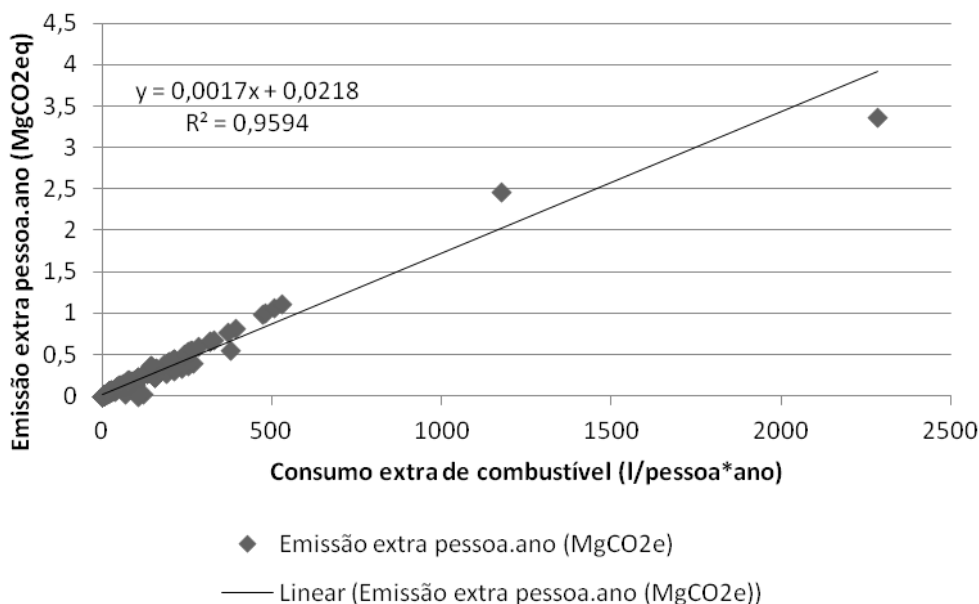
Logo, o custo com internações respiratórias em Belo Horizonte gera cerca de R\$ 84.759.110,10 todos os anos. Custo esse que poderia ser amenizado se os usuários ficassem menos tempo no trânsito e, conseqüentemente, reduzisse a exposição à poluição.

5.3.2 Custos econômicos e ambientais

Os custos envolvidos de maneira direta são relacionados ao tempo perdido devido a uma lentidão no trânsito e o gasto adicional de combustível, somado a isso, tem-se os custos gerados pelos GEE. É importante saber como essas variáveis se relacionam, de forma a determinar relações de causa e efeito para agir corretamente

na origem do problema. A Figura 8 mostra como a emissão de CO₂ equivalente se relaciona com o consumo extra de combustível.

