

Projeto IES – Brasil 2050

*Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de
Emissão de Gases de Efeito Estufa – GEE no Brasil
até 2050*

Cenário de Referência e Cenário 1,5°C

Centro de Estudos Integrados sobre Meio
Ambiente e Mudanças Climáticas
Centro Clima/COPPE/UFRJ

Apoio:

Instituto Clima e Sociedade (iCS) e WWF-Brasil

CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ

COORDENAÇÃO GERAL: Emilio Lèbre La Rovere

COORDENAÇÃO TÉCNICA: Carolina B.S. Dubeux e William Wills

MODELAGEM MACROECONÔMICA: William Wills

ESTUDOS SETORIAIS

Setor de Transporte: Márcio de Almeida D'Agosto, Daniel Neves Schmitz Gonçalves e George Vasconcelos Goes (Laboratório de Transporte de Carga –LTC/COPPE/UFRJ)

Setor Industrial: Otto Hebeda

Setor Energético: Amaro Olímpio Pereira Junior e Gabriel Castro

Setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU): Michele Karina Cotta Walter, Carolina B.S. Dubeux e Isabella da Fonseca Zicarelli

Setor de Resíduos: Saulo Machado Loureiro e Tairini Pimenta

Avaliação microeconômica: Carolina Grottera

Cobenefícios: Daniel Oberling

Integração dos Modelos Energéticos de Demanda: Claudio Gesteira

APOIO: Carmen Brandão Reis

EDITORAÇÃO: Elza Maria da Silveira Ramos

Citação: Oberling, D. (2018). Análise de Cobenefícios da Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor de Transportes até 2050, no Cenário 1,5°C. In Rovere, E. L.L.; Wills, W.; Dubeux, C. B. S; Pereira Jr, A. O.; D'Agosto, M. A; Walter, M. K. C; Grottera, C.; Castro, G.; Schmitz, D.; Hebeda, O.; Loureiro, S. M.; Oberling, D; Gesteira, C.; Goes, G.V.; Zicarelli, I.F.; e Oliveira, T.J.P (2018). Implicações Econômicas e Sociais dos Cenários de Mitigação de GEE no Brasil até 2050: Projeto IES-Brasil, Cenário1.5 ° C. COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, 2018.

PROJETO IES-Brasil – 2050

**Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e
Mudanças Climáticas**

(Centro Clima/COPPE/UFRJ)

**Cenários de Emissão de GEE – 2050
(Referência e 1,5°C)**

**Análise de Cobenefícios da Mitigação de Emissões de Gases de
Efeito Estufa no Setor de Transportes**

Maio de 2018

Autor:

Daniel Fontana Oberling

Sumário

1. Introdução.....	7
2. Metodologia.....	7
3. Cálculo dos cobenefícios.....	13
3.1. Redução da morbidade	14
3.1.1 Custos hospitalares evitados.....	14
3.1.2. Produção sacrificada	16
3.2 Redução da mortalidade (Produção Sacrificada)	17
4. Resultados.....	20
4.1. Redução da morbidade	20
4.2. Redução da Mortalidade.....	23
4.3. Valor total dos cobenefícios.....	25
5. Conclusões e recomendações para estudos futuros	25
6. Referências.....	28
Anexo I	31
ANEXO II	35

Tabelas

Tabela 1.	Penetração dos veículos elétricos na frota do Brasil – Cenário 1,5°C em relação ao Cenário Ref. ...	8
Tabela 2.	Participação nas emissões MP ₁₀ por categoria da frota à diesel (2015)).....	10
Tabela 3.	Concentração de MP ₁₀ em 2005 e projeções para 2030 e 2050, em µg/m ³	13
Tabela 4.	Custos de internação (Dez / 2015).....	15
Tabela 5.	Valor do rendimento médio mensal (ano de 2015).....	17
Tabela 6.	Métodos de cálculo e fontes de dados.....	18
Tabela 7.	Cálculo do VPPF – Região Metropolitana de São Paulo.....	19
Tabela 8.	Projeção da concentração média de MP ₁₀ nos cenários em estudo em 2050 (µg/m ³)	20
Tabela 9.	Projeção populacional, custos médios de internação por região metropolitana e internações evitadas (Limites inferior e superior), em 2050.....	21
Tabela 10.	Gastos totais com internações evitadas pela redução das morbidades, em 2050 (R\$ de 2015). ..	21
Tabela 11.	Projeção dos dias de trabalho sacrificados por morbidade relacionada às concentrações de MP ₁₀ , em 2050, em relação ao Cenário de Referência.	22
Tabela 12.	Perdas totais evitadas pela redução dos dias de trabalhos perdidos em função de morbidades – em 2050 (R\$ de 2015).....	22
Tabela 13.	Valor acumulado das perdas evitadas com morbidades devido a diminuição da concentração de MP ₁₀ * (em R\$ de 2015).....	23
Tabela 14.	Óbitos por doenças respiratórias e sua redução por melhoria na concentração de MP ₁₀	24
Tabela 15.	Valor do Custo Evitado com a redução da perda de produtividade futura devido à diminuição da concentração de MP ₁₀ em 2050, considerando r = 8% (em R\$ de 2015)	24
Tabela 16.	Total dos cobenefícios acumulados pela redução da morbidade e mortalidade (em milhões de R\$ de 2015).....	25
Tabela I.A.	Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro.....	31
Tabela I.B.	Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana de Belo Horizonte.....	31
Tabela I.C.	Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana de Salvador.....	31
Tabela I.D.	Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana do Recife.	32
Tabela I.E.	Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana de Fortaleza.....	32
Tabela I.F.	Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana de Belém.	33
Tabela I.G.	Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana de Curitiba.....	33
Tabela I.H.	Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana de Porto Alegre.	33
Tabela II.A.	Gastos anuais evitados pela redução das morbidades – entre 2021 e 2030 (R\$ de 2015)	35
Tabela II.B.	Gastos anuais evitados pela redução das morbidades – entre 2021 e 2030 (R\$ de 2015)	36
Tabela II.C.	Gastos anuais evitados pela redução das morbidades – entre 2041 e 2050 (R\$ de 2015)	37
Tabela II.D.	Gastos anuais evitados pela redução das mortalidades – entre 2021 e 2050 (R\$ de 2015)	38
Tabela II.E.	Gastos anuais evitados pela redução das morbidades e mortalidades – entre 2021 e 2050 (R\$ de 2015).....	39

1. Introdução

As ações de mitigação de emissões de GEE, em geral, resultam em outros benefícios, que podem ser de ordem econômica, como abertura de mercados com maiores restrições ambientais, aumento da produtividade e redução de custos com insumos. Há, também, benefícios como a redução das externalidades por melhoria da qualidade ambiental ou adaptação às mudanças climáticas. Em estudos de mitigação, é comum existir a menção desses outros benefícios, chamados de cobenefícios; no entanto, poucos são os trabalhos que avançam na sua valoração econômica. De acordo com Blanco G. et al (2014), “uma parte substancial dos cobenefícios estimados está relacionada à melhoria da saúde através da limitação da poluição do ar enquanto se reduzem as emissões de GEE. Estimativas na literatura para a monetização dos cobenefícios da mitigação das mudanças climáticas variam de 2 a 930 US\$2010 / tCO₂, sendo que os cobenefícios nos países em desenvolvimento são em torno do dobro daqueles em países industrializados¹”.

Esse capítulo estima parte dos cobenefícios das medidas de mitigação do Cenário 1,5°C², do setor de transportes em relação ao Cenário de Referência³ mais especificamente o crescimento da frota elétrica em substituição aos motores a diesel. Para isso, são avaliados os cobenefícios de saúde pela redução da poluição atmosférica em importantes regiões metropolitanas do Brasil.

2. Metodologia

Para valorar economicamente os cobenefícios, foram utilizadas técnicas de valoração de recursos naturais. Por essa abordagem, valorar um recurso natural consiste em verificar se houve melhora ou piora do bem-estar dos indivíduos devido a mudanças

¹ Há também efeitos colaterais negativos, ou cocustos.

² Ver descrição dos cenários do estudo no capítulo Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Emissão de Gases de Efeito Estufa no Brasil até 2050

³ O cenário base utilizado nessa análise consiste exclusivamente na projeção das concentrações de MP₁₀ com base em uma manutenção do perfil atual da frota, conforme será detalhadamente apresentado à frente. Vale destacar que esse cenário não tem relação com o cenário de referência do capítulo de transportes.

na quantidade e na qualidade de bens e serviços ambientais, sejam apropriados para uso ou não (Seroa da Motta, 1997).

Cada método possui limitações na captura dos valores relacionadas à complexidade das estimativas que se objetiva fazer, à disponibilidade de dados, às hipóteses sobre o comportamento dos indivíduos impactados e aos efeitos em outros setores da economia não necessariamente sendo analisados. Nesse contexto, as ferramentas de valoração podem não capturar o valor total de um recurso. Nesse exercício, optou-se por utilizar métodos indiretos⁴ de valoração que, ao longo do desenvolvimento do trabalho, terão esclarecidos seus limites e insuficiências.

Dentre todas as medidas de mitigação destacadas no trabalho, foram consideradas para a valoração dos cobenefícios somente a mudança da frota de veículos a diesel, visto que foram as que tinham ampla disponibilidade de dados.

A penetração dos veículos elétricos em relação ao perfil da frota é progressiva, com ano base de 2005 e projeção até 2050 (Tabela 1). A amplitude dos seus efeitos foi avaliada em nove regiões metropolitanas (RM) representativas do Brasil, a saber: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre, Curitiba, Salvador, Recife, Fortaleza e Belém.

Tabela 1. Penetração dos veículos elétricos na frota do Brasil – Cenário 1,5°C em relação ao Cenário Ref.

Fonte de Emissão de Material Particulado	Medida de Mitigação	Penetração na frota total Cen. 1,5°C em relação ao Cen. Ref.		
		2005	2030	2050
Diesel	Comercial Leve - BEV	0%	0,3%	30,8%
Diesel	Ônibus (urbano e rodoviário) - BEV	0%	7,7%	54,2%
Diesel	Caminhão: Semi-leve e leves - BEV	0%	0,5%	58,8%
Diesel	Caminhão médio - BEV	0%	0%	15,6%

⁴ “Os métodos de valoração de uso podem ser aplicados quando a variação da qualidade ou quantidade de um bem ou serviço ambiental altera a produção ou o consumo de um bem ou serviço privado. Por exemplo, a perda de nutrientes do solo causada por desmatamento pode afetar a produtividade agrícola; a redução do nível de sedimentação numa bacia por conta de um projeto de reflorestamento pode aumentar a vida útil de uma hidroelétrica e sua produtividade. Esses métodos não têm condições de captar os valores de não-uso, o que subestima os valores totais dos danos ambientais” (Seroa da Motta, 1997).

