



I N S T I T U T O
SAÚDEeSUSTENTABILIDADE

Avaliação dos impactos na saúde pública
e sua valoração devido à implementação progressiva
do componente biodiesel na matriz
energética de transporte.





Agradecemos à

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIODIESEL - APROBIO

o apoio para a realização desta pesquisa.

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE

Patrono

Paulo Hilário Nascimento Saldiva

Conselho Deliberativo

Alberto J. N. Ogata

Anie Lou Magano Lima

Dagoberto de Castro Brandão

Edilson Martins Ramos

Marcelo Pereira Binder

Rubens Naves

Tatiana Correa da Fonseca

Conselho Fiscal

Alcides Soares Luna

Flávia Bozzolla Vieira

Pedro Santos Corradino

Tomás Carmona

Suplente: Ruy Guilherme Cordéro da Silva

Conselho Consultivo

Flávio Francisco Vormittag

José Theodoro Alves de Araujo

Paulo Hilário Nascimento Saldiva

Direção Executiva

Evangelina Motta Pacheco Alves de Araujo Vormittag

Desenvolvimento Institucional

Paola Liguori

Gestão Ambiental

Julia Affonso Cavalcante

Voluntários

Maria Cristina Pacheco e Silva



INSTITUTO
SAÚDEeSUSTENTABILIDADE

Av. Brigadeiro Luís Antônio, 278, 7º andar – salas 10 e 11

Bela Vista • CEP 01318-901 • São Paulo - SP

Tel. 55 11 3759-0472

www.saudeesustentabilidade.org.br

www.fb.com/saudeesustentabilidade

AUTORES

Paulo Hilário Nascimento Saldiva

Paulo Afonso de André

Evangelina da M. P. A. de Araujo Vormittag

Cristina Guimarães Rodrigues

Julia Affonso Cavalcante

Luiza Perez Schrempp

RESUMO

Em relatório oficial da 68ª Assembleia Mundial da Saúde, em maio de 2015, a Organização Mundial de Saúde conclui que a redução da poluição atmosférica pode se constituir como um indicador sanitário das políticas dos objetivos do desenvolvimento sustentável e convida, oficialmente, seus Estados membros a se voltarem para iniciativas que monitorem e combatam a emissão de poluentes. Divulga a perda precoce de cerca 8 milhões de vidas no mundo pela poluição do ar: 3,7 milhões devido à poluição do ar externa e 4,3 milhões devido à poluição intradomiciliar. No Brasil, os veículos automotores estão dentre as atividades que mais contribuem para a poluição atmosférica. As graves consequências para o meio ambiente e para saúde da dependência por combustíveis oriundos do petróleo têm estimulado o desenvolvimento de fontes alternativas de energia. O biodiesel é um combustível derivado de fontes renováveis que pode substituir óleo diesel fóssil e, por isso, sua incorporação na matriz de transportes do mundo tem aumentado continuamente. No que concerne à produção brasileira do biodiesel, houve um crescimento exponencial de 69 milhões de litros em 2006 para 3,4 bilhões de litros em 2014, tornando o Brasil parte do grupo dos maiores mercados mundiais de biodiesel. O presente estudo visa estimar o impacto da implantação de diferentes aditivações de biodiesel no diesel para uso automotivo, considerando o possível desfecho em termo de saúde humana, uma vez que essa aditivação promove uma redução nas emissões de Material Particulado (MP) dos veículos movidos à diesel. O ambiente selecionado para essa simulação agrega seis Regiões Metropolitanas (RMs) brasileiras: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre, Curitiba e Recife. Utilizando-se o B5, (5% de aditivação de biodiesel ao diesel), estima-se, para todas as RMs, em 2015, 11.922 mortes e, em 2025, 13.954 mortes, com custo estimado em R\$ 1,8 bilhão e R\$ 2,1 bilhões, respectivamente. A legislação atual determina adição de 7% de biodiesel (B7), assim, em 2015, estima-se um benefício de 252 vidas salvas, que poderiam se transformar em 1.538 vidas salvas, se no lugar de B7 houvesse se optado por B20. O ganho em produtividade pelas vidas salvas seria de 37 milhões pela opção de B7 e 228 milhões pela opção de B20. Em relação às internações, para todas as RMs, utilizando-se B5 em 2015, contabiliza-se 22.796 internações públicas em um custo estimado em R\$ 65

milhões. Caso se introduzisse B7, evitar-se-iam 408 internações que saltariam para 2.800 se a opção pela aditivação fosse B20. A economia gerada pelas internações evitadas seria em torno R\$ 1,4 milhão no caso de B7 e R\$ 8,5 milhões no caso de B20. Durante 11 anos, entre 2015 a 2025, na RMSP e na RMRJ, somadas, contabiliza-se 108.025 mortes devido à poluição do ar com B5. Considerando a perda de produtividade, o custo destas mortes precoces, para as duas RMs mais populosas do país seria de, aproximadamente, R\$18 bilhões em valores de 2012. Com a introdução de B7 em 2015, estima-se 2.143 vidas salvas até 2025, que poderiam passar a 13.031 vidas salvas se já se tivesse adotado o B20. O que significa valores evitados em mortes estimados em R\$ 357 milhões no caso do benefício pela introdução de B7 e um salto para R\$ 2,2 bilhões se tivesse sido adotado o B20. Em relação às internações, nas RMSP e RMRJ seriam contabilizadas 239.635 internações públicas com custo público estimado em R\$ 549 milhões. Com a introdução de B7 em 2015, estima-se, até 2025, a redução de 4.539 internações públicas que poderiam passar a ser 28.169 internações evitadas caso o B20 já tivesse sido adotado. A adição de B7 e B20 representa uma economia de aproximadamente R\$ 11 milhões e R\$ 65,5 milhões respectivamente em relação ao B5. Diante das escassas políticas e iniciativas no combate à poluição atmosférica no Brasil e da significativa contribuição da adição do biodiesel à melhoria da qualidade do ar e consequente benefício em saúde, conclui-se na presente pesquisa que o uso do biodiesel deve ser ampliado no país e o quanto antes.

ABSTRACT

At the official 68th World Health Assembly report, in May 2015, the World Health Organization concluded that the reduction of air pollution-related health impacts can be a health-relevant indicator for sustainable development policies and invites officially its Member States to support the initiatives to monitor and combat the emission of pollutants. The WHO disclosed the early loss of about 8 million lives worldwide by air pollution: 3.7 million due to external air pollution and 4.3 million due to indoor air pollution. In Brazil, automotive vehicles are among the activities that contribute most to air pollution. Serious consequences for the environment and health of the dependence on oil derived fuels have spurred the development of alternative energy sources. Biodiesel is a fuel derived from renewable sources that can replace fossil diesel fuel and, therefore, their incorporation into the world's transportation matrix has steadily increased. Concerning the Brazilian production of biodiesel, there was an exponential increase of 69 million liters in 2006 to 3.4 billion liters in 2014, making Brazil in the group of the largest global markets for biodiesel. This study aims to estimate the impact of the implementation of different additions biodiesel in diesel for automotive use, given the possible outcome in terms of human health, since this addition promotes a reduction in emissions of PM from diesel powered vehicles. This study includes six Brazilian metropolitan areas: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre, Curitiba and Recife. Using the B5 (5% of biodiesel in diesel), it is estimated, for all this areas in 2015, 11,922 deaths and in 2025, 13,954 deaths, and the estimated cost of R\$ 1.8 billion and R \$ 2.1 billion, respectively. The current legislation requires addition of 7% biodiesel (B7), so in 2015, it is estimated a benefit of 252 lives saved, which could turn into 1,538 lives saved, if instead of B7 had been chosen by B20. The gain in productivity by the lives saved would be 37 million by the B7 option and 228 million by B20 option. Regarding hospitalizations for all metropolitan areas, using B5 in 2015, is counted 22,796 hospitalizations in a public hospital at a cost estimated at R\$ 65 million. If it were introduced B7, they would be prevented 408 hospitalizations that would jump to 2,800 if the option by adding it was B20. The economy generated by preventable hospitalizations would be around R\$ 1.4 million in the case of B7 and R\$ 8.5 million in the case of B20. For 11