Figura 8 - Correlação entre CO₂ equivalente e consumo de combustível

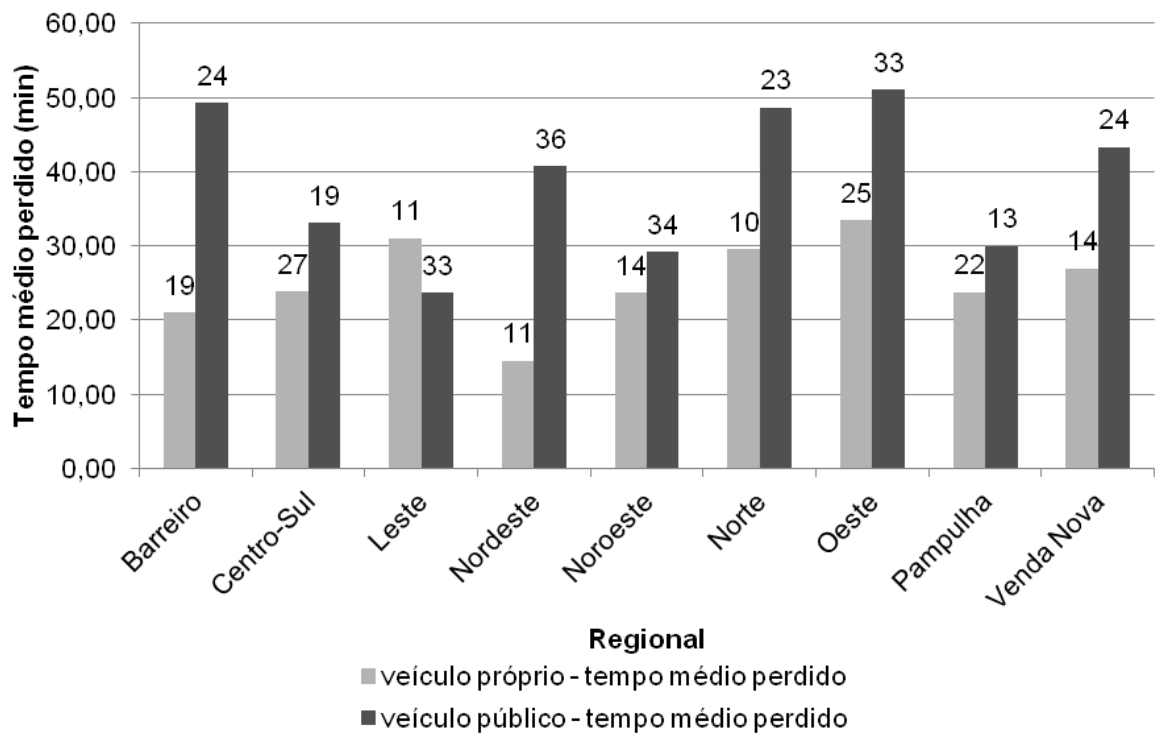


Fonte: Elaborado pela autora

A emissão extra de toneladas de CO₂ equivalente pode ser explicada devido ao consumo extra de combustível em 95,94% das vezes, a correlação não é perfeita, mas é forte. Para a Figura 8 foi desconsiderado o metrô e o deslocamento a pé, uma vez que para o primeiro a emissão é relacionada com a distância (em quilômetros) da viagem, enquanto para outros meios de transporte adotou-se apenas a diferença entre o tempo médio e mínimo, e para o segundo não há emissão de GEE.

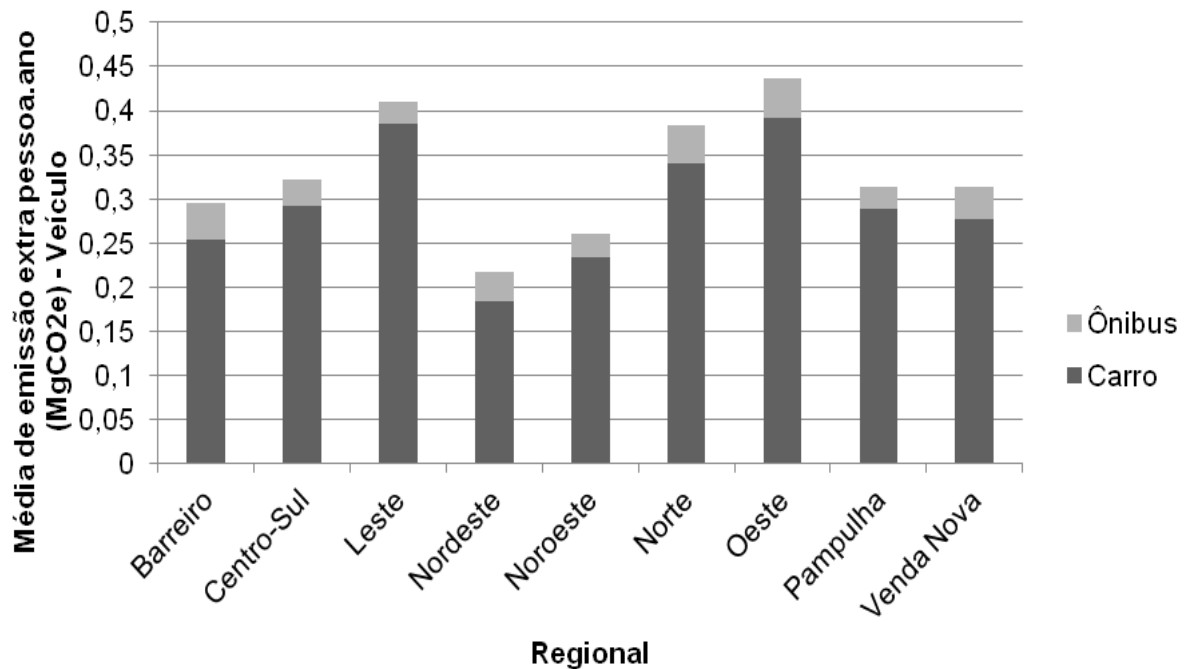
A Figura 9 mostra o número absoluto de pessoas que declararam utilizar carro/moto para seus deslocamentos e as que declararam utilizar ônibus/metrô. Para os que declararam caminhar da sua residência até o trabalho, por não haver interferência do trânsito na velocidade que a pessoa anda, e nem combustível utilizado, não há emissão, tendo sido desconsiderado para as Figuras 9 e 10. Na Figura 10 analisou-se o tipo de veículo e a média de emissão extra pessoa*ano (MgCO₂eq), sendo possível perceber o impacto que os veículos particulares tem na emissão.

Figura 9 - Tempo perdido e utilização de veículos para cada regional de Belo Horizonte



Fonte: Elaborado pela autora

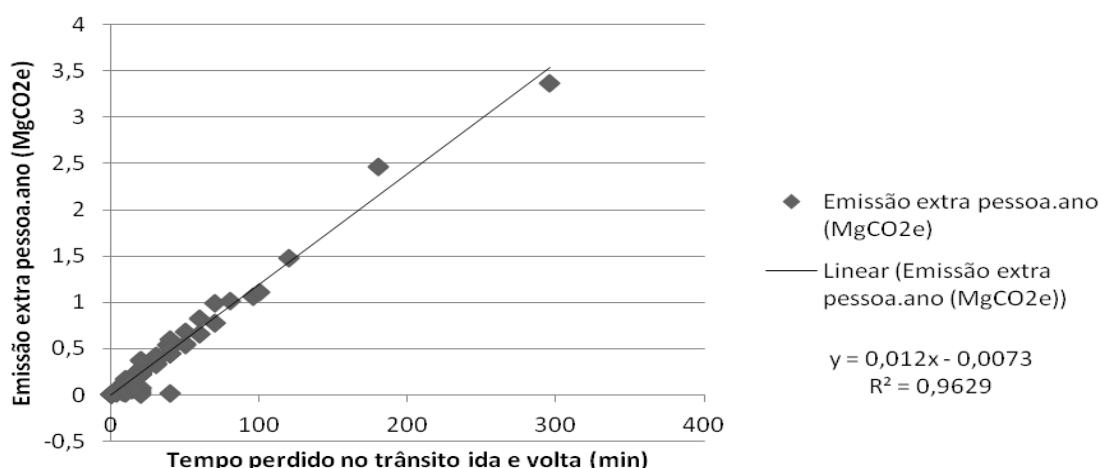
Figura 10 - Veículos e emissão de CO₂eq para cada regional de Belo Horizonte