A conversão parcial da frota de veículos urbanos em elétricos até 2050 vai reduzir as emissões de MP_{10} . Os veículos elétricos não emitem particulado da queima de diesel. No entanto, sem pesquisas e modelagens de qualidade do ar detalhadas não é possível determinar a relação entre emissão e concentração. Como primeira simplificação, assim como o trabalho realizado por Mac Knight & Young (2009), assume-se uma correlação linear entre as variáveis emissão e concentração. Além disso, consideraram-se todas as outras fontes emissoras constantes (principalmente a indústria). Assim, nesse exercício a concentração de MP_{10} é reduzida na mesma proporção que sua emissão.

Para a análise do benefício gerado pela redução da concentração de MP_{10} em cada RM em relação a um Cenário de Referência, foi preciso definir quanto da concentração total de MP_{10} deve-se ao uso da frota veicular a diesel, por tipo de frota. Para isso, foram feitas as seguintes aproximações:

- a. Assumiu-se que a quantidade emitida pelos veículos seja linearmente proporcional a quantidade consumida de diesel. Com isso, foi possível determinar o quanto das emissões (consequentemente as concentrações) refere-se à frota veicular e quanto se refere a outras fontes;
- b. CETESB (2015) estimou para a RM de São Paulo a contribuição relativa para emissão de MP_{10} por categoria da frota metropolitana com base em dados obtidos no estudo de modelo receptor para partículas inaláveis (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Considerou-se essa relação constante ao longo do horizonte do cenário, o que significa que uma participação semelhante dos automóveis particulares e comerciais no horizonte dos cenários. Trata-se de hipótese conservadora na medida em que os cenários adotados nesse estudo indicam um aumento do IPK^5 do transporte público;

⁵ Índice de Passageiro por Quilômetro.

- c. Para as outras regiões metropolitanas, pela inexistência de estudos similares, adotou-se a proporção indicada pelo Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários, ano base 2012 (MMA, 2013) (Tabela 2);
- d. Considerou-se que as fontes móveis (nesse caso, somente o transporte rodoviário) são responsáveis por 37,23% das emissões de particulado, com base em CETESB (2015). Na ausência dessas informações para todas as regiões metropolitanas, essa proporção foi, conservadoramente, mantida para todas as regiões;

Tabela 2. Participação nas emissões MP₁₀ por categoria da frota à diesel (2015)

Categorias e sub-categorias da frota à diesel		CETESB (2015) RMSP	MMA (2013) Demais RM
Comerciais	Leves	12%	6%
Caminhões	Semileves	3%	1%
	Leves	14%	11%
	Médios	11%	13%
	Semipesados	15%	30%
	Pesados	14%	22%
Ônibus	Urbanos + Rodoviário	29%	14%
	Micro-ônibus	2%	2%
Total		100%	100%

Buscou-se, na medida da disponibilidade das informações, utilizar a concentração média anual de MP₁₀ fornecida pelos relatórios de qualidade do ar do Órgãos Ambientais Estaduais. A seguir, estão detalhados os parâmetros de concentração para cada Região Metropolitana e a forma de extrapolação no cenário de referência para os horizontes 2030 e 2050 (Tabela 3):

- a. São Paulo: A concentração de MP₁₀ da RMSP foi extrapolada para 2030 e 2050 com base nas médias das médias móveis anuais entre 2012 e 2016 (CETESB, 2017), chegando ao valor de 33 µg/m³ em 2050, que corresponde a uma redução de 13% da concentração em relação a 2005.

Optamos, conservadoramente⁶, por considerar uma redução em relação a 2005, na medida em que essas mudanças têm relação com os avanços tecnológicos da frota;

- b. Rio de Janeiro: Os dados de concentração fornecidos por INEA (2016) são por estação de qualidade do ar. Nesse caso, por simplificação, utilizou-se como valor único a média aritmética dos resultados de todas as estações da Região Metropolitana. Por falta de acesso aos dados históricos anuais, não foi possível fazer a média dos últimos 5 anos e extrapolá-la, como feito para São Paulo. Utilizou-se a mesma tendência de redução em relação a 2005 na concentração que a RM de São Paulo, considerando a mesma evolução tecnológica da frota;
- c. Belo Horizonte: A concentração de MP_{10} da RMBH foi extrapolada para 2030 e 2050 com base nas médias anuais entre 1998 e 2002 ($53,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), disponibilizadas pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) (Liu et al, 200-?)⁷. Da mesma forma que para a RM do Rio de Janeiro, não houve acesso aos dados históricos anuais, não permitindo calcular a média dos últimos 5 anos e extrapolá-la para o horizonte do cenário. Assim, utilizou-se a mesma tendência de redução na concentração em relação a 2005: 13% ou $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- d. Curitiba: A concentração de MP_{10} da RM de Curitiba foi extrapolada para 2030 e 2050 com base na média anual de 2013 ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$), único dado encontrado nessa pesquisa (IAP, 2013). Também não houve acesso aos dados históricos anuais, não permitindo calcular a média dos últimos 5 anos e extrapolá-la para o horizonte do cenário. Seguindo as projeções das outras regiões metropolitanas, considerou-se que a concentração de

⁶ Rodrigues et al. (2015) projeta aumento de 5% de MP_{10} até 2030: o equivalente a +0,003% ao ano, entre 2012 e 2030.

⁷ <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/t013.pdf>

MP₁₀ em 2050 se reduziria em 13% em relação a média de 2013 (19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$);

- e. Porto Alegre: Utilizou-se como referência a média anual de 2015 (22,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) disponibilizadas pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Rosseler (FEPAM, 2016). Também não houve acesso aos dados históricos anuais, não permitindo calcular a média dos últimos 5 anos e extrapolá-la para o horizonte do cenário. Seguindo as projeções das outras regiões metropolitanas, considerou-se que a concentração de MP₁₀ em 2050 se reduziria em 13% (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- f. Salvador: Foi utilizada como referência a média anual de 2010 (21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) disponibilizadas pela CETREL (IBGE, 2010a)⁸. Também não houve acesso aos dados históricos anuais, não permitindo calcular a média dos últimos 5 anos e extrapolá-la para o horizonte do cenário. Também se considerou que a concentração de MP₁₀ em 2030 e 2050 se reduziria em 13% (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$);
- g. Recife, Belém e Fortaleza: Na ausência de dados de monitoramento sobre essas regiões metropolitanas, utilizaram-se como referência os valores de concentração da RM de Salvador, na medida em que apresentam semelhanças⁹ no tamanho populacional (Belém um pouco abaixo), na característica geográfica litorânea, na provável incidência de brisa e nas taxas de motorização (veículos por cem habitantes) semelhantes (em 2014: 20,9 – Salvador; 21,2 – Recife; 20,5 – Fortaleza; 15,3 – Belém) (Observatório das Metrôpolis, 2015).

⁸ <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=IU40&t=concentracao-poluente-ar-areas-urbanas-1>

⁹ Simplificação realizada por conta da ausência de informações. São fatores que contribuem para dimensionar o perigo e a exposição das pessoas à poluição atmosférica. Sabe-se, contudo, que são somente aproximações para permitir a realização do exercício.

Tabela 3. Concentração de MP₁₀ em 2005 e projeções para 2030 e 2050, em µg/m³.

RM	2005	2030	2050
São Paulo	38,0	35,9	33,0
Rio de Janeiro	60,0	56,7	52,8
Belo Horizonte	53,0	50,8	47,3
Salvador	21,0	15,0	15,0
Recife	21,0	15,0	15,0
Fortaleza	21,0	15,0	15,0
Belém	21,0	15,0	15,0
Curitiba	30,0	19,5	19,5
Porto Alegre	26,0	19,8	19,8

3. Cálculo dos cobenefícios

Seroa da Motta et al. (2000) indica, após ampla revisão bibliográfica, que os métodos mais apropriados de valoração econômica dos efeitos de morbidade e mortalidade decorrentes da poluição atmosférica são a Valoração Contingente e o Mercado dos Bens Substitutos. Pelo método da Valoração Contingente, busca-se estimar a disposição a pagar (DAP) dos indivíduos para evitar um impacto ambiental negativo¹⁰ pela redução da ocorrência de doenças relacionadas à poluição do ar por meio de pesquisas diretas aos indivíduos. A aplicação desse método, no entanto, tem custos muito elevados.

Alternativamente, seguiu-se a metodologia utilizada por Seroa da Motta et al. (2000) para estimar os custos associados com a mortalidade e a morbidade associadas à poluição atmosférica causada por MP₁₀ do uso de diesel veicular e aplicou-se o método da Produtividade Marginal para estimar a produção sacrificada do trabalho e o método do Mercado de Bens Substitutos para estimar os gastos incorridos em saúde. Assim, seguindo a recomendação de Seroa da Motta et al. (2000), separou-se o exercício em dois focos: mortalidade e morbidade.

¹⁰ Ou a disposição a aceitar (DAA) uma compensação quando o impacto negativo já tiver ocorrido.

3.1. Redução da morbidade

Dentre os efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana, foi escolhida para esse exercício a incidência de doenças não fatais do aparelho respiratório. Foram estimados os gastos com internação em hospitais e os dias de trabalho perdidos em função dessas doenças, eventos que poderiam ser reduzidos com as medidas de mitigação no setor de transporte, especificamente a conversão parcial da frota de veículos urbanos em elétricos com consequente melhoria da qualidade do ar. Existem outros custos relativos às mesmas morbidades que poderiam ser estimados (por exemplo, gastos com remédios para tratamento não hospitalar, perdas de laser, etc); no entanto, por simplificação, optou-se por utilizar apenas os mais expressivos e que tem disponibilidade de informações oficiais. Pretende-se, com esse exercício, estimar o impacto na morbidade caso a concentração de MP_{10} fosse reduzida nas principais regiões metropolitanas com as medidas de mitigação de GEE.

3.1.1 Custos hospitalares evitados

Para o cálculo dos custos hospitalares evitados, utilizou-se a metodologia desenvolvida pelo Banco Mundial por Lvovsky (2000) e replicada por McKnight (2006), simplificada pela fórmula abaixo:

$$\Delta S = b * \Delta C * P \quad (\text{Equação 1})$$

Onde ΔS é o impacto na saúde, b é a função dose-resposta, ΔC é a variação na concentração do poluente MP_{10} e P é a população exposta a tal concentração.

Nesse caso, a função dose-resposta determina a proporção de pessoas que pode ser afetada por doenças respiratórias em função de variações marginais na concentração de poluente na atmosfera.

Lvovsky (2000), ao aplicar sua metodologia, utilizou o parâmetro b dos estudos de Ostro (1994), que fez amplo levantamento de estudos epidemiológicos que forneceram dose-resposta sobre doenças relacionadas à poluição do ar. Segundo Ostro (1994), Plagiannakos e Parker (1988) usaram dados agrupados em séries temporais para nove países em seu estudo para o período de 1976 a 1982, no sul de Ontário, no Canadá.