years, from 2015 to 2025, in São Paulo and Rio de Janeiro metropolitan areas, together, if-accounts 108.025 deaths due to air pollution with B5. Considering the lost productivity, the cost of these premature deaths, to the two most populous metropolitan areas in the country would be approximately R\$ 18 billion with 2012's values. With the introduction of B7 in 2015, it was estimated 2.143 lives saved up to 2025 that could pass the 13.031 lives saved if he had already adopted the B20. Which means values avoided in estimated deaths is R\$ 357 million with the benefit by the introduction of B7 and a jump to R \$ 2.2 billion if it had been adopted B20. Regarding hospitalizations, in the metropolitans areas São Paulo and Rio de Janeiro would be recorded 239.635 public hospitalizations with a public cost estimated at R\$ 549 million. With the introduction of B7 in 2015, it is estimated up to 2025, a reduction of 4,539 public hospitalizations, that could turn out to be 28,169 hospitalizations avoided if he had already adopted the B20. The addition of B7 and B20 represents a saving of approximately R\$11 million and R\$ 65.5 million respectively compared to B5. Against the backdrop of lack of policies and initiatives to combat air pollution in Brazil and the importance of the contribution addition of biodiesel to improving air quality and consequent benefit in health, the use of biodiesel should be expanded in the country as soon as possible.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 - Fontes de dados oficiais utilizados, segundo Região Metropolitana	28
Tabela 2 - Média diária anual de $MP_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) resultante por Região Metropolitana.....	29
Tabela 3 - Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP	31
Tabela 4 - Parcela de diesel na emissão de MP_{10}	31
Tabela 5 - Valores da parcela diesel do $MP_{2,5}$ e da redução máxima que produzirá efeitos na saúde de acordo com as RMs e as diferentes misturas de biodiesel	33
Tabela 6 - Redução de $MP_{2,5}$ nas trocas de % de mistura de biodiesel no diesel.....	34
Tabela 7 - Mortes e internações hospitalares incluídas nas projeções.....	40
Tabela 8 - Parâmetro beta utilizado no cálculo do risco relativo de mortalidade e morbidade	43
Tabela 9 - Cenário estacionário de poluição - São Paulo.....	45
Tabela 10 - Cenário estacionário de poluição - Porto Alegre	46
Tabela 11 - Cenário estacionário de poluição - Curitiba.....	46
Tabela 12 - Cenário estacionário de poluição - Belo Horizonte.....	46
Tabela 13 - Cenário estacionário de poluição - Rio de Janeiro.....	47
Tabela 14 - Cenário estacionário de poluição - Recife.....	47
Tabela 15 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMSP.....	49
Tabela 16 - Custo de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada, ano a ano, 2015 a 2025 - RMSP.....	50
Tabela 17 - Total acumulado do número de mortes e os respectivos custos no período entre 2015 e 2025 - RMSP	50
Tabela 18 - Número de internações públicas atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMSP.....	53
Tabela 19 - Número de internações privadas atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMSP.....	54
Tabela 20 - Total acumulado do número de internações públicas e privadas - RMSP 2015 a 2025	55
Tabela 21 - Custo das internações públicas atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMSP.....	56

Tabela 22 - Custo de internações privadas atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 – RMSP.....	58
Tabela 23 - Total acumulado do custo das internações públicas e privadas - RMSP 2015 a 2025	59
Tabela 24 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMRJ	60
Tabela 25 - Custo de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMRJ	62
Tabela 26 - Total acumulado do número de mortes e os respectivos custos no período entre 2015 e 2025 – RMRJ.....	63
Tabela 27 - Número de internações públicas atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMRJ	64
Tabela 28 - Custo de internações públicas atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMRJ	66
Tabela 29 - Total acumulado do número e custo das internações públicas – RMRJ 2015 a 2025	67
Tabela 30 - Número de mortes e internações atribuíveis e evitáveis à poluição – São Paulo e Rio de Janeiro, 2015 a 2025.....	67
Tabela 31 - Custo das mortes e internações – São Paulo e Rio de Janeiro, 2015 a 2025	68
Tabela 32 - Número de mortes de 2015 a 2025 - RMSP e RMRJ.....	69
Tabela 33 - Custo de mortes de 2015 a 2025 - RMSP e RMRJ	69
Tabela 34 - Número de internações públicas de 2015 a 2025 - RMSP e RMRJ.....	69
Tabela 35- Custo de internações públicas de 2015 a 2025 - RMSP e RMRJ.....	69
Tabela 36 - Número de mortes em todas as Regiões Metropolitanas	88
Tabela 37 - Custos de morte em todas as Regiões Metropolitanas	88
Tabela 38 - Número de internações públicas em todas as Regiões Metropolitanas.....	89
Tabela 39 - Custo de internações públicas em todas as Regiões Metropolitanas.....	89
Gráfico 1 - MP ₁₀ : Evolução das concentrações médias anuais – RMSP.....	29
Gráfico 2 - Cálculo Ambiental: Porcentagem de alteração de emissão de MP segundo a mistura de Biodiesel.....	32

Gráfico 3 - Representação gráfica das concentrações de MP _{2,5} reduzidas nas trocas de % de mistura de biodiesel no diesel:.....	34
Gráfico 4 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025	48
Gráfico 5 - Custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhões)	49
Gráfico 6 - Número de anos de vida perdidos (YLL) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025.....	52
Gráfico 7 - Número de internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025	53
Gráfico 8 - Número de internações (suplementar) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025.....	54
Gráfico 9 - Custo das internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)	56
Gráfico 10 - Custo das internações (suplementar) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)	57
Gráfico 11 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMRJ 2015, 2018, 2022 e 2025.....	60
Gráfico 12 - Custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMRJ 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhões)	61
Gráfico 13 - Número de anos de vida perdidos (YLL) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMRJ 2015, 2018, 2022 e 2025	63
Gráfico 14 - Número de internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMRJ 2015, 2018, 2022 e 2025	64
Gráfico 15 - Custo das internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMRJ 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)	65
Gráfico 16 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMBH 2015, 2018, 2022 e 2025	71
Gráfico 17 - Custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMBH 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhões)	71
Gráfico 18 - Número de anos de vida perdidos (YLL) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMBH 2015, 2018, 2022 e 2025	72

Gráfico 19 - Número de internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMBH 2015, 2018, 2022 e 2025	73
Gráfico 20 - Custo das internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMBH 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)	74
Gráfico 21 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMPA 2015, 2018, 2022 e 2025	75
Gráfico 22 - Custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMPA 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhões).....	76
Gráfico 23 - Número de anos de vida perdidos (YLL) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMPA 2015, 2018, 2022 e 2025	77
Gráfico 24 - Número de internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMPA 2015, 2018, 2022 e 2025	78
Gráfico 25 - Custo das internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMPA 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)	78
Gráfico 26 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMC 2015, 2018, 2022 e 2025	79
Gráfico 27 - Custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMC 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)	80
Gráfico 28 - Número de anos de vida perdidos (YLL) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMC 2015, 2018, 2022 e 2025	81
Gráfico 29 - Número de internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMC 2015, 2018, 2022 e 2025	82
Gráfico 30 - Custo das internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMC 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)	83
Gráfico 31 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMR 2015, 2018, 2022 e 2025	84
Gráfico 32 - Custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMR 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)	85
Gráfico 33 - Número de anos de vida perdidos (YLL) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMR 2015, 2018, 2022 e 2025	86
Gráfico 34 - Número de internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMR 2015, 2018, 2022 e 2025	87

Gráfico 35 - Custo das internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMR 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)87

Figura 1 - Fontes de Biodiesel de acordo com as regiões brasileiras21

Figura 2 - Esquema visual da hipótese de intervenção.....25

Figura 3 - Fontes poluidoras e de exposição, segundo grupos populacionais e resultados de saúde35

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	16
OBJETIVO	23
METODOLOGIA.....	24
DESENHO DO ESTUDO.....	25
METODOLOGIA AMBIENTAL	26
Poluente estudado	26
Concentração de Material Particulado e Fontes.....	27
Cálculo ambiental: determinação do MP_{10} por RM	27
Cálculo ambiental: $MP_{2,5}$ por RM.....	28
Cenários	30
Cálculo ambiental: parcela diesel de emissão de MP_{10}	31
Cálculo ambiental: fonte diesel de emissão de $MP_{2,5}$	32
Cálculo ambiental: concentrações finais de MP segundo as frações da mistura de biodiesel.....	33
METODOLOGIA EPIDEMIOLÓGICA.....	35
Cálculo de mortes e internações públicas atribuíveis ao $MP_{2,5}$	36
O método DALY	37
Banco de dados	39
Hipóteses e parâmetros utilizados	41
METODOLOGIA ECONÔMICA	43
Valoração das internações hospitalares.....	43
Valoração da morte.....	44
Banco de dados	45

RESULTADOS.....	45
AMBIENTAL	45
EPIDEMIOLOGICO E ECONÔMICO.....	47
Região Metropolitana de São Paulo.....	48
Região Metropolitana do Rio De Janeiro	59
Regiões Metropolitanas SP e RJ	67
Região Metropolitana de Belo Horizonte.....	70
Região Metropolitana de Porto Alegre.....	74
Região Metropolitana de Curitiba.....	79
Região Metropolitana de Recife.....	83
RESULTADOS SOMADOS DAS 6 REGIÕES METROPOLITANAS	88
 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	 90
 REFERÊNCIAS.....	 93

Avaliação dos impactos na saúde pública e sua valoração devido à implementação progressiva do componente biodiesel na matriz energética de transporte.

INTRODUÇÃO

O crescimento e desenvolvimento da sociedade atual tem se dado sobre o agravamento das questões socioambientais. Cada vez mais, as externalidades provenientes de atividades antrópicas têm resultados em impactos que provocam a diminuição da qualidade de vida em diferentes aspectos. Dentre os desequilíbrios ambientais contemporâneos que atingem a saúde humana está a poluição atmosférica.