Fonte: Elaborado pela autora

Ainda, o tempo médio perdido no trânsito diariamente durante o deslocamento casa-trabalho-casa de acordo com o tipo de veículo foi de: 3 minutos perdidos para quem anda a pé, 23 minutos para os usuários do metrô, 26 minutos de perda diária para os usuários de carro e 42 minutos para os que se locomovem via ônibus. Dada tal perda média de tempo durante o deslocamento, analisou-se a relação de causa e efeito do tempo adicional gasto no trânsito com a possível emissão extra de emissões de gases de efeito estufa. Analisou-se tal emissão por tipo de veículo buscando uma maior correlação e conseqüentemente, uma possível relação de causa e efeito.

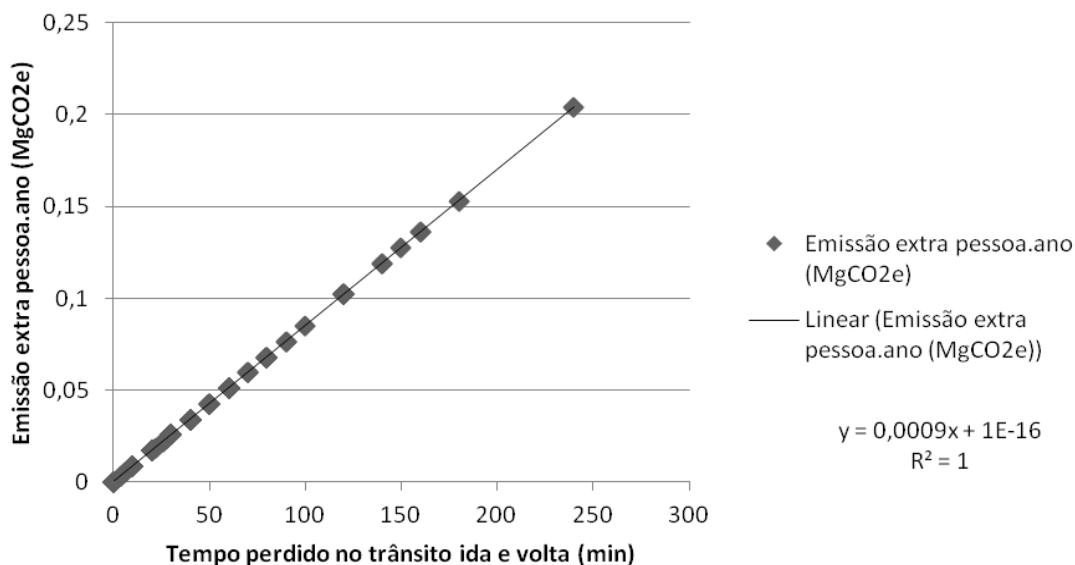
Figura 11a - Correlação entre a emissão de CO2 equivalente e tempo perdido no trânsito para carros e motocicletas



Fonte: Elaborado pela autora

Para os veículos próprios pode-se dizer que 96% das vezes a emissão extra de GEE é influenciada devido ao tempo perdido no trânsito. Houve correlação positiva e forte, entretanto, sabe-se que outros fatores também influenciam como rendimento do veículo utilizado, uma vez que o mesmo varia conforme sua potência e modelo. Isso significa que a medida que o tempo perdido aumenta, a emissão de GEE – e em conseqüência o CO₂ equivalente, também aumenta. Não foi analisada tal relação de forma separada para motocicleta e carro, uma vez que apenas 13 pessoas – dos 413 questionários validados – responderam que utilizavam motocicleta como meio de transporte para seu deslocamento casa-trabalho-casa.

Figura 11b - Correlação entre a emissão de CO2 equivalente e tempo perdido no trânsito para ônibus



Fonte: Elaborado pela autora

Já para os ônibus, a correlação foi perfeita, indicando que a emissão extra de GEE tem como sua causa o tempo perdido no trânsito. Tal correlação perfeita foi devido aos valores adotados para fins de cálculo, com o rendimento do veículo estável, e considerando apenas um modelo de ônibus.

5.4 Valor econômico perdido devido aos congestionamentos

Foi calculado o custo extra médio por pessoa no período de um ano, considerando o consumo extra de combustível, o custo hora perdido no trânsito e a média de emissão por pessoa, então o valor encontrado foi extrapolado para a população ocupada de cada regional. A Tabela 12 sintetiza esses custos. No total, o custo extra dos congestionamentos no período de 1 ano foi maior que 3 bilhões de reais, valor expressivo que demonstra a necessidade de medidas para evitar tal perda monetária.