Foi encontrada uma relação estatisticamente significativa entre a incidência de internações hospitalares por doenças respiratórias e poluição por partículas inaláveis. No mesmo trabalho, evidências adicionais para o efeito das partículas nas admissões hospitalares entre as internações hospitalares mensais, incluindo admissões por pneumonia, asma e bronquite, e a média de MP_{10} em dois vales em Utah, entre 1985 e 1989. Como conclusão, Ostro (1994) sugere o seguinte intervalo para a função dose-resposta utilizada em nosso exercício:

- ✓ limite superior da mudança nas internações por 100.000 habitantes = 1,56 * variação da concentração de MP_{10} em $\mu g/m^3$;
- ✓ valor médio da mudança nas internações por 100.000 habitantes = 1,20 * variação da concentração de MP_{10} em $\mu g/m^3$;
- ✓ limite inferior da mudança nas internações por 100.000 habitantes = 0,657 * variação da concentração de MP_{10} em $\mu g/m^3$;

A população exposta no horizonte até 2050 foi determinada com base nas projeções populacionais do IBGE utilizadas no âmbito desse trabalho.

Multiplicando a estimativa do número de internações evitadas pelo custo médio de cada internação (em R\$ de 2015), com base nos dados do Sistema de Informações Hospitalares (SIH/SUS) disponibilizados no DATASUS¹¹ (Tabela 4), chega-se ao custo médio evitado, ou seja, o benefício social gerado pela substituição parcial de automóveis movidos à Diesel por tecnologia que não emite MP_{10} .

Tabela 4. Custos de internação (Dez / 2015)

Região Metropolitana	Custos de internação per capita por morbidade
São Paulo	R\$ 1.148,19
Rio de Janeiro	R\$ 1.048,36
Belo Horizonte	R\$ 1.963,00
Salvador	R\$ 1.687,00
Recife	R\$ 1.915,30
Fortaleza	R\$ 1.439,81
Belém	R\$ 894,12
Curitiba	R\$ 1.651,51
Porto Alegre	R\$ 1.545,80

¹¹ Foram considerados os custos de internação de doenças do Capítulo X - Doenças do aparelho respiratório - da CID-10.

Fonte: DATASUS (2017)

3.1.2. Produção sacrificada

Dias de trabalho perdidos são aqueles em que as pessoas não puderam comparecer aos seus postos de trabalho por problemas relacionados à poluição. Os problemas variam desde indisposições até internações por problemas cardiovasculares ou do aparelho respiratório. Ao irem aos consultórios médicos ou ao serem internadas, as pessoas sacrificam dias de trabalho que poderiam gerar rendimentos. Isso representa um custo à sociedade que deixa de gerar uma produção por problemas de saúde associados à poluição do ar.

A metodologia utilizada pelo Banco Mundial por Lvovsky (2000) permite estimar em quanto esses dias perdidos poderiam ser reduzidos. Para tanto, é aplicada a Equação 2.

$$\Delta D = X * \Delta C * P \quad (\text{Equação 2})$$

Onde ΔS é a redução de dias de trabalho perdidos, X é a função dose-resposta, ΔC é a variação na concentração do poluente MP_{10} e P é a população exposta a tal concentração.

O parâmetro X foi obtido a partir dos intervalos identificados por Ostro (1994) para dias de trabalho perdidos, a partir de estudos em 48 regiões metropolitanas nos EUA:

- ✓ limite superior dos dias com restrição ao trabalho por pessoa ao ano = $0,0903 * \text{variação da concentração de } MP_{10} \text{ em } \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- ✓ valor médio dos dias com restrição ao trabalho por pessoa ao ano = $0,0575 * \text{variação da concentração de } MP_{10} \text{ em } \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- ✓ limite inferior dos dias com restrição ao trabalho por pessoa ao ano = $0,0404 * \text{variação da concentração de } MP_{10} \text{ em } \mu\text{g}/\text{m}^3$;

Para calcular os custos evitados (ou benefícios) associados à redução nos dias sacrificados, multiplicou-se o produto da Equação 2 pelo rendimento médio diário, convertido a partir do rendimento médio mensal (Tabela 5) e corrigido pela taxa de crescimento do PIB do Cenário 1,5°C. Por simplificação, utilizou-se o rendimento médio mensal sem divisão por faixa etária.

Tabela 5. Valor do rendimento médio mensal (ano de 2015)

Região Metropolitana	Valor rendimento médio mensal* (R\$ de 2015)	Valor rendimento médio diário (R\$ de 2015)	Valor rendimento médio diário** (2050)
São Paulo	R\$ 1.667,00	R\$ 55,57	R\$ 151,65
Rio de Janeiro	R\$ 1.614,00	R\$ 53,80	R\$ 146,82
Belo Horizonte	R\$ 1.565,00	R\$ 52,17	R\$ 142,37
Salvador	R\$ 1.170,00	R\$ 39,00	R\$ 106,43
Recife	R\$ 1.015,00	R\$ 33,83	R\$ 92,33
Fortaleza	R\$ 919,00	R\$ 30,63	R\$ 83,60
Belém	R\$ 992,00	R\$ 33,07	R\$ 90,24
Curitiba	R\$ 1.813,00	R\$ 60,43	R\$ 164,93
Porto Alegre	R\$ 1.671,00	R\$ 55,70	R\$ 152,01

*Considerando o mês com 30 dias

** Renda média diária corrigida pelo crescimento do PIB médio anual do Cenário 1,5°C (2,91% aa).

Dados retirados da Tabela 1860 da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio

Fonte: IBGE (2016a)

3.2 Redução da mortalidade (Produção Sacrificada)

Uma das metodologias para o cálculo das perdas com a mortalidade por conta da poluição do ar é a da Produção Sacrificada dos anos de vida perdidos, conforme já utilizado por Seroa da Motta et al. (2000) e McKnight & Young (2009). Por ela, multiplica-se o número de óbitos por doenças do aparelho respiratório induzidos por poluentes atmosféricos pela Produção Sacrificada dos anos de vida perdidos. Inspirada na teoria do capital humano, essa metodologia estima, conservadoramente, o valor presente da produção futura (VPPF) interrompida por conta de doenças fatais. Para isso, usou-se a expressão proposta por Seroa da Motta et al. (1998):

$$VPPF_i = \sum_{j=i+1}^{75} \left[(P_i^j)_1 \right] \cdot \left[(P_i^j)_2 \right] \cdot \left[(P_i^j)_3 \right] \cdot \left[Y_i \cdot \left(\frac{1+g}{1+r} \right)^{j-i} \right] \quad \text{Equação 2}$$

VPPF_i é o valor presente da produção futura ou da renda futura da pessoa de idade i.

$\left[(P_i^j)_1 \right]$ é a probabilidade de que a pessoa, com idade i , esteja viva na idade j

$\left[(P_i^j)_2 \right]$ é a probabilidade de que a pessoa, com idade i , esteja na força de trabalho na idade j

$\left[(P_i^j)_3 \right]$ é a probabilidade de que a pessoa, com a idade i , esteja empregada com a idade j

g taxa média de crescimento da renda per capita

Y_j é a renda ou a produção esperada da pessoa na idade i

r é a taxa de desconto

A Tabela 6 resume os procedimentos para a obtenção das estimativas das probabilidades:

Tabela 6. Métodos de cálculo e fontes de dados

Identificação	Termo da Equação 1	Método de cálculo	Fonte de dados
a	$\left[(P_i^j)_1 \right]$	= 1 – (taxa de mortalidade por faixa de idade)	Tábua de Mortalidade do Censo Demográfico de 2010.
b	$\left[(P_i^j)_2 \right]$	Taxa de participação no mercado de trabalho por faixa de idade	IBGE - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua trimestral - 2015
c	$\left[(P_i^j)_3 \right]$	= 1 – (taxa de desemprego por faixa de idade).	IBGE - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua trimestral - 2015
	g	2,91%	PIB <i>per capita</i> do cenário 1,5°C
	Y_j	-	IBGE - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua trimestral - 2015

Fonte: Seroa da Motta et al. (2000)

Nesse trabalho, mantiveram-se as faixas etárias inferiores e superiores e considerou-se como expectativa de produção os 75 anos de idade, aproximando-o da expectativa de vida para o ano de 2015 (75,5 anos)¹².

¹² IBGE (2016). <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/9490-em-2015-esperanca-de-vida-ao-nascer-era-de-75-5-anos.html>

Por fim, foi arbitrada a taxa de desconto de 8% a.a., já utilizada no presente estudo, para descontar o Valor da Produção Futura por faixa de idade. **A Erro! Fonte de referência não encontrada.** ilustra os cálculos do VPPF para a Região Metropolitana de São Paulo.

Para calcular o quanto esse custo poderia ser reduzido com a conversão parcial da frota por veículos elétricos, utilizou-se a função dose-resposta do estudo epidemiológico de Mendes (1993). Segundo o estudo, a derivada parcial do número de óbitos em função da concentração de MP_{10} é de 0,14. Com isso, calculando-se o número de óbitos evitados e o VPPF, é possível estimar a redução no custo de produção sacrificada por mortalidade precoce causada pelo excedente de MP_{10} no ar. A Tabela 7 apresenta uma atualização dos cálculos de Seroa da Motta et al. (2000). O Anexo I apresenta as tabelas para todas as regiões metropolitanas.

Tabela 7. Cálculo do VPPF – Região Metropolitana de São Paulo.

Faixa Etária***	Prob. pessoa viva (%) (a)*	Prob. participação mercado (%) (b)*	Prob. estar empregado (%) (c)*	Renda real média mensal R\$ (2015)**	VPPF (r=8%)
15 a 19 anos	99,93%	17%	64%	786,75	417.101
20 a 24 anos	99,90%	74%	78%	1.485,25	505.007
25 a 29 anos	99,90%	86%	91%	2.979,00	545.665
30 a 34 anos	99,87%	86%	91%	2.979,00	533.666
35 a 39 anos	99,82%	86%	91%	2.979,00	518.453
40 a 44 anos	99,73%	76%	95%	3.958,75	484.874
45 a 49 anos	99,58%	76%	95%	3.958,75	418.081
50 a 54 anos	99,38%	76%	95%	3.958,75	333.391
55 a 59 anos	99,10%	76%	95%	3.958,75	226.046
60 a 64 anos	98,70%	26%	97%	4.382,00	135.145
65 a 69 anos	98,03%	26%	97%	4.382,00	96.486
70 a 74 anos	97,01%	26%	97%	4.382,00	47.886

*Termos da Equação 2, cujas fontes estão especificadas na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

** Tabela 5437 da PNAD Trimestral.

*** Os intervalos de faixa etária aqui utilizados são mais detalhados que os apresentados na PNAD Trimestral. Como simplificação, escolheu-se repetir os valores de uma mesma classe da PNAD.