Reconhecendo a poluição atmosférica como uma ameaça cada vez maior à saúde pública global, em relatório oficial da 68ª Assembleia Mundial da Saúde, em maio de 2015, a Organização Mundial de Saúde - OMS concluiu que, a nível regional e mundial, a redução da poluição atmosférica pode constituir como um indicador sanitário das políticas dos objetivos do desenvolvimento sustentável e convida, oficialmente, seus Estados membros a se voltarem para iniciativas que monitorem e combatam a emissão de poluentes. Também foi divulgada a perda precoce de cerca 8 milhões de vidas no mundo pela poluição do ar: 3,7 milhões devido à poluição do ar externa e 4,3 milhões devido à poluição intradomiciliar, ou seja, uma em cada oito mortes no mundo relacionada à exposição ao ar contaminado (WHO, 2015). Esses dados colocam o ar tóxico como líder ambiental em morte e adoecimento por complicações cardiorrespiratórias e ultrapassam estimativas anteriores (OECD, 2012).

Neste cenário, a Agência Internacional de Pesquisas sobre o Câncer (IARC), vinculada à OMS, anunciou, em 2013, a classificação do poluente material

particulado e a poluição do ar exterior como substâncias carcinogênicas do Grupo I. Isso significa que o risco de desenvolver câncer de pulmão ou bexiga é significativamente maior em pessoas expostas à poluição atmosférica (IARC, 2013). A partir da avaliação da IARC, Hamra e colaboradores, em 2014, decidiu-se conduzir uma revisão sistemática e quantitativa da literatura por meio da metodologia de meta-análise sobre a incidência de câncer de pulmão associado à exposição do material particulado MP_{10} e $MP_{2,5}$. Foram analisados 17 estudos de coorte e um caso-controle. (HAMRA et al., 2014). O meta-risco relativo (95% IC) para câncer de pulmão associado com $MP_{2,5}$ foi de 1,09 (95% IC; 1,04 -1,14). As estimativas tornaram-se mais robustas quando a análise foi restrita aos estudos que consideraram potenciais confundidores, como tabagismo. O meta-risco relativo aumenta para 1,44 (95% IC; 1,04 -1,22) em indivíduos fumantes.

No Brasil, os dados são alarmantes. O Instituto Saúde e Sustentabilidade avaliou os dados ambientais de poluição atmosférica dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, durante o período de 2006 a 2011 e 2006 a 2012, respectivamente, estimou o impacto em saúde pública (mortalidade e internações) e sua valoração em gastos públicos e privados. As médias anuais de $MP_{2,5}$ de ambos os Estados situam-se 2 a 2,5 vezes acima do padrão da OMS ($10 \mu g/m^3$) em todos os anos analisados. Sob o prisma das cidades, em 2011, no Estado de São Paulo, os 29 municípios estudados, sem exceção, apresentam média anual de $MP_{2,5}$ acima do padrão da OMS e 12 municípios apresentam níveis acima da cidade de São Paulo: Cubatão, Osasco, Araçatuba, Guarulhos, Paulínia, São Bernardo, Santos, São José do Rio Preto, São Caetano, Americana, Taboão da Serra e Mauá (em ordem decrescente). Ao interpretar os dados por regiões metropolitanas no Estado, observou-se níveis de poluição similares aos da Região Metropolitana de São Paulo, com exceção da Baixada Santista, muito mais alta (VORMITTAG et al., 2013).

No Estado do Rio de Janeiro, em 2012, todos os 15 municípios apresentam média anual de $MP_{2,5}$ acima do padrão da OMS, sendo 6 deles mais poluídos que a cidade do Rio de Janeiro: Duque de Caxias, Itaboraí, Nova Iguaçu, Macuco, Resende e Porto Real. A Região Metropolitana do Rio de Janeiro apresenta os maiores níveis de poluição por $MP_{2,5}$ que as demais regiões e, inclusive, acima da média do Estado

(VORMITTAG et al., 2014). Em relação à mortalidade atribuível à poluição no Estado de SP, contabiliza-se 17.443 mortes e o DALY de 159.422 anos, e no Estado do Rio de Janeiro contabiliza-se 5.171 mortes e o DALY de 79.149 anos.

Bell et al. (2005) mostrou que a redução de 10% de poluentes entre 2000 e 2020 na cidade de São Paulo acarretaria a redução de 114 mil mortes, 138 mil visitas de crianças e jovens a consultórios, 103 mil visitas a prontos-socorros por doenças respiratórias, 817 mil ataques de asma, 50 mil casos de bronquite aguda e crônica e evitaria 7 milhões de dias restritivos de atividades e 2,5 milhões de absenteísmo em trabalho.

Dentre as medidas a serem tomadas para reduzir os efeitos negativos da poluição do ar, ressalta-se, primeiramente, a importância de se agir diretamente nas fontes de emissão de poluentes. A maioria delas (tanto internas, quanto externas) são diretamente influenciadas pelas tecnologias energéticas e de combustíveis utilizados e, portanto, a prevenção de doenças associadas à poluição atmosférica depende da aplicação de políticas setoriais específicas que objetivem a diminuição da poluição na sua fonte.

No Brasil, os veículos automotores (fontes móveis) estão dentre as atividades antrópicas que mais contribuem para a poluição atmosférica. Nas regiões metropolitanas do país o dano ocasionado pela poluição do ar tem se tornado uma ameaça cada vez mais grave à saúde e qualidade de vida de seus habitantes. Dentre poluentes originários de fontes móveis estão, principalmente: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos (HC), óxidos de enxofre (SOx) e o material particulado (MP) (CETESB, s/d).

O Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos – PROCONVE, é um programa de âmbito nacional que se iniciou no final da década de 80 e que tem contribuído com a redução da emissão de poluentes primários. O PROCONVE estabeleceu limites para as emissões de gases poluentes e resultou em uma série de mudanças tecnológicas nos veículos. Apesar de ainda permanecerem como um dos grandes responsáveis pela poluição nas cidades, os veículos diminuíram em 95% e os caminhões em 85% a poluição emitida em relação aos níveis de 1986. E

com a redução de 40% da concentração dos poluentes no ar, entre 1990 e 2005, preveniu-se 50 mil mortes e economizou-se cerca de US\$ 4,5 bilhões devido aos gastos evitados com saúde. Entretanto, com a mudança a cada dia do uso e ocupação dos territórios e com a expansão da frota de veículos, a ação do PROCONVE fica isolada e se torna insuficiente. São necessárias mudanças enfáticas nas tecnologias de combustíveis e motores que circulam hoje no país.

O uso do diesel, por exemplo, como combustível para os transportes terrestres de cargas e passageiros tem sido, desde sua criação em 1893, a tecnologia dominante. Quase cem por cento dos veículos pesados utilizam este tipo de combustível devido à sua alta eficiência “até 50% maior do que os propulsores a combustão interna a gasolina e confiabilidade neste tipo de serviço” (REINOSO, 2015). Entretanto, devido a sua alta toxicidade, as emissões de diesel têm sido submetidas a regulamentações cada vez mais restritivas.

Altos investimentos em combustíveis com baixo teor de enxofre e novas tecnologias de motores são uma prática atual nos países desenvolvidos, em contrapartida, os países em desenvolvimento encontram-se mais atrasados. No Brasil, houve atraso na implementação das regulamentações mais restritivas (uso de tecnologias mais limpas) para diminuição da toxicidade do diesel.

Nessa ocasião, em 2009, estudo realizado por André et al (2012) apontou que o atraso na implementação de políticas mais limpas de diesel levaria a um excesso de quase 14 mil mortes até 2040 e mais de 18 mil internações na rede pública de saúde nas mesmas seis regiões metropolitanas analisadas neste estudo, a um custo estimado da ordem de US\$ 11,5 bilhões até 2040. O estudo considerou apenas as internações hospitalares por doenças cardiovasculares e respiratórias para determinados grupos etários, e mortalidade geral. O trabalho chama a atenção para a importância de políticas intersetoriais (como do setor ambiental) sobre o setor de saúde da população, principalmente residente em áreas urbanas.

O PROCONVE está atualmente na sua sétima fase, P7, que entrou em vigor apenas em 2012. Nessa nova etapa o programa passa a estabelecer limites e padrões muito mais rígidos para veículos a diesel. Dentre as exigências para

atender aos novos limites de emissões estão: a necessidade de modificações nos motores, a implantação de sistemas de pós-tratamento dos gases de escapamento e a utilização de diesel com reduzido teor de enxofre (IBAMA, s/d).

Contudo, as graves consequências para o meio ambiente, para saúde e, cada vez mais, para a economia da dependência por combustíveis oriundos do petróleo tem estimulado o desenvolvimento e a implementação de fontes alternativas de energia. O biodiesel é um combustível derivado de fontes renováveis que tem capacidade de substituir óleo diesel fóssil total ou parcialmente, e, por isso, sua incorporação na matriz de transportes do mundo tem aumentado continuamente (PINTO et al., 2005).

O biodiesel é um combustível de fonte renovável formado por ésteres de ácidos graxos, ésteres alquila (metila, etila ou propila) de ácidos carboxílicos de cadeia longa. Biodegradável, ele é geralmente obtido a partir da reação química de lipídios, óleos ou gorduras, de origem vegetal ou animal, com um álcool na presença de um catalisador (transesterificação). Pode resultar, também, de processos de craqueamento e esterificação.