Tabela 12 - Custos extras por regional de Belo Horizonte durante um ano

Regional	MCE (R\$)	MCH (R\$)	EM (R\$)	PO	CET (R\$)
Barreiro	263,53	1.919,88	1,24	139402,5	304.546.851,34
Centro-Sul	361,86	2.705,77	1,69	153278,2	470.460.999,85
Leste	222,25	2.892,77	1,08	123239,1	384.025.377,74
Nordeste	120,74	2.207,79	0,66	149843,4	349.014.230,54
Noroeste	157,22	1.690,75	0,80	143471,2	265.244.462,83
Norte	228,33	2.300,23	1,18	105224	266.188.674,89
Oeste	357,83	2.151,78	1,75	165253,4	415.010.107,36
Pampulha	351,31	2.432,66	1,62	121769,6	339.199.739,16
Venda Nova	220,66	1.687,04	1,09	133662,3	255.133.046,66
Total:					3.048.823.490,38

MCE – Média de Custo Extra Combustível/pessoa.ano⁻¹; MCH - Média de Custo hora perdido no trânsito/pessoa.ano⁻¹; EM - Emissão média de GEE/pessoa.ano⁻¹; PO – População Ocupada; CET - Custo Extra Total/ano

Fonte: Elaborado pela autora

Ainda, é válido lembrar que o período considerado foi de 252 dias úteis, portanto o valor acima calculado (R\$ 3.048.823.490,38) não incluiu dias de feriados, e nem outras atividades executadas fora do período de trabalho, bem como foi estimado apenas para a população ocupada, descartando as outras pessoas que se deslocam para outras finalidades ou em outras situações que não a de trabalho.

O valor acima indica que os congestionamentos implicam em significativa perda para os munícipes de Belo Horizonte, uma vez que o tempo gasto nos mesmos, bem como o combustível e os GEE gerados decorrentes do processo de combustão dos respectivos veículos poderiam acrescentar até 94% na renda anual dos cidadãos. A perda média, em porcentagem, do rendimento anual para cada regional pode ser observada na Tabela 13.

Tabela 13 - Perda de rendimento devido aos congestionamentos para cada regional de Belo Horizonte

Regional	Impacto do extra no salário (ano)	Perda anual (R\$)	Interferência no PIB de Belo Horizonte
Barreiro	9%	2.184,66	6%
Centro-Sul	9%	3.069,33	9%
Leste	9%	3.116,10	9%
Nordeste	8%	2.329,19	7%
Noroeste	7%	1.848,76	5%
Norte	10%	2.529,73	7%
Oeste	11%	2.511,36	7%
Pampulha	7%	2.785,59	8%
Venda Nova	8%	1.908,79	5%

Fonte: Elaborado pela autora

Não obstante, o PIB de Belo Horizonte foi de R\$ 34.910,13 para cada munícipe (IBGE, 2016; FJP, 2018). Deste modo, observa-se o impacto que a perda anual gerada pelos congestionamentos provoca no PIB per capita.

5.5 Medidas propostas

Belo Horizonte, por meio do Plano Diretor de Mobilidade Urbana (PlanMob), traçou seis objetivos a serem cumpridos até o ano de 2030, sendo eles: a redução do número de mortos no trânsito, redução da tendência de aumento de emissões de gases de efeito estufa, redução do crescimento do uso do transporte individual (carros e motocicletas), aumentar o percentual de viagens a pé (com uma distância até 2km), aumentar o percentual de viagens de bicicleta (ênfase em viagens até 8km), e aumentar número de viagens no transporte coletivo. Dessa forma, pode-se dizer que a prefeitura vem pensando em soluções para minimizar os congestionamentos com atuação, primeiramente nas medidas de curto prazo, com a criação de faixas exclusivas para ônibus nas principais vias de circulação e restrição de vagas nas áreas centrais. Nas medidas a médio e longo prazo prevê-se a criação de novas linhas de metrô e taxas sobre modos e serviços de transporte individual privado pela utilização da infraestrutura urbana (PBH,2017).

Portanto, como forma de solucionar tais problemas e também de doenças/síndromes, o metrô se apresenta como uma alternativa sustentável, pois não emite materiais particulados, não gera GEE por combustão fóssil, não compete com os outros meios de transporte e poderia minimizar os congestionamentos (SILVA, 2009). Ainda de acordo com a autora, os benefícios do metrô para a saúde pública em São Paulo foram valorados em R\$ 10,75 bilhões anuais, como contribuição desse sistema de transporte na redução da poluição atmosférica. O Relatório de Sustentabilidade do metrô de São Paulo em 2016 teve um benefício social de R\$ 12,86 bilhões. O crescimento de 20% do benefício social de 2009 para 2016 pode ser devido a inflação dos períodos analisados, o aumento no preço dos combustíveis (gasolina e etanol), aumento no valor da tarifa dos transportes públicos, e elevação do valor da hora de trabalho, que influencia no valor despendido no tempo de viagem. Dos usuários do metrô de Belo Horizonte 60,5% são pessoas com renda entre 1 a 5 salários mínimos (CBTU, 2011). Dessa forma, a malha metroviária tem um papel social muito importante, portanto, apesar de sua extensão ser significativamente menor que a de São Paulo, acredita-se que teria um benefício social semelhante.