Fonte: IBGE 2010b, Id. 2016b.

4. Resultados

A Tabela 8 apresenta um resumo da concentração de MP_{10} por região metropolitana para os cenários de Referência e $1,5^{\circ}C$ no ano de 2050 e a diferença nas concentrações anuais entre os dois cenários (ΔC) em função da introdução da frota elétrica em substituição aos veículos à diesel.

Tabela 8. Projeção da concentração média de MP_{10} nos cenários em estudo em 2050 ($\mu g/m^3$)

Região Metropolitana	Cenário de Referência (ano 2050)	Cenário $1,5^{\circ}C$ (ano 2050)	ΔC
São Paulo	33,0	28,4	4,6
Rio de Janeiro	52,8	48,3	4,5
Belo Horizonte	47,3	44,1	3,2
Salvador	15,0	14,0	1,0
Recife	15,0	14,0	1,0
Fortaleza	15,0	14,0	1,0
Belém	15,0	14,0	1,0
Curitiba	19,5	18,1	1,4
Porto Alegre	19,8	18,5	1,3

4.1. Redução da morbidade

Os custos médios de internação, a projeção populacional para 2050 e a redução das internações podem ser visualizadas na Tabela 9. Aplicando-se a metodologia de Lvovsky (2000) descrita anteriormente, chega-se ao resultado médio de **2.576 internações evitadas** no ano de 2050, com intervalo de [1.410; 3.348] em função da variação do coeficiente da dose-resposta. Multiplicando o número de internações evitadas pelo custo médio de cada internação por região metropolitana (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), chega-se ao **custo médio evitado de R\$ 3.280.383** [Intervalo: R\$1.796.010; R\$4.264.498], em 2050, que se refere à parcela referente aos gastos hospitalares do cobenefício social gerado pelo não uso de combustível fóssil emissor de MP_{10} na sua combustão (Tabela 10).

Tabela 9. Projeção populacional, custos médios de internação por região metropolitana e internações evitadas (Limites inferior e superior), em 2050.

	Projeção Populacional*	Custos de internação**		Internações evitadas****	
			Inferior	Médio***	Superior
São Paulo	23.291.114	R\$ 1.148,19	675	1233	1603
Rio de Janeiro	13.239.388	R\$ 1.048,36	366	669	870
Belo Horizonte	5.780.789	R\$ 1.963,00	150	274	356
Salvador	4.400.308	R\$ 1.687,00	36	66	86
Recife	4.326.730	R\$ 1.915,30	36	65	85
Fortaleza	4.240.735	R\$ 1.439,81	35	64	83
Belém	2.648.142	R\$ 894,12	22	40	52
Curitiba	3.571.756	R\$ 1.651,51	38	70	91
Porto Alegre	4.730.941	R\$ 1.545,80	51	94	122
Total	66.229.903	-	1410	2.576	3348

* Projeção populacional com base nos cenários do estudo

** Custos médios por episódio de doença pulmonar, em dezembro de 2015

*** Valor médio e limites inferior e superior da dose-resposta de Ostro (1994).

**** As casas decimais foram arredondadas.

Fonte: DATASUS (2017)

Tabela 10. Gastos totais com internações evitadas pela redução das morbidades, em 2050 (R\$ de 2015).

Região Metropolitana	Limite Inferior	Médio*	Limite Superior
São Paulo	R\$775.322,19	R\$1.416.113,59	R\$1.840.947,66
Rio de Janeiro	R\$384.125	R\$701.599	R\$912.079
Belo Horizonte	R\$294.447	R\$537.803	R\$699.143
Salvador	R\$61.264	R\$111.898	R\$145.468
Recife	R\$68.392	R\$124.917	R\$162.392
Fortaleza	R\$50.391	R\$92.039	R\$119.650
Belém	R\$19.541	R\$35.691	R\$46.399
Curitiba	R\$63.001	R\$115.070	R\$149.591
Porto Alegre	R\$79.526	R\$145.253	R\$188.829
Total	R\$1.796.010	R\$3.280.383	R\$4.264.498

* Valor médio e limites inferior e superior da dose-resposta de Ostro (1994).

Arredondamentos nas casas decimais podem levar a diferenças da ordem de centenas de R\$.

No que se refere aos dias de trabalho sacrificados por morbidades, a Tabela 11 apresenta os resultados por região metropolitana da aplicação da metodologia de Lvovsky (2000) a partir da mudança nas concentrações de MP₁₀ no Cenário 1,5°C. As projeções indicam uma redução de 12.341.335 dias não trabalhados no ano de 2050, [Intervalo: 8.671.129 dias; 19.381.261 dias] em função da variação do coeficiente da

dose-resposta. Multiplicando-se pelo rendimento médio diário¹³ (Tabela 5), chega-se a um montante de **R\$ 1.782,9 milhões** [Intervalo: R\$1.252.731.187 ; R\$2.800.040.252] de perdas evitadas para o ano de 2050 (Tabela 12).

Tabela 11. Projeção dos dias de trabalho sacrificados por morbidade relacionada às concentrações de MP₁₀, em 2050, em relação ao Cenário de Referência.

Regiões Metropolitanas	Redução em 2050 (em dias)*		
	Limite Inferior	Médio	Limite Superior
São Paulo	4.152.259	5.909.775	9.280.916
Rio de Janeiro	2.253.091	3.206.750	5.035.992
Belo Horizonte	922.365	1.312.772	2.061.622
Salvador	223.310	317.830	499.131
Recife	219.576	312.515	490.785
Fortaleza	215.212	306.304	481.030
Belém	134.390	191.273	300.381
Curitiba	234.574	333.862	524.308
Porto Alegre	316.353	450.255	707.095
Total	8.671.129	12.341.335	19.381.261

* Valor médio e limites inferior e superior da dose-resposta de Ostro (1994).

Tabela 12. Perdas totais evitadas pela redução dos dias de trabalhos perdidos em função de morbidades – em 2050 (R\$ de 2015)

Região Metropolitana	Limite Inferior	Médio**	Limite Superior
São Paulo	R\$629.671.490	R\$896.190.859	R\$1.407.409.296
Rio de Janeiro	R\$330.808.111	R\$470.828.376	R\$739.405.259
Belo Horizonte	R\$131.314.009	R\$186.894.939	R\$293.506.312
Salvador	R\$23.767.739	R\$33.827.847	R\$53.124.427
Recife	R\$20.274.249	R\$28.855.676	R\$45.315.957
Fortaleza	R\$17.991.840	R\$25.607.198	R\$40.214.435
Belém	R\$12.127.517	R\$17.260.698	R\$27.106.801
Curitiba	R\$38.687.644	R\$55.062.860	R\$86.472.630
Porto Alegre	R\$48.088.587	R\$68.442.915	R\$107.485.134
Total	R\$1.252.731.187	R\$1.782.971.368	R\$2.800.040.252

* Arredondamentos nas casas decimais podem levar a diferenças da ordem de centenas de R\$.

** Valor médio e limites inferior e superior da dose-resposta de Ostro (1994).

Levando em consideração apenas esses dois cobenefícios da morbidade evitada e os valores médios da dose-resposta de Ostro (1994), estima-se um **cobenefício total da ordem de R\$1.786 milhões** [Intervalo: R\$ 1.254 milhões; R\$ 2.804 milhões] com a

¹³ Calculado a partir dos dados da renda média real das regiões metropolitanas para 2015 (PNAD) e aplicado um fator de correção 2,91% aa, que é o crescimento médio do PIB adotado para o Cenário 1,5°C

redução destas morbidades no ano de 2050. Conforme já destacado, existem outras formas de morbidade que não foram mensuradas neste trabalho. Contudo, essas duas são as formas mais expressivas e estudadas na literatura.

Por fim, o total acumulado dos cobenefícios pela redução da morbidade por conta da redução das concentrações de MP_{10} no período 2021-2030 ficou em **R\$ 234 milhões**¹⁴ (em reais de 2015). Já no período de 2031-2050, o valor monetário total acumulado dos cobenefícios somente pela redução da morbidade ficou em **R\$ 14,8 bilhões** (em reais de 2015) (Tabela 13).

Tabela 13. Valor acumulado das perdas evitadas com morbidades devido a diminuição da concentração de MP_{10} * (em R\$ de 2015).

Regiões Metropolitanas	Perdas Evitadas Acumuladas entre 2021-2030	Perdas Evitadas Acumuladas entre 2031-2050
São Paulo	130.755.860	7.540.796.712
Rio de Janeiro	54.242.221	3.898.792.192
Belo Horizonte	22.176.329	1.516.801.529
Salvador	3.992.364	274.287.766
Recife	3.426.442	234.473.962
Fortaleza	3.046.756	208.059.297
Belém	1.943.718	138.370.180
Curitiba	6.791.351	450.635.816
Porto Alegre	8.002.301	553.296.951
Total	234.377.342	14.815.514.405

* Valor médio da dose-resposta de Ostro (1994).

4.2. Redução da Mortalidade

O benefício social com a redução da mortalidade precoce nas 9 regiões metropolitanas em 2050 por conta da melhora na qualidade do ar seria corresponde à redução de 804 óbitos (Tabela 14).

¹⁴ Utilizando somente os coeficientes médios das funções dose-resposta.

Tabela 14. Óbitos por doenças respiratórias e sua redução por melhoria na concentração de MP₁₀.

Região Metropolitana	Número de óbitos por doenças respiratórias (2015)*	Redução no número de óbitos (em 2050)
São Paulo	7.280	366
Rio de Janeiro	5.088	134
Belo Horizonte	1.196	46
Salvador	1.033	40
Recife	1.538	60
Fortaleza	909	35
Belém	792	31
Curitiba	839	33
Porto Alegre	1.503	59
Total	20.178	804

*Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade - DATASUS (2017)

A produção futura que deixaria de ser sacrificada ficaria em **R\$ 128,2 milhões** (Tabela 15) em 2050, considerando uma taxa de desconto de 8%. Vale destacar a importância da taxa de desconto nessa análise, podendo influenciar em análises custo-benefício de medidas de mitigação a longo prazo. Por exemplo, utilizando uma taxa de desconto de 4%, a produção futura não sacrificada seria de R\$ 183,3 milhões. Os resultados anuais estão no Anexo II.