Atualmente o biodiesel é produzido no Brasil, em todas as suas regiões, em diferentes escalas e por meio de variados tipos de matéria prima. No Norte, as fontes mais utilizadas são o óleo de palma e soja; no Nordeste utiliza-se a mamona, palma, babaçu, soja e semente de algodão; o Centro-Oeste e o Sudeste produzem também com sementes de algodão, soja, mamona e girassol e, o Sul, além das anteriores, utiliza-se também a colza (PINTO et al., 2005).

A figura abaixo ilustra as informações supracitadas:

Figura 1 - Fontes de Biodiesel de acordo com as regiões brasileiras



Fonte: (PINTO et al., 2005).

O biodiesel é feito para ser usado em motores diesel padrão e, portanto, distinto dos óleos vegetais e resíduos usado para motores a combustível diesel convertidos. Ele substitui total ou parcialmente o óleo diesel de petróleo em motores ciclo diesel de caminhões, tratores, camionetes, automóveis, locomotivas, etc., ou estacionários (geradores de eletricidade, calor, etc).

Depois de produzido, o biodiesel pode ser utilizado puro ou misturado com o óleo diesel comum em diferentes proporções. Essa característica é bastante interessante na medida em que proporciona o estabelecimento gradual dele na matriz energética possibilitando tempo para as devidas adaptações (SILVA & FREITAS, 2008).

No Brasil, atualmente o biocombustível é misturado na proporção de 7% por litro de todo o óleo diesel mineral comercializado no país, à exceção do náutico. Em dezembro de 2004, o governo federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) (ANP, 2015) e a introdução do óleo na matriz energética veicular ocorreu em 2005. Até janeiro de 2008 o blend (B) foi de 2%, em regime autorizativo. A partir de então, a mistura passou a ser obrigatória. Em julho do mesmo ano subiu para 3% (B3) e, no mesmo mês de 2009, passou para B4. Em janeiro de 2010 chegou a B5, onde ficou até julho de 2014, quando subiu 1% e, em novembro, veio para os atuais 7%.

Alguns indicadores demonstram o êxito proporcionado pelo PNPB. No que concerne à produção brasileira desse combustível renovável, houve um crescimento exponencial de 69 milhões de litros em 2006 para 2,7 bilhões de litros em 2014. Neste ano de 2015, o país deve se tornar o segundo maior produtor mundial, com um volume de processamento projetado para 4,2 bilhões de litros, atrás apenas dos Estados Unidos, que devem fechar o ano com 4,5 bilhões. Atualmente existem 57 usinas de produção de biodiesel autorizadas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) a operar no país. Juntas elas correspondem a uma capacidade total autorizada de 20.606,51 m³/dia, o que corresponde a 20,6 bilhões de litros/ano.

O combustível composto de diesel fóssil com a mistura de biodiesel já é vendido em mais de 30 mil postos de abastecimento.

A progressiva substituição do diesel por biodiesel pode ser providencial uma vez que seu uso como combustível gera uma significativa diminuição das emissões de gases poluentes para a atmosfera. Um estudo realizado na Índia por Barnwal & Sharma, 2005, analisou as emissões de gases poluentes dos processos de combustão do biodiesel e do óleo diesel comum (oriundo do petróleo) e concluíram que as emissões poluentes do primeiro são de 15% até 70% menores do que a do diesel fóssil (apud SILVA & FREITAS, 2008).

Há quase duas décadas, o Departamento de Agricultura (USDA) e o Departamento de Energia (USDE) dos Estados Unidos, realizaram uma pesquisa

comparando-se o biodiesel ao diesel do petróleo, desde a produção agrícola da matéria prima e extração, até o processo de combustão. Neste estudo, concluíram que as emissões dos diferentes poluentes com o B20 foram de 2,5% a 15% menores que daquelas do diesel fóssil e, com B100 (ou seja, biodiesel puro), foram de 13% a 78% menores (SILVA & FREITAS, 2008).

Diante desse cenário de significativa contribuição da adição do biodiesel ao diesel fóssil na redução da poluição atmosférica é que o presente estudo se insere - na avaliação dos benefícios do biodiesel, seus impactos positivos em saúde e sua respectiva valoração econômica.

A poluição atmosférica é uma problemática global e, portanto, todas as populações estão expostas a ela em algum nível, mesmo que existam regiões mais ou menos impactadas. Desta maneira, resultados de estudos científicos são fundamentais, pois constroem evidências dos fatos e fundamentam as tomadas de decisão dos gestores públicos e profissionais de saúde pública em todo o mundo.

OBJETIVO

Avaliar o impacto da implementação progressiva do componente biodiesel na matriz energética de transporte em seis regiões metropolitanas brasileiras, em termos de saúde (mortalidade e morbidade) com sua respectiva valoração econômica.

METODOLOGIA

O presente estudo visa estimar o impacto da implantação de diferentes aditivações de biodiesel no diesel para uso automotivo, considerando o possível desfecho em termo de saúde humana, uma vez que essa aditivação promove uma redução nas emissões de Material Particulado dos veículos movidos a diesel (GIAKOUMIS et al., 2012).

O ambiente selecionado para essa simulação agrega as maiores Regiões Metropolitanas brasileiras, não só por conterem parcela significativa da população urbana brasileira, como também pela relevante contribuição da fonte diesel à composição de sua poluída atmosfera urbana.

Assim, foram selecionadas para este estudo seis Regiões Metropolitanas: São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Belo Horizonte, Curitiba e Porto Alegre, que juntas abrigam 25% da população brasileira (190.732.694 hab).

Como indicador ambiental desse cenário de intervenção, foi selecionado o Material Particulado Inalável Fino (MP_{2,5}), capaz de chegar aos pontos mais profundos do pulmão, e que constitui uma fração estável e conhecida do Material Particulado Inalável (MP₁₀) - poluente regularmente monitorado conforme determina a legislação ambiental brasileira (CONAMA,1990).

Reforça essa seleção o fato deste poluente ser também o recomendado pela Organização Mundial da Saúde, OMS (WHO, 2005) para estudos de avaliação de impacto ambiental em saúde, além de dispor de extensas bases de dados já disponíveis.

Em termos de impacto em saúde serão utilizados os desfechos que possuem notificação compulsória em saúde e, portanto, dispõe de fontes de dados bem conhecidas e controladas, ou cujo registro são extensivamente utilizados e conhecidos em todo o Brasil: a mortalidade no primeiro caso e morbidade no outro, representada pelas Internações Hospitalares.

DESENHO DO ESTUDO

Este estudo simula diferentes aditivações de biodiesel ao diesel automotivo, que promoverá correspondentemente diferentes emissões de material particulado ao ambiente atmosférico.

Desse modo será possível inferir o impacto da aditivação em termos da concentração ambiental do material particulado: quanto maior a aditivação, menor será a concentração ambiental desse poluente.

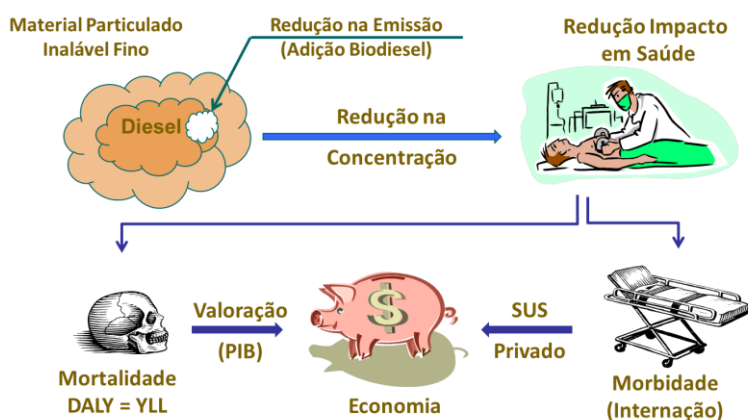
Uma vez conhecida a variação ambiental decorrente da aditivação simulada por meio de estudos epidemiológicos, poderemos estimar a correspondente variação dos desfechos em saúde, pela redução na quantidade de mortes e internações hospitalares em cada Região Metropolitana.

Para associar um valor monetário a cada um dos desfechos em saúde acima estimados, pode-se considerar, no caso das Internações Hospitalares, os próprios custos registrados pelo sistema público (SUS) e privado de saúde, enquanto para as mortes aplica-se metodologia internacional desenvolvida pela OMS para esse fim.

O desenho assim descrito permite, a partir de uma hipótese de intervenção - neste caso de diferentes aditivações de biodiesel, associar um valor econômico de benefício.

A figura abaixo indica a estrutura acima descrita.

Figura 2 - Esquema visual da hipótese de intervenção



Em resumo, o desenho do estudo aqui proposto, utilizará várias metodologias, envolvendo três áreas do conhecimento científico:

1. Ambiental, para estimar a concentração de material particulado, poluente envolvido neste estudo, em seis regiões metropolitanas, baseado em cenários de aditivção de diferentes graduações do biodiesel (aumento percentual do biocombustível por litro de diesel mineral);
2. Epidemiológica, a partir dos resultados ambientais, estimar o impacto dos efeitos do biodiesel na saúde, estudadas pelo número de internações devido às doenças relacionadas à poluição atmosférica (doenças respiratórias, cardiocerebrovasculares e câncer de pulmão) e mortalidade. De forma complementar, calcular o DALY (Disability Adjusted Life Years), metodologia epidemiológica adotada pela Organização Mundial de Saúde para estimar a gravidade de doenças;
3. Econômica, que valora economicamente as internações hospitalares e a mortalidade.