A linha atual de Belo Horizonte tem extensão de 28,1 km, e não contempla a regional Barreiro, e outros pontos importantes da cidade, como a Pampulha e a Savassi. Como consequência a população dessas regiões tem necessidade de complementação de sua viagem com outro meio de transporte, como ônibus (49,4% das vezes), que leva à sobrecarga viária e os problemas decorrentes citados anteriormente. Para a cidade de São Paulo o prolongamento da linha de metrô em um trecho de 13,5 quilômetros teve um custo de 7,7 bilhões de reais, para obras no segundo semestre de 2013 (DIAS, 2012) e de 10,4 bilhões de reais, para obras realizadas em 16 quilômetros de trilhos no ano de 2016, sendo que a previsão inicial da obra foi de 5,4 bilhões de reais (NOGUEIRA, 2016), tendo, portanto, um custo médio de 600 milhões de reais por quilômetro. Investimento alto, mas bem inferior se comparado aos custos sociais gerados pelos congestionamentos.

Assim, com investimento e gestão financeira e operacional adequada, é possível que Belo Horizonte expanda sua linha de metrô para outros pontos da cidade, e atenda um maior número de usuários.

Somado a isso, propõe-se a criação e ampliação de ciclovias e disponibilização de bicicletas ao longo da cidade como forma de incentivar o uso das mesmas e reduzir o uso de outros tipos de transportes, como ônibus nas baldeações, ou veículo próprio. A combinação dos meios de transportes é uma possível solução para auxiliar numa mobilidade urbana mais sustentável, que proporcionaria para Belo Horizonte uma economia em hospitais, e perda de bem-estar pela deterioração do meio ambiente e conseqüente qualidade de vida.

6. CONCLUSÕES

Nota-se a importância de adotar políticas públicas para sanar o problema dos congestionamentos, visto que 93,7% da população entrevistada declararam incomodo com os congestionamentos. Além disso, a perda de valor econômico em um ano, considerando apenas a população ocupada de Belo Horizonte já representa um valor significativo, pois ainda existem a perda de tempo, de combustível e emissão de GEE não consideradas durante os horários de não-trabalho (lazer, consultas médias, escola/faculdade). Ainda, o valor se encontra subestimado, por não terem sido consideradas os cidadãos que trabalham diretamente com o trânsito (taxistas e afins), a região metropolitana, que se desloca para Belo Horizonte e também contribui e sofre com a perda de bem-estar e nem a população não ocupada, como estudantes e desempregados, bem como desgastes dos veículos decorrentes do excesso de exposição ao trânsito.

Acredita-se que caso tais populações e circunstâncias e suas perdas fossem valoradas o valor supracitado seria muito maior, sendo economicamente viável a adoção de políticas públicas como aumento do número de linhas do metrô de Belo Horizonte, criação de ciclovia, permissão de utilização de bicicletas nos transportes públicos (evitando baldeações e o uso de veículo próprio), pois tais investimentos seriam inferiores aos custos sociais gerados pelos congestionamentos.

Para trabalhos futuros recomenda-se analisar a influência da região metropolitana de Belo Horizonte nos congestionamentos e a perda econômica representada por tais grupos, bem como o deslocamento em horários de não trabalho e da população não considerada no presente estudo (motoristas, estudantes, desempregados, etc.). Somado a isso, recomenda-se valorar o desgaste do veículo, devido a maior exposição ao trânsito, e os efeitos e custos gerados à saúde, bem como analisar os trechos de maior congestionamento, visando propor medidas de controle. Ainda, sugere-se uma modelagem computacional, de forma a ver como configurações de malha viária e ampliações, levando em conta o custo de cada uma, poderiam reduzir as externalidades causadas pelos engarrafamentos, além disso, com a análise de diferentes configurações de transporte, como o uso de metrô-bicicleta. Por fim, para trabalhos futuros, deveriam ser feitos estudos de valoração do benefício social, ambiental e econômico do metrô de Belo Horizonte.

Item 2: Questionário aplicado – segunda página

8. Responder as próximas três perguntas (i, ii, iii) caso tenha marcado carro (hatch ou sedan), moto, caminhonete/pick-up ou SUV na pergunta de número 7 (a anterior)

i. Qual o combustível utilizado na maioria das vezes?

Gasolina Álcool Diesel Gás Natural Eletricidade

ii. O veículo é compartilhado com mais pessoas?

Não Sim. Quantas? _____

iii. Qual a distância média percorrida de casa para o trabalho? _____ **km**

9. Qual o **menor tempo** que você já gastou em cada transporte citado anteriormente no deslocamento da sua casa para o trabalho? _____ **minutos**
(se não souber o tempo em cada transporte, colocar o menor tempo já feito no total)

10. Qual o **tempo médio** que você gasta em cada transporte citado anteriormente no deslocamento casa-trabalho? _____ **minutos**
(se não souber o tempo em cada transporte, colocar o tempo médio total)

11. Em geral, durante o deslocamento casa-trabalho ou trabalho-casa você realiza outra(s) atividade(s) que aumentam, consideravelmente, o tempo de deslocamento? Se sim, qual (is)?
 levar/buscar os filhos na escola. levar/buscar alguém no trabalho (Ex.: cônjuge)
 passar em comércios (Ex. padaria) Outro. Qual: _____

12. Em caso de resposta positiva da questão 11, você saberia dizer qual a km ou o tempo adicional que ocorre devido a estas atividades?
 Não Sim. Qual: _____