Tabela 15. Valor do Custo Evitado com a redução da perda de produtividade futura devido à diminuição da concentração de MP₁₀ em 2050, considerando $r = 8\%$ (em R\$ de 2015)

Regiões Metropolitanas	Perdas Evitadas em 2050	Perdas Evitadas Acumuladas entre 2021-2030	Perdas Evitadas Acumuladas entre 2031-2050
São Paulo	76.280.383	21.577.885	750.493.474
Rio de Janeiro	15.094.966	3.388.708	146.128.838
Belo Horizonte	6.050.679	1.407.212	57.200.823
Salvador	5.614.773	1.305.833	53.079.935
Recife	6.922.454	1.609.961	65.442.246
Fortaleza	3.398.004	790.277	32.123.435
Belém	3.385.769	787.431	32.007.775
Curitiba	4.296.251	999.183	40.615.128
Porto Alegre	7.113.323	1.654.351	67.246.651
TOTAL	128.156.602	33.520.839	1.244.338.305

O valor monetário total acumulado dos cobenefícios pela a redução da perda de produtividade futura por conta da diminuição das concentrações de MP_{10} no período 2021-2030 ficou em **33,5 milhões de reais** (em R\$ de 2015). Já no período de 2031-2050, o valor monetário total acumulado ficou em **1,2 bilhão de reais** (em R\$ de 2015).

4.3. Valor total dos cobenefícios

Por fim, o total acumulado¹⁵ dos cobenefícios pela redução da morbidade e mortalidade por conta da diminuição das concentrações de MP_{10} entre 2021-2030 ficou em **R\$ 282 milhões**, enquanto para o período de 2031-2050 ficou em **R\$ 16 bilhões** (ambos em R\$ de 2015) (Tabela 16).

Tabela 16. Total dos cobenefícios acumulados pela redução da morbidade e mortalidade (em milhões de R\$ de 2015)

Regiões Metropolitanas	Total acumulado dos cobenefícios entre 2021-2030	Total acumulado dos cobenefícios entre 2031-2050
São Paulo	160	8.291
Rio de Janeiro	61	4.045
Belo Horizonte	25	1.574
Salvador	6	327
Recife	5	300
Fortaleza	4	240
Belém	3	170
Curitiba	8	491
Porto Alegre	10	621
TOTAL	282	16.060

5. Conclusões e recomendações para estudos futuros

Esse exercício teve como objetivo apresentar estimativas dos cobenefícios de uma medida de mitigação constante do Cenário 1,5°C do Estudo IES-Brasil 2050. O

¹⁵ O valor total acumulado foi calculado considerando os valores médios dos coeficientes dose-resposta para os custos de internação e dias de trabalho recuperados (itens 1.1 e 1.2), bem como a taxa de desconto de 8% nos cálculos da mortalidade.

intuito foi dar a dimensão dos valores econômicos positivos gerados, geralmente ignorados em estudos mitigação de Gases de Efeito Estufa. Além disso, o estudo pretende contribuir para a discussão dos efeitos nocivos que tecnologias emissoras de GEE, como veículos automotores, buscando chamar a atenção de gestores públicos e sociedade em busca de medidas com múltiplos benefícios. Tais medidas serviriam como guia para priorizar ações com benefícios não restritos à escala global, mas também local. Exercícios como esse mostram que temas transversais como aquecimento global e poluição atmosférica precisam embasar discussões intersetoriais nas políticas públicas, principalmente pelos seus efeitos positivos para os grandes aglomerados populacionais do Brasil.

De forma mais específica, políticas de redução e regulação de emissões de poluentes locais e de Gases de Efeito Estufa em veículos automotores, bem como incentivos a energias mais limpas de transporte, precisam ser estruturadas em conjunto a fim de potencializar a mitigação dos impactos sobre a saúde.

A análise feita neste exercício é simplificada, limitando-se aos cobenefícios da redução de um (MP_{10}) dos diversos poluentes emitidos pelo diesel. Além disso, não foram incorporadas outras morbidades relacionadas à poluição, como neoplasias e doenças cardiovasculares (Rodrigues et al., 2015). Os cobenefícios podem ser mais abrangentes quando incorporadas outras melhorias na qualidade ambiental das cidades, como a redução da poluição sonora e cobenefícios sociais do aumento da eficiência energética da frota.

Os métodos de função de produção utilizados nesse exercício (método da produtividade marginal ou produção sacrificada e método de mercado de bens substitutos ou custos evitados) utilizam os preços de mercado do bem para estimar o valor dano causado pela poluição.

A título de recomendações para melhorar esse estudo, pode-se destacar:

- Utilizar dados de qualidade do ar específicos das regiões metropolitanas;
- Incorporar os cobenefícios da redução de dano por outras doenças vinculadas à emissão de material particulado, como cardiopatias e neoplasias;

- Desagregar os dados de renda em função das faixas etárias;
- Ampliar a revisão literária sobre estudos epidemiológicos (no mundo) a fim de obter funções dose-resposta mais atualizadas;
- Calcular para cada Região Metropolitana a participação da frota na emissão de poluentes a partir do consumo de diesel;
- Incorporar na análise outros poluentes de fontes móveis;
- Incorporar na análise poluentes das principais fontes fixas que estejam em regiões metropolitanas;
- Estimar os cobenefícios de outras medidas de mitigação do setor de transportes, como a melhoria do desempenho do transporte público;
- Estimar os cobenefícios do aumento da coleta e reciclagem de resíduos sólidos;

6. Referências

- Blanco G., R. Gerlagh, S. Suh, J. Barrett, H.C. de Coninck, C.F. Diaz Morejon, R. Mathur, N. Nakicenovic, A. Ofosu Ahenkora, J. Pan, H. Pathak, J. Rice, R. Richels, S.J. Smith, D.I. Stern, F.L. Toth, and P. Zhou, 2014: Drivers, Trends and Mitigation. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Ar: emissão veicular. 2015. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes/>>. Acesso em: ago 2017.
- _____. CETESB - Qualidade do ar no estado de São Paulo 2016. Coordenação geral Maria Helena R.B. Martins. Série Relatórios. 198p. São Paulo: CETESB, 2017. Disponível em: <http://ar.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios/>. Acesso em: Set, 2017.
- DATASUS. Estatísticas de Morbidade Hospitalar do SUS. 2017. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203&id=6926>. Acesso em: out. 2017.
- FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler. Rede Estadual de Monitoramento Automático da Qualidade do Ar - Relatório 2015. 2016. Rio Grande do Sul.
- IAP – Instituto Ambiental do Paraná. Relatório de Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Curitiba – Ano de 2013. [201-]. Curitiba.
- IBGE - _____. Coordenação de Trabalho e Rendimento. Censo Demográfico 2010. Trabalho em Renda. Resultados do Universo. IBGE, 2010a.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia, Estatística. Coordenação de Trabalho e Rendimento. Pesquisa nacional por amostra de domicílios ano 2015. IBGE, 2016a.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia, Estatística. Coordenação de Trabalho e Rendimento. Pesquisa nacional por amostra de domicílios trimestral. IBGE, 2016b.
- IBGE - _____. Séries Históricas e Estatísticas. Concentração de poluentes no ar em áreas urbanas - 1 Média concentração anual observada. IBGE, 2010b. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=IU40&t=concentracao-poluente-ar-areas-urbanas-1>. Acesso em: Nov 2017
- IBGE - _____. Tábuas Completas de Mortalidade 2015. IBGE, 2016. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/tabuadevida/2015/default.shtm>. Acesso em: Nov 2017.

- INEA – Instituto Estadual do Ambiente. Relatório de Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro – Ano Base 2015. Rio de Janeiro, 2016.
- LIU, B.W.Y., FIORAVANTE, E.F., DUTRA, E.G., SILVEIRA, I.L. et al, Monitoramento da Qualidade do Ar: as Cconcentrações de Partículas Inaláveis (PM-10) na Região Metropolitana de Belo Horizonte entre 1995 e 2002. [200-?] Disponível em <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/t013.pdf>. Acesso em: Set, 2017.
- LVOVSKY, K. et. al. Environmental costs of fossil fuels - a rapid assessment method with application to six cities. Paper nº 78 da Pollution Management Series. Banco Mundial, 2000. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/179101468743166213/Environmental-costs-of-fossil-fuels-a-rapid-assessment-method-with-application-to-six-cities> Acesso em: nov. 2017.
- McKnight, V. *Análise custo benefício da substituição do diesel pelo Gás Natural Veicular em ônibus na região metropolitana de São Paulo*. 2006. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- McKnight, V., Young, C. E. F. Análise de custo-benefício da substituição do diesel por gás natural veicular em ônibus na Região Metropolitana de São Paulo, Revista de Economia Mackenzie, Vol. 7, nº. 3, p. 24-36, 2009. São Paulo.
- MENDES, A. P. F. Uma avaliação do impacto ambiental no Brasil: poluição do ar e mortalidade. 1993. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.
- Miraglia, S. G. E. K., Gouveia, N. Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras. Ciênc. Saúde Coletiva. Vol.19 nº.10. Oct. 2014. Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-812320141910.09232014>
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Inventário Nacional de Veículos Automotores: Ano-base 2012. Brasília, 2013.
- Observatório das Metrôpolis. Estado da Motorização Individual no Brasil: Relatório 2015. 2015. Coord. Rodrigues, J. M. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional – IPPUR. Rio de Janeiro.
- Ostro, B. Estimating the Health Effects of Air Pollution: A Methodology with Application in Jakarta. Policy Research Working Paper 1301. 1994. Policy Research Department, World Bank, Washington, D.C.
- Rodrigues, C. G, Vormittag, E. da M. P. A., Cavalcante, J. A., Saldiva, P.H.N. Projeção da mortalidade e internações hospitalares na rede pública de saúde atribuíveis à poluição atmosférica no Estado de São Paulo entre 2012 e 2030. R. bras. Est. Pop., Rio de Janeiro, v.32, n.3, p.489-509, set./dez. 2015. DOI<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-3098201500000029>

SEROA DA MOTTA, R. da. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Rio de Janeiro: Ipea, MMA, PNUD, CNPq, 1997.

SEROA DA MOTTA, R. da.; ORTIZ, R.; FREITAS, S. Health and economic values for mortality and morbidity cases associated with air pollution in Brazil. In: _____. Ancillary benefits and costs of green-house gas mitigation. Paris: OECD, RFF, 2000.