A seguir serão descritas cada uma dessas metodologias.

METODOLOGIA AMBIENTAL

Poluente estudado

Os efeitos ambientais são baseados na medida de emissão de $MP_{2,5}$. Calcula-se o valor da redução da concentração de $MP_{2,5}$ nos cenários determinados.

Materiais particulados são misturas de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar. Sua composição e tamanho dependem da fonte de emissão: partículas grandes, com diâmetro entre 2,5 e 30 μm , emitidas por combustões descontroladas, dispersão mecânica, solo (poeiras ressuspensas do solo) e materiais da crosta terrestre, como pólen, esporos e cinzas vulcânicas; partículas

pequenas, menores que $2,5\ \mu\text{m}$, pela combustão de fontes móveis e estacionárias, como automóveis, incineradores, termoeletricas, fogões a gás e tabaco.

Denominam-se $\text{MP}_{2,5}$ as partículas inaláveis finas menores ou iguais a $2,5\ \mu\text{m}$ que atingem as vias respiratórias inferiores e alcançam os alvéolos. Apresentam a importante característica de transportar gases adsorvidos em sua superfície até onde ocorre a troca gasosa nos pulmões. A presença no ar de elementos particulados em quantidades acima dos padrões de qualidade do ar pode, mesmo em seres humanos menos suscetíveis, afetar a respiração, agravar doenças cardiovasculares preexistentes ou afetar o sistema imunológico. No entanto, a sua periculosidade aos seres humanos depende do tamanho da partícula inalada e da suscetibilidade individual.

Concentração de Material Particulado e Fontes

O estudo utiliza como base de cálculo o B5 (5% de adição de biodiesel ao diesel utilizado em transporte) em 2012. Determinou-se o ano 2012 por duas razões: presença de B5 durante todo o ano e, por disponibilidade, em 2012, dos dados de mortalidade e internações.

A análise foi realizada para seis Regiões Metropolitanas (RM): São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre, Curitiba, e Recife.

Cálculo ambiental: determinação do MP_{10} por RM

O valor da concentração de material particulado determinado para o estudo é a média diária anual de MP_{10} de 2012, disponibilizada no Relatório de Monitoramento de Qualidade do Ar de cada cidade estudada ou, na ausência deste, outra fonte.

Tabela 1 - Fontes de dados oficiais utilizados, segundo Região Metropolitana

REGIÃO METROPOLITANA	FONTES	INSTITUIÇÃO RESPONSÁVEL
São Paulo	Relatório de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo	CETESB
Rio de Janeiro	Relatório de Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro	INEA
Recife	Dados sistematizados pelo LPAE - FMUSP	LPAE
Belo Horizonte	Monitoramento da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de BH - Ano base 2011	FEAM-MG
Curitiba	Relatório de Qualidade do Ar da Região Metropolitana de Curitiba - Ano 2009	Instituto Ambiental do Paraná
Porto Alegre	Diagnóstico da qualidade do ar no Rio Grande do Sul no período de 2003 a 2012	FEPAM-RS



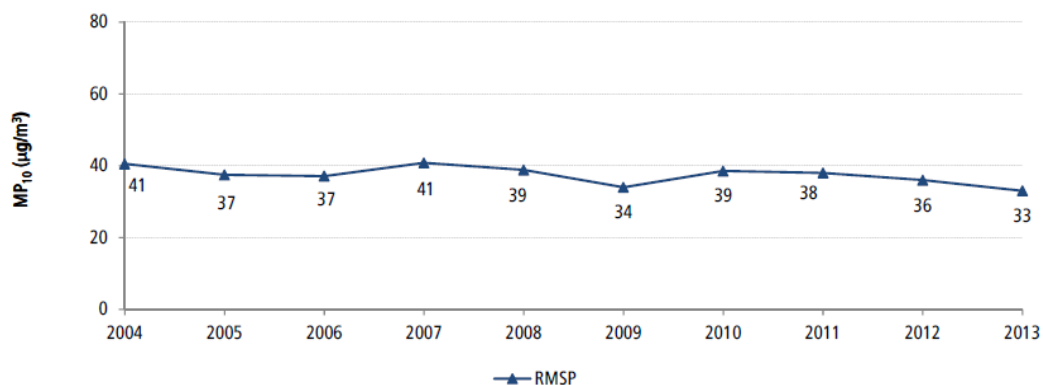
Cálculo ambiental: MP_{2,5} por RM

Para a aferição da concentração de MP_{2,5}, utiliza-se da taxa (0,6) prevista pela CETESB:

“Quanto à relação MP_{2,5}/MP₁₀ as medições realizadas pela CETESB na RMSP, desde 1987, mostraram que o MP_{2,5} corresponde a cerca de 60% do material particulado inalável (MP₁₀). (CETESB, 2014).

Em caso de indisponibilidade do dado para o ano de 2012 (ano base), calculou-se o valor a partir da tendência observada na RMSP disposta no relatório da CETESB, 2014.

Gráfico 1 - MP₁₀: Evolução das concentrações médias anuais – RMSP



Fonte: (CETESB, 2014 p. 56)

De acordo com as premissas descritas acima, os valores determinados de MP_{2,5} para as RMs abaixo são:

Tabela 2 - Média diária anual de MP_{2,5} (µg/m³) resultante por Região Metropolitana

Região Metropolitana	Média diária anual de MP _{2,5} (µg/m³) = 0,6 MP ₁₀				
	2008	2009	2010	2011	2012
São Paulo	23.4	20.4	23.4	22.8	21.6
Porto Alegre					22.1
Curitiba		17.6	20.2	19.6	18.6
Belo Horizonte				20.2	19.2
Rio de Janeiro					24.8
Recife	11.1	9.7	11.1	10.8	10.2

Legenda

	Valor mais recente de MP disponível em Relatório oficial de órgão ambiental ou outra fonte
Vermelho	Cálculo segundo comportamento da poluição por MP na RMSP - Relatório CETESB, 2013

Cenários

O estudo envolve análise de dados para 5 cenários:

a) 2015: Cenário 1

Participação de Biodiesel até 20% na adição de biodiesel na mistura ao diesel utilizado no transporte a diesel. Simulação: B7, B10, B15 e B20, para todas as RMs;

b) 2018: Cenário 2

Participação de Biodiesel até 10% na adição de biodiesel na mistura ao diesel utilizado no transporte a diesel. Simulação: B7 e B10, para todas as RMs;

c) 2022: Cenário 3

Participação de Biodiesel até 15% na adição de biodiesel na mistura ao diesel utilizado no transporte a diesel. Simulação: B7 e B15, para todas as RMs;

d) 2025: Cenário 4

Participação de Biodiesel até 20% na adição de biodiesel na mistura ao diesel utilizado no transporte a diesel. Simulação: B7 e B20, para todas as RMs; e

e) 2015-2025: Cenário 5

Definiu-se o mesmo cenário (Cenário 1) para os anos 2015 a 2025, porém apenas para as RMs de SP e RJ:

Participação de Biodiesel até 20% na adição de biodiesel na mistura ao diesel utilizado no transporte a diesel. Simulação: B7, B10, B15 e B20

Cálculo ambiental: parcela diesel de emissão de MP₁₀

Para a aferição da participação diesel na concentração de material particulado presente na atmosfera, utiliza-se a tabela abaixo, retirada do Relatório de Qualidade de Ar (CETESB, 2013):

Tabela 3 - Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP

Categoria		Combustível	Poluentes (%)				
			CO	HC	NO _x	MP ₁₀ ¹	SO _x
Automóveis		Gasolina	41,53	20,25	10,21	1,00	14,47
		Etanol	9,49	4,33	1,44	nd	nd
		Flex	14,01	7,81	2,47	0,49	7,80
Evaporativa		-	-	21,54	-	-	-
Comerciais Leves		Gasolina	4,95	2,41	1,21	0,16	2,72
		Etanol	0,88	0,42	0,14	nd	nd
		Flex	1,07	0,60	0,19	0,05	0,86
		Diesel	0,30	0,29	2,98	1,56	0,68
Evaporativa		-	-	2,32	-	-	-
Caminhões	Leves	Diesel	0,15	0,18	1,54	1,26	0,27
	Médios		0,40	0,48	4,03	3,30	0,69
	Pesados		3,10	2,91	31,72	16,46	6,84
Ônibus	Urbanos	Diesel	1,83	1,86	18,61	11,65	0,63
	Rodoviários		0,42	0,44	4,34	2,71	0,87
Motocicletas		Gasolina	18,74	10,84	0,97	1,34	0,92
		Flex	0,11	0,09	0,02	0,01	0,02
OPERAÇÃO DE PROCESSO INDUSTRIAL (2008)			3,03	13,49	20,14	10,00	63,22
BASE DE COMBUSTÍVEL LÍQUIDO (2009)			-	9,76	-	-	-
RESSUSPENSÃO DE PARTÍCULAS			-	-	-	25,00	-
AEROSSÓIS SECUNDÁRIOS			-	-	-	25,00	-
TOTAL			100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1. Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis. A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre os veículos a diesel de acordo com os dados de emissão disponíveis.

nd: não disponível.