13. O trânsito do dia-a-dia (congestionamentos) interfere no seu bem-estar?
 Sempre/Muito Raramente/Pouco Não sei responder
 Às vezes Nunca

14. Caso a resposta da questão anterior for positiva, preencha de que forma (Pode marcar mais de uma alternativa, se desejar)
 Aumenta stress
 Desenvolvi doenças/síndromes (ex.: alergias, ansiedade em excesso, etc.)
 Reduz o tempo com a minha família/amigos
 Me atrapalha cumprir os horários agendados (no trabalho, consultas médicas, etc.)
 Prejudica minha rotina (ex. ter menos horas de sono/descanso, alimentar mal, etc.)
 Outros. Qual: _____

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15570**: Transporte — Especificações técnicas para fabricação de veículos de características urbanas para transporte coletivo de passageiros. Rio de Janeiro, 2009.

Banco Central do Brasil. **BCB**. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/>>. Acesso em: 25 de maio 2018.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Decreto nº 15.317, de 02 de setembro de 2013. Institui o Plano Diretor de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte - PlanMob-BH - e estabelece as diretrizes para o acompanhamento e o monitoramento de sua implementação, avaliação e revisão periódica. Belo Horizonte, 02 de setembro de 2013.

BEZERRA, Maria do Carmo de Lima; GENTIL, Caroline Duarte Alves. Elementos da forma urbana relacionados à mobilidade sustentável. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v. 20, n. 26, p.129-148, 1º semestre de 2013.

BHTRANS. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana de Belo Horizonte - SisMob-BH**, 2015 - Tabela 221 a 224, Quadro 221 e Gráficos 221 a 214. Disponível em: <<http://www.bhtrans.pbh.gov.br>>. Acesso em 22 de julho de 2017.

BHTRANS. Manual das Pesquisas Origem e Destino 2002 e 2012. BHTRANS, 2016. 145p. Disponível em: <<http://www.bhtrans.pbh.gov.br>>. Acesso em 25 out. 2017

BIELEMANN, Renata M.; KNUTH, Alan G.; HALLAL, Pedro C. Atividade física e redução de custos por doenças crônicas ao Sistema Único de Saúde. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 15, n. 1, p. 9-14, 2012.

BOOTH, F.W.; GORDON, S.E.; CARKSIBM C.J.; HAMILTON, M.T. *Waging war on modern chronic diseases: primary prevention through exercise biology*. *Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v.88, n.2, p.774-87, 2000.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Lex:** legislação federal e marginália. Brasília, 10 de julho de 2001.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília, 30 dez. 2009.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Regulamenta Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nos 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1o de maio de 1943, e das Leis nos 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. **Lex:** legislação federal e marginália. Brasília, 3 de janeiro de 2012.

BRASIL. Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. Brasília, DF, 24 mar. 2016.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1999.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Mobilidade Sustentável, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/mobilidade-sustentavel>>. Acesso em: 23 out. 2017.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº 418**, de 25 de novembro de 2009. Dispõe sobre critérios para a elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular - PCPV e para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e determina novos limites

de emissão e procedimentos para a avaliação do estado de manutenção de veículos em uso. Publicada no DOU nº 226, de 26/11/2009, págs. 81-84.

BUENO, Denise Rodrigues, et al. Os custos da inatividade física no mundo: estudo de revisão. *Ciência & Saúde Coletiva* [online]. 2016, v. 21, n. 4, pp. 1001-1010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-81232015214.09082015>>. Acesso em 20 de maio de 2018.

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa. Uma visão da mobilidade urbana sustentável. **Revista dos Transportes Públicos**, v. 2, n. 99-106, p. 4, 2006.

CODOGNO, Jamile Sanches; FERNANDES, Rômulo Araújo; MONTEIRO, Henrique Luiz. Prática de atividades físicas e custo do tratamento ambulatorial de diabéticos tipo 2 atendidos em unidade básica de saúde. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 2012.

COLDITZ, Graham A. *Economic costs of obesity and inactivity. **Medicine and science in sports and exercise***, v. 31, n. 11 Suppl, p. S663-7, 1999.

COMISSÃO DE VALORES IMOBILIÁRIOS. Disponível em: <<http://www.cvm.gov.br>>. Acesso em: 22 de abril de 2018.

CIMA - CONSELHO INTERMINISTERIAL DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL. Resolução nº 1, de 04 de março de 2015. Recomenda a fixação do percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível à gasolina. Brasília, DF, 06 mar. 2015.

DIAS, Guilherme Soares. Prolongamento de linha do metrô em SP terá custo de R\$ 7,7 bilhões. **Valor**. São Paulo, p. 0-1. 15 out. 2012. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/2866522/prolongamento-de-linha-do-metro-em-sp-tera-custo-de-r-77-bilhoes>>. Acesso em: 30 abr. 2018

Estado de Minas. Pesquisa aponta futuro sombrio para o trânsito em BH. Jul. 2017. Disponível em: <www.em.com.br>. Acesso em: 20 de maio de 2018

Estado de Minas. Velocidade média dos ônibus de BH em 2016 foi a mais baixa desde 2009. Jan. 2017. Disponível em: <www.em.com.br>. Acesso em: 20 de maio de 2018

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente; Centro Clima. Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008. 120 p.