Anexo I

Tabela I.A. Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Faixa Etária***	Prob. pessoa viva (%) (a)*	Prob. participação mercado (%) (b)*	Prob. estar empregado (%) (c)*	Renda real média mensal R\$ (2015)**	VPPF (r=8%)
15 a 19 anos	99,884%	7%	70%	733,25	297.352,89
20 a 24 anos	99,844%	59%	81%	1.309,75	360.791,98
25 a 29 anos	99,845%	82%	93%	2.352,75	385.959,67
30 a 34 anos	99,826%	82%	93%	2.352,75	367.348,07
35 a 39 anos	99,783%	82%	93%	2.352,75	343.690,25
40 a 44 anos	99,686%	73%	96%	2.685,75	311.260,21
45 a 49 anos	99,527%	73%	96%	2.685,75	266.078,42
50 a 54 anos	99,253%	73%	96%	2.685,75	208.824,77
55 a 59 anos	98,936%	73%	96%	2.685,75	136.319,56
60 a 64 anos	98,518%	19%	97%	3.304,75	76.366,43
65 a 69 anos	97,758%	19%	97%	3.304,75	54.496,94
70 a 74 anos	96,672%	19%	97%	3.304,75	27.040,01

Tabela I.B. Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Faixa Etária***	Prob. pessoa viva (%) (a)*	Prob. participação mercado (%) (b)*	Prob. estar empregado (%) (c)*	Renda real média mensal R\$ (2015)**	VPPF (r=8%)
15 a 19 anos	99,911%	27%	59%	634,25	317.988,77
20 a 24 anos	99,871%	77%	80%	1.173,75	381.566,58
25 a 29 anos	99,871%	87%	92%	2.306,00	406.805,78
30 a 34 anos	99,825%	87%	92%	2.306,00	390.860,62
35 a 39 anos	99,774%	87%	92%	2.306,00	370.623,18
40 a 44 anos	99,673%	76%	95%	2.827,00	339.585,66
45 a 49 anos	99,539%	76%	95%	2.827,00	291.144,10
50 a 54 anos	99,341%	76%	95%	2.827,00	229.701,17
55 a 59 anos	99,084%	76%	95%	2.827,00	151.795,45
60 a 64 anos	98,732%	24%	97%	3.047,25	86.897,74
65 a 69 anos	98,116%	24%	97%	3.047,25	62.046,43
70 a 74 anos	97,076%	24%	97%	3.047,25	30.791,94

Tabela I.C. Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana de Salvador.

Faixa Etária***	Prob. pessoa viva (%) (a)*	Prob. participação mercado (%) (b)*	Prob. estar empregado (%) (c)*	Renda real média mensal R\$ (2015)**	VPPF (r=8%)
15 a 19 anos	99,824%	30%	51%	439,00	265.484,79
20 a 24 anos	99,760%	74%	68%	1.000,75	322.042,45
25 a 29 anos	99,755%	87%	85%	2.028,00	349.310,36
30 a 34 anos	99,723%	87%	85%	2.028,00	340.749,30
35 a 39 anos	99,687%	87%	85%	2.028,00	329.885,90
40 a 44 anos	99,608%	78%	91%	2.581,75	307.579,43

Faixa Etária***	Prob. pessoa viva (%) (a)*	Prob. participação mercado (%) (b)*	Prob. estar empregado (%) (c)*	Renda real média mensal R\$ (2015)**	VPPF (r=8%)
45 a 49 anos	99,432%	78%	91%	2.581,75	264.872,31
50 a 54 anos	99,204%	78%	91%	2.581,75	210.754,39
55 a 59 anos	98,900%	78%	91%	2.581,75	142.187,96
60 a 64 anos	98,456%	27%	95%	2.720,75	84.327,01
65 a 69 anos	97,838%	27%	95%	2.720,75	60.190,78
70 a 74 anos	96,685%	27%	95%	2.720,75	29.857,24

Tabela I.D. Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana do Recife.

Faixa Etária***	Prob. pessoa viva (%) (a)*	Prob. participação mercado (%) (b)*	Prob. estar empregado (%) (c)*	Renda real média mensal R\$ (2015)**	VPPF (r=8%)
15 a 19 anos	99,844%	9%	74%	512,75	249.577,76
20 a 24 anos	99,755%	56%	81%	1.145,00	302.949,80
25 a 29 anos	99,756%	78%	90%	2.041,50	326.191,82
30 a 34 anos	99,725%	78%	90%	2.041,50	316.038,01
35 a 39 anos	99,680%	78%	90%	2.041,50	303.148,15
40 a 44 anos	99,576%	70%	94%	2.506,00	281.190,40
45 a 49 anos	99,402%	70%	94%	2.506,00	243.868,89
50 a 54 anos	99,188%	70%	94%	2.506,00	196.574,86
55 a 59 anos	98,851%	70%	94%	2.506,00	136.666,93
60 a 64 anos	98,313%	22%	97%	3.294,00	84.993,20
65 a 69 anos	97,463%	22%	97%	3.294,00	60.590,02
70 a 74 anos	96,102%	22%	97%	3.294,00	30.029,70

Tabela I.E. Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana de Fortaleza.

Faixa Etária***	Prob. pessoa viva (%) (a)*	Prob. participação mercado (%) (b)*	Prob. estar empregado (%) (c)*	Renda real média mensal R\$ (2015)**	VPPF (r=8%)
15 a 19 anos	99,844%	15%	68%	550,00	217.266,12
20 a 24 anos	99,755%	64%	80%	1.018,25	260.799,94
25 a 29 anos	99,756%	79%	91%	1.737,75	277.255,29
30 a 34 anos	99,725%	79%	91%	1.737,75	266.413,84
35 a 39 anos	99,680%	79%	91%	1.737,75	252.644,00
40 a 44 anos	99,576%	72%	96%	1.989,25	231.837,78
45 a 49 anos	99,402%	72%	96%	1.989,25	199.822,67
50 a 54 anos	99,188%	72%	96%	1.989,25	159.248,09
55 a 59 anos	98,851%	72%	96%	1.989,25	107.845,05
60 a 64 anos	98,313%	22%	98%	2.484,00	64.340,46
65 a 69 anos	97,463%	22%	98%	2.484,00	45.867,08
70 a 74 anos	96,102%	22%	98%	2.484,00	22.732,70

Tabela I.F. Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana de Belém.

Faixa Etária***	Prob. pessoa viva (%) (a)*	Prob. participação mercado (%) (b)*	Prob. estar empregado (%) (c)*	Renda real média mensal R\$ (2015)**	VPPF (r=8%)
15 a 19 anos	99,827%	15%	67%	502,75	202.061,10
20 a 24 anos	99,738%	67%	72%	920,50	243.592,29
25 a 29 anos	99,730%	82%	88%	1.543,50	262.163,79
30 a 34 anos	99,701%	82%	88%	1.543,50	256.515,49
35 a 39 anos	99,669%	82%	88%	1.543,50	249.348,48
40 a 44 anos	99,589%	77%	94%	1.840,00	234.713,93
45 a 49 anos	99,406%	77%	94%	1.840,00	206.789,25
50 a 54 anos	99,159%	77%	94%	1.840,00	171.432,08
55 a 59 anos	98,853%	77%	94%	1.840,00	126.670,73
60 a 64 anos	98,298%	33%	98%	2.191,75	85.889,21
65 a 69 anos	97,613%	33%	98%	2.191,75	61.228,09
70 a 74 anos	96,079%	33%	98%	2.191,75	30.325,13

Tabela I.G. Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana de Curitiba.

Faixa Etária***	Prob. pessoa viva (%) (a)*	Prob. participação mercado (%) (b)*	Prob. estar empregado (%) (c)*	Renda real média mensal R\$ (2015)**	VPPF (r=8%)
15 a 19 anos	99,877%	18%	80%	820,25	367.902,48
20 a 24 anos	99,838%	70%	88%	1.487,50	439.746,39
25 a 29 anos	99,847%	85%	94%	2.659,00	465.311,18
30 a 34 anos	99,831%	85%	94%	2.659,00	445.079,59
35 a 39 anos	99,789%	85%	94%	2.659,00	419.362,46
40 a 44 anos	99,719%	76%	97%	3.132,75	381.426,17
45 a 49 anos	99,592%	76%	97%	3.132,75	324.341,53
50 a 54 anos	99,388%	76%	97%	3.132,75	251.924,02
55 a 59 anos	99,126%	76%	97%	3.132,75	160.100,81
60 a 64 anos	98,720%	23%	99%	3.006,25	85.252,02
65 a 69 anos	97,962%	23%	99%	3.006,25	60.842,60
70 a 74 anos	96,898%	23%	99%	3.006,25	30.191,44

Tabela I.H. Cálculo do VPPF para a Região Metropolitana de Porto Alegre.

Faixa Etária***	Prob. pessoa viva (%) (a)*	Prob. participação mercado (%) (b)*	Prob. estar empregado (%) (c)*	Renda real média mensal R\$ (2015)**	VPPF (r=8%)
15 a 19 anos	99,877%	18%	80%	820,25	367.902,48
20 a 24 anos	99,838%	70%	88%	1.487,50	439.746,39
25 a 29 anos	99,847%	85%	94%	2.659,00	465.311,18
30 a 34 anos	99,831%	85%	94%	2.659,00	445.079,59
35 a 39 anos	99,789%	85%	94%	2.659,00	419.362,46
40 a 44 anos	99,719%	76%	97%	3.132,75	381.426,17
45 a 49 anos	99,592%	76%	97%	3.132,75	324.341,53
50 a 54 anos	99,388%	76%	97%	3.132,75	251.924,02

Faixa Etária***	Prob. pessoa viva (%) (a)*	Prob. participação mercado (%) (b)*	Prob. estar empregado (%) (c)*	Renda real média mensal R\$ (2015)**	VPPF (r=8%)
55 a 59 anos	99,126%	76%	97%	3.132,75	160.100,81
60 a 64 anos	98,720%	23%	99%	3.006,25	85.252,02
65 a 69 anos	97,962%	23%	99%	3.006,25	60.842,60
70 a 74 anos	96,898%	23%	99%	3.006,25	30.191,44

ANEXO II

Tabela II.A. Gastos anuais evitados pela redução das morbidades – entre 2021 e 2030 (R\$ de 2015)

Gastos evitados Internações	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total 2021-2030
São Paulo	6.817	8.708	10.788	13.043	15.496	46.297	56.282	68.977	83.422	83.422	393.251
Rio de Janeiro	2.217	2.848	3.556	4.336	5.177	18.139	22.513	27.645	33.494	33.494	153.420
Belo Horizonte	2.437	3.131	3.896	4.728	5.646	14.197	16.899	20.678	24.964	24.964	121.541
Salvador	503	646	805	977	1.167	2.935	3.494	4.277	5.164	5.164	25.131
Recife	565	725	903	1.096	1.308	3.291	3.917	4.794	5.788	5.788	28.173
Fortaleza	418	537	668	811	968	2.433	2.896	3.544	4.278	4.278	20.829
Belém	151	195	243	296	354	893	1.065	1.306	1.581	1.581	7.665
Curitiba	549	704	875	1.060	1.263	3.171	3.767	4.601	5.544	5.544	27.078
Porto Alegre	647	832	1.036	1.258	1.502	3.780	4.503	5.513	6.660	6.660	32.390
Produção sacrificada evitada	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total 2021-2030
São Paulo	1.877.583	2.468.370	3.146.948	3.915.494	4.787.211	14.718.844	18.413.996	23.224.141	28.905.010	28.905.010	130.362.608
Rio de Janeiro	647.576	856.138	1.100.104	1.380.256	1.695.973	6.115.144	7.810.429	9.870.274	12.306.454	12.306.454	54.088.801
Belo Horizonte	368.581	487.343	624.143	779.466	957.749	2.478.554	3.036.090	3.823.175	4.749.844	4.749.844	22.054.788
Salvador	66.177	87.526	112.128	140.073	172.161	445.664	546.072	687.835	854.799	854.799	3.967.232
Recife	56.759	75.054	96.131	120.065	147.540	381.854	467.793	589.118	731.977	731.977	3.398.268
Fortaleza	50.592	66.889	85.659	106.968	131.425	340.091	416.564	524.520	651.610	651.610	3.025.928
Belém	31.841	42.208	54.194	67.852	83.580	216.833	266.262	336.108	418.588	418.588	1.936.053
Curitiba	114.411	150.989	193.008	240.585	295.059	762.155	931.861	1.171.264	1.452.471	1.452.471	6.764.273
Porto Alegre	132.652	175.508	224.918	281.071	345.578	894.887	1.096.876	1.382.098	1.718.161	1.718.161	7.969.911
Total Morbidade	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total 2021-2030
São Paulo	1.884.400	2.477.078	3.157.736	3.928.537	4.802.707	14.765.141	18.470.278	23.293.118	28.988.432	28.988.432	130.755.860