Obs.: Ano de referência do inventário de fontes móveis: 2011.

Tabela 4 - Parcela de diesel na emissão de MP₁₀

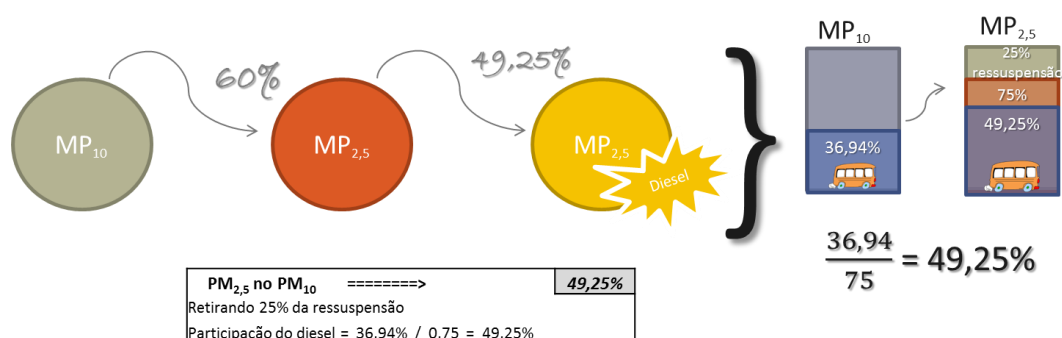
PARCELA DIESEL NA EMISSÃO DE MP ₁₀	
Comerciais leves (*)	1,56%
Caminhões	21,02%
Ônibus	14,36%
TOTAL	36,94%

(*) mesmo diesel para toda frota

Fonte: Tabela 14 Relat.CETESB 2012 (2013)

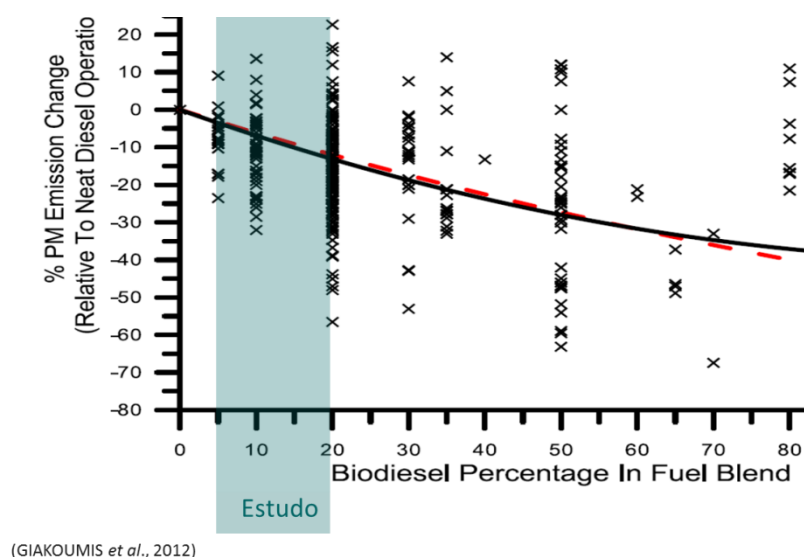
Cálculo ambiental: fonte diesel de emissão de MP_{2,5}

“Estudos realizados pela CETESB indicam que grande parte das partículas inaláveis finas na RMSP são de origem veicular, quer pela emissão direta deste poluente, quer pela emissão de gases, destacando-se os compostos orgânicos voláteis e o dióxido de enxofre, que reagem na atmosfera dando origem ao material particulado secundário. Nesta fração, o aporte de aerossóis provenientes da ressuspensão de poeira de rua não é significativo.” (CETESB, 2014).



A partir da determinação da parcela de fonte diesel de emissão de MP, o próximo passo é determinar a diminuição de emissão de MP a partir das diferentes concentrações de aditivação do biodiesel ao diesel.

Gráfico 2 - Cálculo Ambiental: Porcentagem de alteração de emissão de MP segundo a mistura de Biodiesel



Fonte: giakoumis ET AL., 2012

Na tabela abaixo, as concentrações de emissão de MP no universo diesel e, as estimativas, em porcentagem e $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dos valores da redução na emissão de material particulado fino para os diferentes percentuais de aditivação de biodiesel no diesel (GIAKOUMIS et al., 2012)

Tabela 5 - Valores da parcela diesel do $\text{MP}_{2,5}$ e da redução máxima que produzirá efeitos na saúde de acordo com as RMs e as diferentes misturas de biodiesel

REGIÃO METROPOLITANA	MP _{2,5} Diesel 2012 c/B5	REDUÇÃO NO MP _{2,5}			
		B7	B10	B15	B20
		1,6%	3,4%	6,6%	9,6%
São Paulo	10,64	0,17	0,36	0,7	1,02
Porto Alegre	10,9	0,17	0,37	0,72	1,05
Curitiba	9,16	0,15	0,31	0,6	0,88
Belo Horizonte	9,43	0,15	0,32	0,62	0,91
Rio de Janeiro	12,2	0,2	0,41	0,81	1,17
Recife	5,05	0,08	0,17	0,25	0,25

redução em porcentagem

redução em $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Em cinza: indica a máxima redução na concentração ambiental de $\text{MP}_{2,5}$ que poderá reduzir efeitos em saúde

Cálculo ambiental: concentrações finais de MP segundo as frações da mistura de biodiesel

Por fim, os valores de MP segundo as frações da mistura de biodiesel propostas no estudo para cada Região Metropolitana.

Tabela 6 - Redução de MP_{2,5} nas trocas de % de mistura de biodiesel no diesel

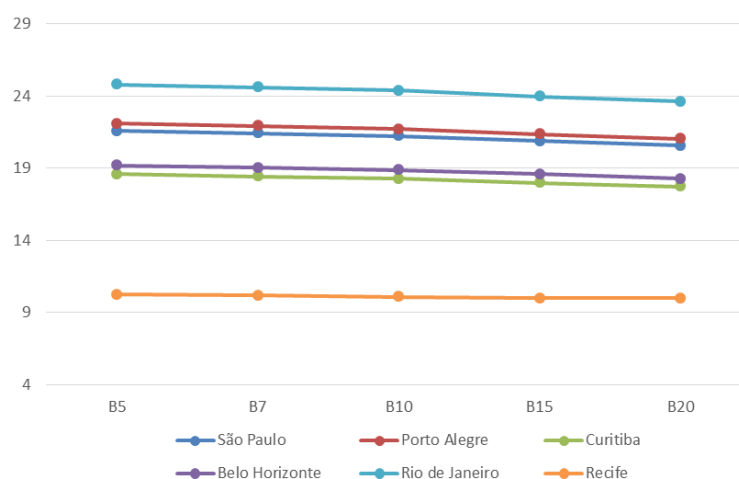
REGIÃO METROPOLITANA	MP _{2,5}	REDUÇÃO NO MP _{2,5}			
		B7	B10	B15	B20
		1,6%	3,4%	6,6%	9,6%
São Paulo	21,6	21,43	21,24	20,9	20,58
Porto Alegre	22,1	21,93	21,73	21,38	21,05
Curitiba	18,6	18,45	18,29	18	17,72
Belo Horizonte	19,2	19,05	18,88	18,58	18,29
Rio de Janeiro	24,8	24,6	24,39	23,99	23,63
Recife	10,25	10,17	10,08	10	10

Observa-se a redução contínua das concentrações de MP baseado na aditivação crescente de biodiesel ao diesel.

Para o cálculo dos efeitos para a saúde, utiliza-se a média diária anual de MP presente na atmosfera proveniente da emissão de MP de todas as fontes: fontes móveis, industrial e aerossóis secundários.

O impacto em saúde será avaliado a partir do valor de referência (padrão) dos níveis de MP_{2,5} de 10µg/m³ estabelecido pela Organização Mundial de Saúde, que representa o menor nível do poluente com efeito significativo em saúde. Portanto, no caso da RM de Recife, a partir da aditivação de B15, não se observará efeitos positivos sobre a saúde.