FERREIRA, A.L.A.; MATSUBARA, L.S.. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Rev. Assoc. Med. Bras.**, São Paulo , v. 43, n. 1, p. 61-68, Mar. 1997 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-42301997000100014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 de abril de 2018.

FJP. Produto Interno Bruto dos Municípios de Minas Gerais: 2015/Fundação João Pinheiro, Diretoria de Estatística e Informações. – Belo Horizonte: FJP, 2017. 42 p. – (Estatística & Informações; n. 5). Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/>>. Acesso em 25 de maio de 2018.

G1: Auto Esporte - REUTERS. **Veja os carros mais vendidos no 1º semestre de 2017 por categoria.** 05 de julho de 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/carros/noticia/veja-os-carros-mais-vendidos-no-1-semester-de-2017-por-categoria.ghtml>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

GARCIA, Juan Carlos Claros; VON SPERLING, Eduardo. Emissão de gases de efeito estufa no ciclo de vida do etanol: estimativa nas fases de agricultura e industrialização em Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 217-222, 2010.

Governo do Estado de São Paulo. Relatório de Sustentabilidade do Metrô de São Paulo. São Paulo: Companhia do Metropolitano de São Paulo, 2016.

Hamrick, K. and Gallant, M. “*Unlocking Potential: State of the Voluntary Carbon Markets 2017*”. *Forest Trends’ Ecosystem Marketplace*; Maio de 2017. Disponível em: <<https://www.cbd.int/financial/2017docs/carbonmarket2017.pdf>> Acesso em: 20 de maio de 2018.

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente, 2016. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/5N7>>. Acesso em 22 de julho de 2017.

Ibeu: índice de bem-estar urbano / organização Luiz Cesar de Queiroz Ribeiro, Marcelo Gomes Ribeiro. 1. ed. - Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013. 264 p.

Instituto de Energia e Meio Ambiente | Plataforma de Emissões. Inventário de Emissões Atmosféricas do Transporte Rodoviário de Passageiros no Município de São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://emissoes.energiaeambiente.org.br>>. Acesso em 04 de junho de 2018.

IPCC. **Alterações Climáticas: A Base Científica - Perguntas Frequentes**. Lisboa: Instituto Português do Mar e da Atmosfera, 2013.

IPCC. *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007: Direct Global Warming Potentials*. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html>. Acesso em: 13 nov. 2017

IPEA. Comunicados do IPEA: **Poluição veicular atmosférica**. 22 de set. 2011. 15 slides, nº 113. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/comunicado/110922_comunicadoipea113_apresentacao.pdf>. Acesso em: 26 out. 2017.

LACERDA, Sander Magalhães. Precificação de congestionamento e transporte coletivo urbano. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 23, p.85-100, mar. 2006.

LANGOWSKI, Eleutério. **Queima da cana: uma prática usada e abusada. Cianorte, maio de 2007.** Disponível em <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br>>. Acesso em 25 de out. 2017

MANKIW, N. Gregory. **Introdução à economia.** 3. ed. São Paulo: *Cengage Learning*, 2009. 889 p.

MAOSKI, Fabricio. Ter um carro é... a percepção sobre o significado do carro e o comportamento do condutor. 2014.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Portaria nº 75, de 05 de março de 2015. Brasília, DF, 06 mar. 2015.

MEIER, Ricardo. Quais foram os carros mais vendidos por categoria em 2017. 2018. Disponível em: <<https://www.autoo.com.br/quais-foram-os-carros-mais-vendidos-por-categoria-em-2017/>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

MERCADO MINEIRO. **Preço dos combustíveis.** Disponível em: <www.mercadomineiro.com.br>. Acesso em: 21 maio 2018.

MINAS GERAIS (Estado). Decreto nº 44042, de 09 de junho de 2005. Institui o Fórum Mineiro de Mudanças Climáticas. Belo Horizonte, MG, 10 jun. 2005.

Ministério da Saúde. Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), 2018. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br>>. Acesso em: 04 de junho de 2018.

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. IBGE, Censo Demográfico 2010, Educação e deslocamento: Resultados da amostra. Disponível em: <biblioteca.ibge.gov.br>. Acesso em 28 de julho de 2017.

MIRAGLIA, Simone Georges El Khouri; GOUVEIA, Nelson. Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 19, n. 10, p.4141-4147, out. 2014. FapUNIFESP (SciELO).

MOTA, José Aroudo. **Métodos Econômicos para a Valoração de Danos Ambientais**. MPMG - Jurídico Especial. p 18- 23. 2011.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PUND/CNPq, 1997. 254 p.

NOGUEIRA, Italo. Obra mais cara da Olimpíada, linha 4 do metrô será inaugurada no Rio. **Folha de São Paulo**. Rio de Janeiro, p. 0-1. 30 jul. 2016. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/esporte/olimpiada-no-rio/2016/07/1797054-obra-mais-cara-da-olimpiada-linha-4-do-metro-sera-inaugurada-no-rio.shtml>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

OMS – Organização Mundial da Saúde. **Physical activity**. 2018. Disponível em: <<http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

PBH - Prefeitura Municipal de Belo Horizonte; Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **3º Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa: Relatório Técnico Final**. Atualizado em 2013, período de referência: 2000 a 2013. Belo Horizonte, 2015.

PELEGI, Alexandre. Velocidade média dos ônibus vem caindo em BH, e estudo projeta trânsito caótico em 2027. **Diário do Transporte**. Jul. 2017.