Rio de Janeiro	649.793	858.986	1.103.660	1.384.591	1.701.151	6.133.283	7.832.942	9.897.919	12.339.948	12.339.948	54.242.221
Belo Horizonte	371.018	490.474	628.040	784.194	963.394	2.492.752	3.052.989	3.843.853	4.774.808	4.774.808	22.176.329
Salvador	66.680	88.172	112.932	141.049	173.327	448.599	549.566	692.112	859.963	859.963	3.992.364
Recife	57.323	75.779	97.034	121.161	148.849	385.145	471.710	593.912	737.764	737.764	3.426.442
Fortaleza	51.010	67.426	86.327	107.779	132.393	342.524	419.460	528.063	655.888	655.888	3.046.756
Belém	31.992	42.403	54.437	68.147	83.934	217.725	267.327	337.415	420.169	420.169	1.943.718
Curitiba	114.961	151.694	193.883	241.645	296.322	765.326	935.627	1.175.865	1.458.015	1.458.015	6.791.351
Porto Alegre	133.299	176.339	225.954	282.328	347.081	898.668	1.101.379	1.387.611	1.724.821	1.724.821	8.002.301

Tabela II.B. Gastos anuais evitados pela redução das morbidades – entre 2021 e 2030 (R\$ de 2015)

Gastos evitados Internações	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
São Paulo	130.790	164.810	204.973	250.673	301.448	356.763	416.231	479.516	546.313	622.682
Rio de Janeiro	54.856	72.025	92.781	116.579	142.972	171.565	202.050	234.171	267.722	305.211
Belo Horizonte	39.794	51.219	65.133	81.349	99.740	120.115	142.344	166.317	191.925	220.813
Salvador	8.237	10.605	13.490	16.853	20.669	24.898	29.514	34.494	39.816	45.821
Recife	9.227	11.878	15.106	18.868	23.136	27.865	33.024	38.590	44.535	51.243
Fortaleza	6.818	8.775	11.158	13.935	17.084	20.573	24.379	28.483	32.866	37.811
Belém	2.532	3.267	4.164	5.213	6.406	7.733	9.184	10.756	12.440	14.344
Curitiba	8.805	11.312	14.359	17.901	21.909	26.337	31.155	36.338	41.858	48.073
Porto Alegre	10.629	13.689	17.419	21.769	26.706	32.181	38.159	44.612	51.512	59.300
Produção sacrificada evitada	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
São Paulo	47.993.642	62.237.036	79.656.163	100.251.070	124.065.544	151.103.914	181.421.187	215.087.034	252.180.198	295.796.321
Rio de Janeiro	21.345.409	28.841.540	38.234.285	49.439.384	62.396.758	77.054.385	93.386.394	111.382.365	131.046.159	153.744.071
Belo Horizonte	8.018.560	10.620.999	13.899.463	17.865.020	22.541.320	27.936.064	34.069.429	40.965.632	48.648.907	57.600.160
Salvador	1.443.871	1.913.023	2.504.236	3.219.604	4.063.493	5.037.395	6.145.055	7.390.949	8.779.559	10.397.809
Recife	1.235.928	1.637.199	2.142.760	2.754.344	3.475.626	4.307.824	5.254.079	6.318.156	7.503.823	8.885.298
Fortaleza	1.099.885	1.456.760	1.906.307	2.450.026	3.091.143	3.830.698	4.671.440	5.616.673	6.669.702	7.896.436
Belém	710.041	942.715	1.236.611	1.593.128	2.014.797	2.502.731	3.059.168	3.686.722	4.388.020	5.206.991
Curitiba	2.443.029	3.230.013	4.219.360	5.413.333	6.817.990	8.434.530	10.267.912	12.324.280	14.609.740	17.267.264
Porto Alegre	2.904.134	3.849.030	5.040.204	6.482.109	8.183.770	10.148.437	12.383.895	14.899.412	17.704.279	20.974.093
Total Morbidade	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
São Paulo	48.124.432	62.401.846	79.861.135	100.501.743	124.366.992	151.460.677	181.837.417	215.566.549	252.726.511	296.419.002
Rio de Janeiro	21.400.265	28.913.565	38.327.066	49.555.964	62.539.731	77.225.951	93.588.443	111.616.536	131.313.881	154.049.283

Belo Horizonte	8.058.353	10.672.218	13.964.596	17.946.368	22.641.060	28.056.179	34.211.773	41.131.949	48.840.832	57.820.973
Salvador	1.452.108	1.923.628	2.517.726	3.236.457	4.084.161	5.062.293	6.174.569	7.425.442	8.819.374	10.443.630
Recife	1.245.156	1.649.077	2.157.865	2.773.212	3.498.762	4.335.689	5.287.103	6.356.745	7.548.359	8.936.542
Fortaleza	1.106.703	1.465.535	1.917.465	2.463.961	3.108.227	3.851.271	4.695.819	5.645.156	6.702.568	7.934.247
Belém	712.573	945.981	1.240.775	1.598.341	2.021.203	2.510.464	3.068.353	3.697.477	4.400.460	5.221.335
Curitiba	2.451.834	3.241.325	4.233.719	5.431.235	6.839.899	8.460.867	10.299.068	12.360.617	14.651.598	17.315.337
Porto Alegre	2.914.764	3.862.720	5.057.623	6.503.877	8.210.477	10.180.618	12.422.054	14.944.024	17.755.791	21.033.393

Tabela II.C. Gastos anuais evitados pela redução das morbidades – entre 2041 e 2050 (R\$ de 2015)

Gastos evitados Internações	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	Total 2031-2050
São Paulo	700.539	779.466	859.267	939.778	1.020.833	1.101.363	1.179.748	1.258.556	1.337.157	1.416.114	14.067.017
Rio de Janeiro	342.973	381.096	419.469	458.013	496.499	535.989	575.713	616.677	658.585	701.599	6.846.547
Belo Horizonte	250.781	281.512	312.917	344.917	377.497	409.873	441.680	473.654	505.633	537.803	5.115.015
Salvador	52.054	58.449	64.987	71.652	78.441	85.191	91.826	98.499	105.177	111.898	1.062.568
Recife	58.203	65.341	72.637	80.072	87.644	95.169	102.563	109.998	117.435	124.917	1.187.451
Fortaleza	42.940	48.199	53.573	59.048	64.622	70.160	75.601	81.069	86.538	92.039	875.669
Belém	16.327	18.368	20.461	22.602	24.791	26.974	29.129	31.304	33.487	35.691	335.172
Curitiba	54.501	61.072	67.767	74.566	81.468	88.302	94.990	101.692	108.372	115.070	1.105.847
Porto Alegre	67.387	75.689	84.181	92.843	101.671	110.453	119.092	127.785	136.489	145.253	1.376.820
Produção sacrificada evitada	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	Total 2031-2050
São Paulo	342.465.324	392.138.043	444.864.120	500.705.236	559.717.768	621.445.099	685.044.625	752.072.486	822.294.028	896.190.859	7.526.729.695
Rio de Janeiro	177.793.275	203.304.790	230.287.430	258.765.463	288.671.655	320.700.458	354.492.507	390.765.780	429.465.159	470.828.376	3.891.945.645
Belo Horizonte	67.320.959	77.769.892	88.961.225	100.912.277	113.658.189	126.997.110	140.834.565	155.424.905	170.746.899	186.894.939	1.511.686.514
Salvador	12.155.883	14.046.407	16.072.061	18.236.076	20.544.908	22.962.169	25.470.851	28.117.032	30.896.970	33.827.847	273.225.198
Recife	10.385.738	11.998.785	13.726.669	15.572.094	17.540.513	19.600.805	21.738.411	23.992.615	26.360.169	28.855.676	233.286.512
Fortaleza	9.228.521	10.660.265	12.193.609	13.830.911	15.576.974	17.404.119	19.299.391	21.297.636	23.395.931	25.607.198	207.183.628
Belém	6.099.216	7.061.365	8.095.141	9.202.530	10.387.159	11.630.971	12.925.604	14.294.701	15.736.700	17.260.698	138.035.008
Curitiba	20.145.751	23.231.695	26.528.289	30.039.620	33.775.046	37.673.560	41.706.381	45.948.049	50.391.268	55.062.860	449.529.969
Porto Alegre	24.528.036	28.351.473	32.450.038	36.830.489	41.506.102	46.403.583	51.488.723	56.854.835	62.494.574	68.442.915	551.920.132
Total Morbidade	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	Total 2031-2050
São Paulo	343.165.863	392.917.509	445.723.387	501.645.014	560.738.601	622.546.462	686.224.372	753.331.042	823.631.184	897.606.972	7.540.796.712
Rio de Janeiro	178.136.248	203.685.887	230.706.899	259.223.477	289.168.154	321.236.447	355.068.220	391.382.458	430.123.744	471.529.975	3.898.792.192
Belo Horizonte	67.571.740	78.051.404	89.274.142	101.257.194	114.035.686	127.406.983	141.276.245	155.898.559	171.252.532	187.432.741	1.516.801.529
Salvador	12.207.937	14.104.856	16.137.048	18.307.727	20.623.349	23.047.360	25.562.677	28.215.531	31.002.147	33.939.745	274.287.766
Recife	10.443.941	12.064.126	13.799.306	15.652.166	17.628.157	19.695.974	21.840.974	24.102.612	26.477.603	28.980.593	234.473.962

Fortaleza	9.271.461	10.708.464	12.247.182	13.889.959	15.641.596	17.474.280	19.374.992	21.378.705	23.482.469	25.699.237	208.059.297
Belém	6.115.542	7.079.732	8.115.602	9.225.133	10.411.950	11.657.945	12.954.733	14.326.004	15.770.187	17.296.389	138.370.180
Curitiba	20.200.252	23.292.767	26.596.056	30.114.186	33.856.514	37.761.862	41.801.371	46.049.740	50.499.639	55.177.930	450.635.816
Porto Alegre	24.595.423	28.427.162	32.534.219	36.923.333	41.607.773	46.514.036	51.607.814	56.982.620	62.631.063	68.588.168	553.296.951