Gráfico 3 - Representação gráfica das concentrações de MP_{2,5} reduzidas nas trocas de % de mistura de biodiesel no diesel:

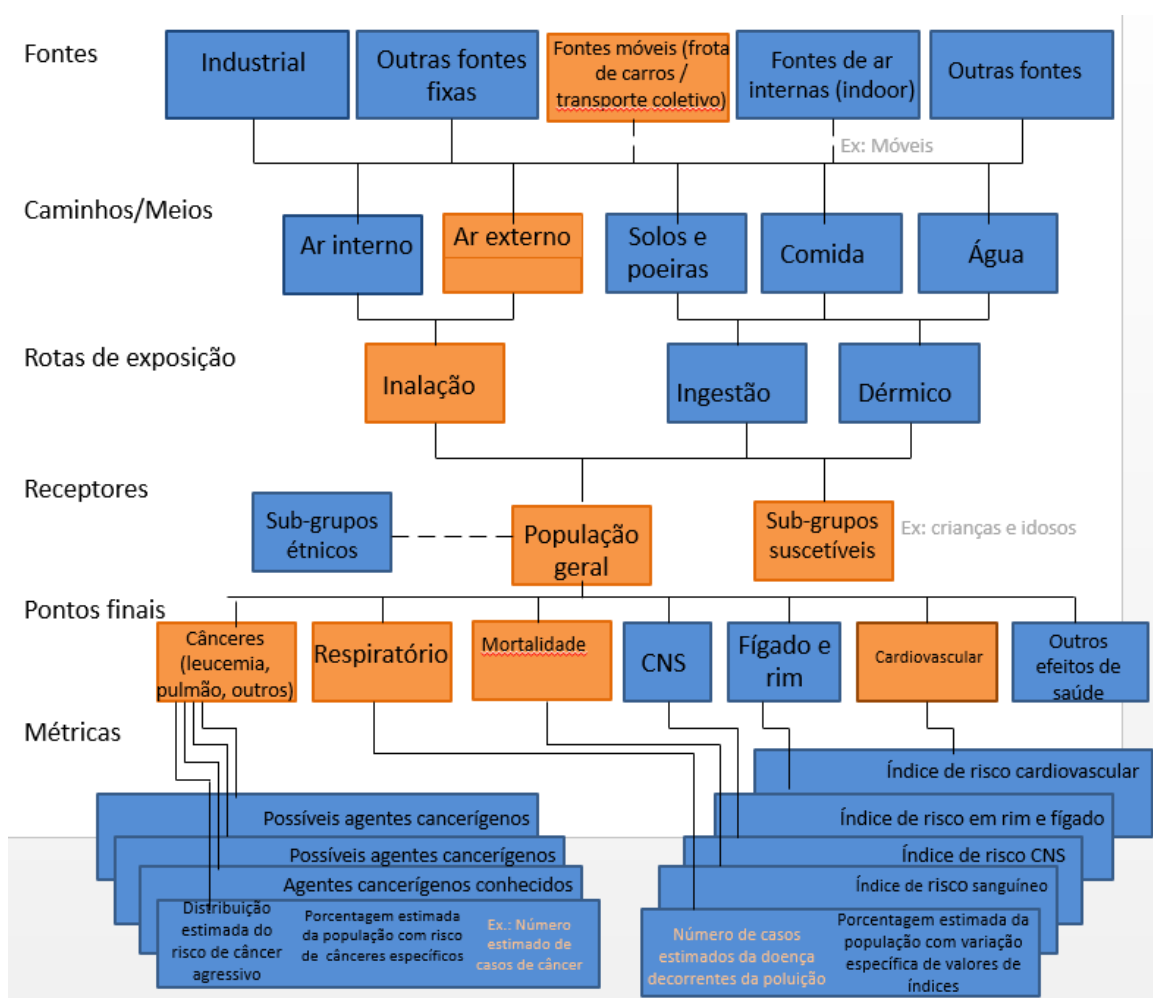


METODOLOGIA EPIDEMIOLÓGICA

O objetivo dessa seção é estimar a contribuição do material particulado $MP_{2,5}$ sobre mortes e internações da rede pública de saúde nas seis Regiões Metropolitanas analisadas entre 2015 e 2025, bem como os anos de vida perdidos prematuramente em decorrência da poluição pelo método DALY (Disability Adjusted Life-Years).

A **Figura 3** apresenta as fontes de poluição por diesel consideradas no estudo (fontes móveis da frota coletiva das regiões metropolitanas) e os caminhos pelos quais a exposição a essa fonte poluente provoca efeitos sobre a saúde.

Figura 3 - Fontes poluidoras e de exposição, segundo grupos populacionais e resultados de saúde



Cálculo de mortes e internações públicas atribuíveis ao $MP_{2,5}$

O cálculo da carga de doenças atribuíveis à poluição segue metodologia proposta pela Organização Mundial de Saúde segundo comunicação direta com o grupo do *Environmental Burden of Disease* da mesma instituição.

O primeiro passo da metodologia é estimar o risco relativo, que corresponde à razão de probabilidade de ocorrência de um desfecho negativo em saúde para indivíduos expostos e não expostos à poluição.

A função de risco relativo utilizada corresponde à função:

$$RR = \left[\frac{(MP_{2,5}^{Observado} + 1)}{(MP_{2,5}^{OMS} + 1)} \right]^{beta} \quad (1)$$

O material particulado observado ($MP_{2,5}^{Observado}$) corresponde ao nível de poluição de cada Região Metropolitana, já considerando o padrão B5 do biodiesel, enquanto o material particulado BX ($MP_{2,5}^{BX}$) corresponde ao nível de poluição que seria observado ao adicionar cada uma das aditivações de biodiesel (B7, B10, B15 e B20) já o padrão utilizado no cálculo do risco relativo corresponde a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, padrão utilizado pela OMS para médias anuais de $MP_{2,5}$. O risco relativo é usado para o cálculo da fração atribuível (Ostro, 2004d) de desfechos em saúde decorrentes da poluição é dada por:

$$FA = \frac{(RR - 1)}{RR} \quad (2)$$

O número atribuível de mortes (d) e internações (I) em cada grupo etário, pela causa z no tempo t, decorrente da poluição, então, é dado por:

$$\sum_x^n d(ou I)_x^{t, atribuível, BX} = \sum_x^n d(ou I)_x^{t(projecção)} * FA \quad (3)$$

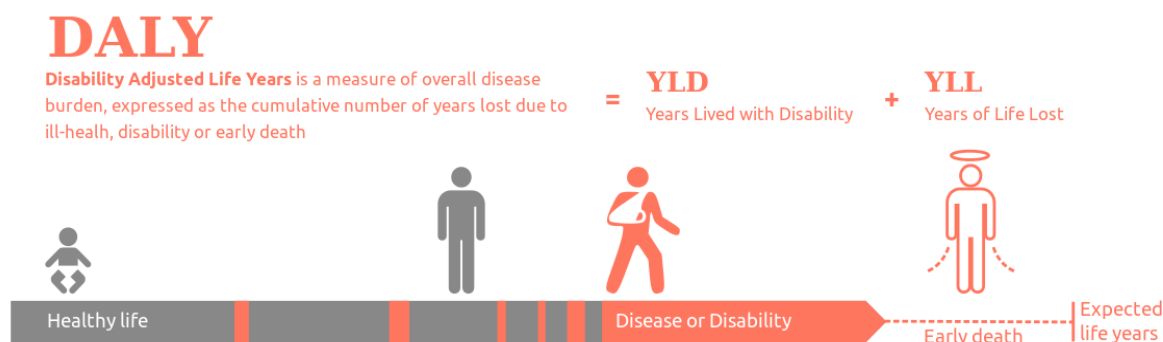
O número de mortes ou internações atribuíveis corresponde ao cenário epidemiológico que seria verificado com o nível observado ou esperado de

poluição, para cada uma das aditivações de biodiesel no componente diesel. O cenário-referência considerado para o diesel foi a aditivação B5, que corresponde a 5% de biodiesel por litro de diesel mineral.

O resultado final corresponde a quanto se evitaria de mortes e internações com a introdução de percentuais adicionais de biodiesel nas frações 7%, 10%, 15% e 20% à mistura de diesel mineral em relação à mistura de 5%.

O método DALY

O método DALY, ou *Disability Adjusted Life Years* é um indicador criado no âmbito do estudo da carga de doença da Organização Mundial de Saúde em conjunto com pesquisadores da Universidade de Harvard (Murray & Lopez, 1996) para quantificar a mortalidade prematura e incapacidade na população.



O DALY parte da premissa de que a melhor forma de mensurar a carga de doenças na população é por meio de medidas em unidades de tempo. Por esse motivo, o DALY corresponde ao número de anos de vida perdidos em decorrência da mortalidade prematura ou incapacidade, e pode ser mensurado pela conjugação de dois componentes. O YLL mensura a mortalidade prematura, enquanto o YLD corresponde ao tempo vivido com incapacidade:

$$\text{DALY} = \text{YLL} + \text{YLD} \quad (5)$$

O YLL corresponde aos anos de vida perdidos de forma prematura. Tradicionalmente, ele é calculado como o total de mortes em cada grupo etário multiplicado pela esperança de vida no mesmo grupo etário:

$$YLL_x = M_x * e_x^* \quad (6)$$

Onde:

YLL_x = anos de vida perdidos na idade x, ou Year Life Lost, na sigla em inglês,

M_x = número total de mortes no grupo etário x,

e_x^* = esperança de vida padrão no grupo etário x. A esperança de vida padrão corresponde ao nível 26, do modelo Oeste das tábuas de vida modelo, em que a esperança de vida feminina é de 82,5 anos, correspondente à esperança de vida mais alta encontrada até hoje, que representa a esperança de vida feminina do Japão.

A soma de todos os YLL em cada grupo etário corresponde, então, ao total de anos de vida perdidos prematuramente.

O YLD, sigla que significa *Years Lived with Disability*, corresponde aos anos vividos com incapacidade, e pode ser calculado pela equação abaixo:

$$YLD_x = I_x * PI_x * t_x \quad (7)$$

Onde:

I_x = número de casos de doenças (incidência ou prevalência) no grupo etário x,

PI_x = peso da incapacidade no grupo etário x,

t_x = duração média da incapacidade no grupo etário x.