PIB per capita: IBGE, em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, Secretarias Estaduais de Governo e Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/panorama>> Acesso em 25 de maio de 2018.

Portal Brasil. Governo estabelece adição de 27% de etanol na gasolina. Março de 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/03/adicao-de-27-de-etanol-na-gasolina-e-estabelecida-pelo-governo>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

Práticas de esporte e atividade física: 2015 / IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 80p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100364.pdf>> Acesso em: 30 de abril de 2018.

Prefeitura de Belo Horizonte; BHTRANS. PlanMob-BH 2030. Belo Horizonte: Julho de 2017. 27 slides, color. Disponível em: <www.bhtrans.pbh.gov.br/>. Acesso em: 23 de maio de 2018.

Programa Brasileiro de Etiquetagem. **Consulta de Veículos Leves**. PBE Veicular. Disponível em: <<http://pbeveicular.petrobras.com.br/TabelaConsumo.aspx>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 20 mai. 2017.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. Ferramenta de Cálculo. Disponível em: <<https://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>>. Acesso em: 26 maio 2018.

Receita Federal. **Ministério da Fazenda**. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/>>. Acesso em: 25 de maio 2018.

RESENDE, Paulo Tarso Vilela de; SOUSA, Paulo Renato de. Mobilidade Urbana nas Grandes Cidades Brasileiras: Um estudo sobre os impactos do congestionamento. In: SIMPOI, 2009. **Anais**. p. 1 - 16. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009_T00138_PCN41516.pdf>. Acesso em: 24 out. 2017.

Ricardo-AEA. Update of the Handbook on External Costs of Transport: Final Report. ED 57769 Issue Number 1, 2014. Disponível em:

<<https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/sustainable/studies/doc/2014-handbook-external-costs-transport.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2017

ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P.; LEONARDI, M. L. A. **Economia do Meio Ambiente**: teoria, políticas e gestão de espaços regionais. Embrapa Meio Ambiente; UNICAMP-IE, 1997.

SANTOS, Glauber Eduardo de Oliveira. Cálculo amostral: calculadora on-line. Disponível em: <<http://www.calculoamostral.vai.la>>. Acesso em: 08 set. 2017

SALES, Robson. IBGE: Maioria dos brasileiros é sedentária a partir da adolescência. **Valor**. Rio de Janeiro, p. 0-1. 17 maio 2017. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/4971304/ibge-maioria-dos-brasileiros-e-sedentaria-partir-da-adolescencia>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

SAWYER, Donald. Climate change, biofuels and eco-social impacts in the Brazilian Amazon and Cerrado. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, v. 363, n. 1498, p. 1747-1752, 2008.

SEDU - Governo do Estado do Espírito Santo. TRANSPORTE ESCOLAR RURAL - CÁLCULO DO CUSTO MENSAL POR QUILÔMETRO (ÔNIBUS). Disponível em: <sedu.es.gov.br>. Acesso em: 20 abr. 2018.

SENNA, Luiz Afonso dos Santos. **Economia e Planejamento dos Transportes**. Elsevier - Brasil, 2014.

SEROA da Motta,R. Manual para valoração econômica dos recursos naturais. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 242 p.1997.

SILVA, Cacilda Bastos Pereira; MIRAGLIA, SGEK. Valoração dos benefícios do metrô para a saúde. Anais: **VIII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, 2009.

SILVA, Nilza Nunes da. Amostragem Probabilística: Um curso Introdutório. 3ª edição - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo (Edusp), 2015. Capítulo 4.

SISTEMA FIRJAN. **O custo dos deslocamentos nas áreas metropolitanas**: 3 slides, color, setembro de 2015.

SISTEMA FIRJAN. **O custo dos deslocamentos nas principais áreas urbanas do Brasil**: 6 slides, color, setembro de 2015.

SOARES, LH de B. et al. Mitigação das emissões de gases efeito estufa pelo uso de etanol da cana-de-açúcar produzido no Brasil. Embrapa **Agrobiologia-Circular Técnica (INFOTECA-E)**.

VASCONCELLOS, Eduardo de Alcântara; LIMA, Iêda Maria de Oliveira - **Quantificação das Deseconomias do Transporte Urbano**: Uma Resenha das Experiências Internacionais – Texto nº 586. Brasília, agosto de 1998. Disponível em: <http://www.en.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_0586.pdf> Acesso em: 20 de abril de 2018.

VELÁSQUEZ-MELÉNDEZ G, PIMENTA AM, e KAC G. Epidemiologia do sobrepeso e da obesidade e seus fatores determinantes em Belo Horizonte (MG), Brasil: estudo transversal de base populacional. Rev Panam Salud Publica 2004. Disponível em: <https://www.scielo.org/scielo.php?pid=S1020-49892004001100003&script=sci_arttext&tlng=>> Acesso em: 20 de abril de 2018.

VIEIRA, Neise Ribeiro; **Poluição do ar: Indicadores ambientais**. Rio de Janeiro, 2009. e-papers. 220 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Physical activity**, v. 56, 1993.

ZERBINI T., RIDOLFI A.A.C., SILVA A.C.C.G., ROCHA LE. **Trânsito como fator estressor para os trabalhadores**. *Saúde, Ética & Justiça*. 2009;14(2):90-6