Tabela II.D. Gastos anuais evitados pela redução das mortalidades – entre 2021 e 2050 (R\$ de 2015)

Produção Sacrificada evitada (Mortalidade)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total 2021-2030
São Paulo	353.328,33	451.817,59	560.307,23	678.136,16	806.523,12	2.412.247,47	2.935.758,08	3.602.020,23	4.361.381,44	5.416.364,96	21.577.885
Rio de Janeiro	46.146,20	59.336,34	74.156,66	90.494,60	108.152,45	379.302,47	471.219,27	579.234,01	702.493,08	878.172,61	3.388.708
Belo Horizonte	26.770,98	34.414,68	42.852,88	52.034,07	62.165,02	156.424,62	186.312,52	228.129,16	275.596,54	342.511,06	1.407.212
Salvador	24.842,33	31.935,36	39.765,66	48.285,41	57.686,49	145.155,40	172.890,11	211.694,17	255.741,89	317.835,72	1.305.833
Recife	30.628,10	39.373,10	49.027,07	59.531,08	71.121,67	178.962,08	213.156,19	260.997,72	315.304,15	391.859,62	1.609.961
Fortaleza	15.034,32	19.326,96	24.065,77	29.221,84	34.911,28	87.846,57	104.631,33	128.115,15	154.772,38	192.350,93	790.277
Belém	14.980,19	19.257,37	23.979,12	29.116,62	34.785,58	87.530,28	104.254,60	127.653,87	154.215,13	191.658,38	787.431
Curitiba	19.008,58	24.435,95	30.427,45	36.946,51	44.139,92	111.068,43	132.290,17	161.981,84	195.685,80	243.198,08	999.183
Porto Alegre	31.472,60	40.458,72	50.378,87	61.172,50	73.082,67	183.896,51	219.033,44	268.194,07	323.997,86	402.664,16	1.654.351
Produção Sacrificada evitada (Mortalidade)	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
São Paulo	6.854.161,81	8.647.585,39	10.768.395,54	13.186.109,89	15.877.617,84	18.815.979,48	21.981.968,88	25.358.924,87	28.931.850,03	33.023.055,02	
Rio de Janeiro	1.152.935,24	1.515.395,46	1.954.228,09	2.458.203,09	3.018.122,48	3.625.851,79	4.275.056,92	4.960.530,48	5.678.023,48	6.480.974,26	
Belo Horizonte	439.938,85	566.663,20	721.157,30	901.397,79	1.106.068,54	1.333.111,04	1.581.150,10	1.849.029,38	2.135.609,88	2.459.268,80	
Salvador	408.244,57	525.839,39	669.203,35	836.458,87	1.026.384,64	1.237.070,44	1.467.240,16	1.715.820,76	1.981.755,30	2.282.097,03	
Recife	503.324,68	648.307,32	825.060,73	1.031.270,04	1.265.429,50	1.525.184,00	1.808.960,21	2.115.435,20	2.443.305,86	2.813.597,14	
Fortaleza	247.065,45	318.232,63	404.995,04	506.216,37	621.157,51	748.662,41	887.958,77	1.038.397,21	1.199.338,08	1.381.101,83	
Belém	246.175,89	317.086,84	403.536,86	504.393,75	618.921,04	745.966,85	884.761,68	1.034.658,47	1.195.019,87	1.376.129,18	
Curitiba	312.376,14	402.356,06	512.053,74	640.032,50	785.357,84	946.568,10	1.122.686,87	1.312.893,06	1.516.377,96	1.746.190,18	
Porto Alegre	517.202,60	666.182,76	847.809,71	1.059.704,72	1.300.320,54	1.567.237,11	1.858.837,75	2.173.763,02	2.510.673,88	2.891.175,02	
Produção Sacrificada evitada (Mortalidade)	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	Total 2031-2050
São Paulo	37.205.832,27	41.458.545,65	45.771.369,59	50.136.143,27	54.544.506,20	58.939.810,76	63.235.338,72	67.568.880,32	71.907.015,34	76.280.383	750.493.474
Rio de Janeiro	7.291.789,85	8.112.434,67	8.940.597,42	9.774.696,30	10.609.862,01	11.468.901,31	12.335.421,03	13.231.107,41	14.149.740,09	15.094.966	146.128.838
Belo Horizonte	2.795.599,24	3.141.139,78	3.494.914,44	3.856.103,84	4.224.577,61	4.591.590,99	4.953.069,13	5.317.292,11	5.682.462,06	6.050.679	57.200.823
Salvador	2.594.197,39	2.914.844,35	3.243.132,21	3.578.300,64	3.920.228,66	4.260.801,48	4.596.237,85	4.934.221,31	5.273.083,52	5.614.773	53.079.935

Recife	3.198.385,64	3.593.711,24	3.998.457,30	4.411.686,41	4.833.249,42	5.253.141,62	5.666.701,07	6.083.400,84	6.501.184,02	6.922.454	65.442.246
Fortaleza	1.569.981,78	1.764.034,05	1.962.710,51	2.165.551,02	2.372.482,37	2.578.593,57	2.781.596,23	2.986.140,37	3.191.216,33	3.398.004	32.123.435
Belém	1.564.329,08	1.757.682,66	1.955.643,79	2.157.753,98	2.363.940,27	2.569.309,37	2.771.581,12	2.975.388,80	3.179.726,38	3.385.769	32.007.775
Curitiba	1.984.999,74	2.230.348,89	2.481.544,62	2.738.005,15	2.999.637,92	3.260.233,73	3.516.899,27	3.775.513,78	4.034.800,69	4.296.251	40.615.128
Porto Alegre	3.286.573,09	3.692.798,80	4.108.704,72	4.533.327,58	4.966.514,14	5.397.983,80	5.822.946,12	6.251.135,34	6.680.437,84	7.113.323	67.246.651

Tabela II.E. Gastos anuais evitados pela redução das morbidades e mortalidades – entre 2021 e 2050 (R\$ de 2015)

Cobenefícios totais	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total 2021-2030
São Paulo	2.237.728	2.928.895	3.718.043	4.606.673	5.609.231	17.177.389	21.406.036	26.895.139	33.349.813	42.417.796	160.346.743
Rio de Janeiro	695.939	918.322	1.177.817	1.475.086	1.809.303	6.512.586	8.304.161	10.477.153	13.042.441	16.735.353	61.148.162
Belo Horizonte	397.789	524.888	670.893	836.228	1.025.559	2.649.176	3.239.302	4.071.983	5.050.404	6.444.144	24.910.366
Salvador	91.522	120.107	152.698	189.335	231.014	593.754	722.456	903.806	1.115.705	1.417.056	5.537.453
Recife	87.951	115.153	146.061	180.692	219.970	564.107	684.866	854.910	1.053.069	1.334.650	5.241.429
Fortaleza	66.044	86.753	110.393	137.000	167.304	430.371	524.091	656.178	810.660	1.030.410	4.019.205
Belém	46.972	61.661	78.416	97.264	118.719	305.255	371.582	465.068	574.384	729.898	2.849.220
Curitiba	133.969	176.130	224.310	278.592	340.462	876.394	1.067.918	1.337.847	1.653.700	2.103.015	8.192.336
Porto Alegre	164.771	216.798	276.333	343.501	420.163	1.082.564	1.320.412	1.655.805	2.048.819	2.608.228	10.137.395
Cobenefícios totais	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
São Paulo	54.978.594	71.049.431	90.629.531	113.687.853	140.244.610	170.276.656	203.819.386	240.925.474	281.658.361	329.442.057	
Rio de Janeiro	22.553.200	30.428.960	40.281.294	52.014.167	65.557.853	80.851.803	97.863.500	116.577.067	136.991.905	160.530.257	
Belo Horizonte	8.498.292	11.238.881	14.685.754	18.847.766	23.747.129	29.389.290	35.792.923	42.980.978	50.976.442	60.280.242	
Salvador	1.860.353	2.449.468	3.186.929	4.072.916	5.110.546	6.299.363	7.641.809	9.141.263	10.801.130	12.725.727	
Recife	1.748.480	2.297.384	2.982.926	3.804.482	4.764.192	5.860.873	7.096.064	8.472.180	9.991.665	11.750.139	
Fortaleza	1.353.769	1.783.768	2.322.460	2.970.177	3.729.385	4.599.934	5.583.778	6.683.553	7.901.906	9.315.348	
Belém	958.749	1.263.068	1.644.312	2.102.735	2.640.124	3.256.430	3.953.114	4.732.136	5.595.480	6.597.465	
Curitiba	2.764.210	3.643.681	4.745.773	6.071.267	7.625.256	9.407.435	11.421.754	13.673.510	16.167.976	19.061.527	
Porto Alegre	3.431.966	4.528.902	5.905.433	7.563.582	9.510.797	11.747.855	14.280.892	17.117.787	20.266.465	23.924.568	
Cobenefícios totais	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	Total 2031-2050
São Paulo	380.371.696	434.376.054	491.494.757	551.781.157	615.283.107	681.486.273	749.459.711	820.899.922	895.538.200	973.887.355	8.291.290.186
Rio de Janeiro	185.428.038	211.798.321	239.647.496	268.998.173	299.778.016	332.705.349	367.403.641	404.613.565	444.273.484	486.624.942	4.044.921.030
Belo Horizonte	70.367.339	81.192.544	92.769.057	105.113.298	118.260.264	131.998.574	146.229.314	161.215.851	176.934.994	193.483.420	1.574.002.352

Salvador	14.802.134	17.019.700	19.380.180	21.886.028	24.543.577	27.308.161	30.158.915	33.149.753	36.275.231	39.554.518	327.367.701
Recife	13.642.327	15.657.837	17.797.764	20.063.853	22.461.406	24.949.115	27.507.675	30.186.013	32.978.787	35.903.047	299.916.208
Fortaleza	10.841.443	12.472.498	14.209.892	16.055.510	18.014.078	20.052.873	22.156.588	24.364.846	26.673.686	29.097.241	240.182.732
Belém	7.679.871	8.837.415	10.071.246	11.382.887	12.775.890	14.227.255	15.726.314	17.301.393	18.949.914	20.682.159	170.377.955
Curitiba	22.185.252	25.523.116	29.077.600	32.852.192	36.856.152	41.022.096	45.318.270	49.825.254	54.534.440	59.474.181	491.250.944
Porto Alegre	27.881.996	32.119.960	36.642.924	41.456.660	46.574.287	51.912.019	57.430.761	63.233.755	69.311.501	75.701.490	620.543.603