O YLD conjuga o número de desfechos mórbidos em saúde, o tempo médio da incapacidade e o peso da incapacidade. O peso da incapacidade corresponde a um fator de ponderação que reflete a severidade da doença em uma escala de 0 (perfeita saúde) a 1 (morte). Nesse estudo o YLD não foi calculado devido à indisponibilidade de medidas de peso de incapacidade relacionado a fatores ambientais para as doenças analisadas.

Banco de dados

Para o cálculo do número de mortes foram utilizados dois tipos de bancos de dados:

- **Sistema de Informações de Mortalidade (SIM)** disponível no DATASUS, por grupos etários quinquenais, em 2012: para o cálculo do percentual de mortes na Região Metropolitana em relação ao total do Estado.
- **Projeções de mortalidade do IBGE até 2025 (Revisão 2013):** as projeções foram utilizadas para o cálculo do número esperado de mortes até 2025.
- **Sistema de Informações hospitalares (SIH)**, do DATASUS: coletou-se o número de internações hospitalares por grupo etário para as causas listadas na Tabela 7 ano de 2012 (baseline). Foi coletado o número de internações para 2012, bem como a população para este mesmo ano, para o cálculo da taxa de internação por causas.
- **Projeções populacionais do IBGE até 2025 (Revisão 2013):** as projeções populacionais do IBGE, por UF, foram utilizadas como insumo para o cálculo do número de internações por causa.
- **Projeções populacionais do IBGE até 2025 (Revisão 2013):** as projeções populacionais do IBGE, por UF, foram utilizadas como insumo para o cálculo do número de internações por causa.

- **Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS TABNET):** o TABNET da ANS foi utilizado para a coleta da informação sobre taxa de cobertura de beneficiários de planos de saúde na Região Metropolitana de São Paulo, por grupo etário.

Tabela 7 - Mortes e internações hospitalares incluídas nas projeções

Mortalidade	Grupos CID-10	Grupos etários
1) Todas as mortes	Todos (capítulo I a XVI da CID-10)	Todos
Internações e gastos	Grupos CID-10	Grupos etários
1) Câncer	Neoplasia maligna de traquéia brônquios e pulmões	40 anos e mais
2) Cardiovascular		
AVC	Acid vascular cerebr não espec hemorrág ou isquêm	
HI	Hemorragia intracraniana	
IAM	Infarto agudo do miocárdio	40 anos e mais
IC	Infarto cerebral	
ODIC	Outras doenças isquemicas do coração	
3) Resp_crianças		
Pneumonia	Pneumonia	Até 5 anos
4) Resp_adultos		
	Bronquite enfisema e outr doenç pulm obstr crônic,	60 anos e mais
	Asma	
	Pneumonia	60 anos e mais

Fonte: Sistema de Informações de Mortalidade (SIM) e Sistema de Informações Hospitalares (SIH/SUS).

Hipóteses e parâmetros utilizados

Para o cálculo do número de mortes e internações atribuíveis à poluição em 2015, 2018, 2022 e 2025 em cada uma das regiões metropolitanas foram utilizadas projeções de mortalidade e populacionais realizadas pelo IBGE para o período.

As projeções do IBGE são feitas para o Brasil como um todo e Unidades da Federação. Não estão disponíveis projeções para as Regiões Metropolitanas. Para que fosse possível encontrar o número de mortes e internações no futuro, foram adotadas as seguintes hipóteses:

- 1) O percentual de mortes de cada Região Metropolitana (em relação ao total da Unidade da Federação) observado em 2012 se mantém constante durante todo o período da projeção.**

Dessa forma, o total de mortes em cada Região Metropolitana para cada ano da projeção t (${}_n d_x^{RM,t}$) no grupo etário x a $x+n$, corresponde à multiplicação do percentual de mortes na Região Metropolitana em 2012 (${}_n \%d_x^{RM,2012}$) pelo total de mortes projetadas para o Estado (${}_n D_x^{UF,t}$).

$${}_n d_x^{RM,t} = {}_n \%d_x^{RM,2012} * {}_n D_x^{UF,t} \quad (8)$$

- 2) A taxa de internação observada em 2012 se mantém constante durante todo o período da projeção, método conhecido como projeção por taxa fixa (Finlayson, 2004).**

Nesta metodologia, o número de internações por cada causa z em cada grupo etário x a $x+n$ (${}_n I_x^{RM,z,t}$), é resultado da multiplicação da taxa de internação na Região Metropolitana para cada causa z e grupo etário x a $x+n$ em 2012 (${}_n TI_x^{RM,z,2012}$) pela população projetada em cada grupo etário:

$${}_n I_x^{RM,z,t} = {}_n TI_x^{RM,z,2012} * {}_n I_x^{UF,t} \quad (9)$$

Para as internações públicas pela rede suplementar, foi adotada ainda a hipótese de que o número de beneficiários da saúde suplementar para o período da projeção seria dado pela multiplicação da taxa de cobertura de beneficiários de planos de saúde na Região Metropolitana pela população projetada. Neste caso, considerou-se fixa a taxa de cobertura ao longo dos anos.

$${}_n Benef_x^{RM,t} = {}_n TC_x^{RM,2012} * {}_n PercPOP_x^{RM,2012} * {}_n Pop_x^{UF,t} \quad (10)$$

Onde:

${}_n Benef_x^{RM,t}$ = número de beneficiários da saúde suplementar na RMSP no ano t, por grupo etário x a +n

${}_n TC_x^{RM,2012}$ = taxa de cobertura de beneficiários de planos de saúde na RMSP no ano de 2012, por grupo etário x a x+n. Essa taxa de cobertura, por sua vez, é dada pela divisão do número de beneficiários de planos de saúde pela população total.

${}_n PercPOP_x^{RM,2012}$ = percentual da população da RMSP em relação à população total da UF, por grupo etário x a x+n. Esse indicador foi adicionado em razão da ausência de projeções populacionais por Região Metropolitana. Logo, assume-se como hipótese que o percentual da população residente na RMSP se manterá o mesmo até 2025.

Para o cálculo do número de mortes e internações atribuíveis à poluição, além da necessidade de projeções de mortalidade e internações, é necessário também encontrar qual o parâmetro beta. Esse parâmetro calculado a partir de estatísticas que relacionam o efeito de um aumento da poluição sobre desfechos de saúde em diferentes tipos de estudo (séries de tempo, coorte, etc). O parâmetro beta utilizado neste estudo, para mortalidade e internações, pode ser visto na tabela abaixo:

Tabela 8 - Parâmetro beta utilizado no cálculo do risco relativo de mortalidade e morbidade

Desfecho em saúde	Causa	Beta	Fonte
Mortalidade	Todas as causas	0,06	WHO (2005)
Internações hospitalares	Cardiovascular	0,18	Pope (2004)
	Câncer de pulmão	0,4	Nielsen (2013)
	Doenças respiratórias em idosos	0,31	Cançado (2006)
	Pneumonia em crianças	0,21	Cançado (2006)

METODOLOGIA ECONÔMICA

Essa seção descreve a metodologia utilizada para a valoração econômica das internações da rede pública e suplementar (na Região Metropolitana de São Paulo) bem como a valoração econômica das mortes segundo metodologia da produtividade do trabalho e pelo PIB.

Valoração das internações hospitalares

Para o cálculo do valor total das internações, o valor médio das internações em cada grupo etário foi multiplicado pelo número de internações atribuíveis (no caso de B5) e evitáveis (para adições de B7, B10, B15 e B20) à poluição em cada ano, resultantes das estimativas obtidas em (3) para as internações hospitalares:

$$G^{z,t} = \sum_x GMe_x^{z,t} * I_x^{Atribuível,z,t} \quad (4)$$

Os gastos médios com internações para cada uma das causas foi mantido fixo no mesmo nível de 2012. Logo, os gastos projetados são a preços de 2012.

A mesma metodologia foi aplicada para as internações hospitalares da rede suplementar.

Valoração da morte

A valoração da morte foi feita por duas metodologias: custo da morte em decorrência da perda de produtividade do trabalho assalariado e custo da morte decorrente da perda de produtividade total do trabalhador.

No primeiro caso, considerou-se que a produtividade do trabalhador, por grupo etário (W) seria dada pela multiplicação da renda do trabalho por grupo etário pelas mortes atribuíveis por grupo etário:

$$\sum_x^n \text{Custo_morte}_x^{t(\text{projecção})} = W_x^{2012} * d_x^{t,\text{benefício,BX}} \quad (5)$$

Onde:

W_x^{2012} = rendimento médio do trabalho para cada grupo etário x a $x+n$ a preços de 2012.

$d_x^{t,\text{benefício,BX}}$ = número de mortes evitáveis para cada adição de biodiesel BX em cada grupo etário x a $x+n$ para os anos da projeção t .

No segundo caso, multiplicou-se o número de mortes evitáveis para cada fração adicionada de biodiesel ao PIB per capita de cada Região Metropolitana ($PIB^{2012, RM}$), a preços de 2012:

$$\sum \text{Custo_morte}^{t(\text{projecção})} = PIB^{2012, RM} * d^{t,\text{benefício,BX}} \quad (6)$$

Como o PIB per capita não é discriminado por grupos etários, o PIB é multiplicado pelo número total de mortes, sem distinção por idade.

Banco de dados

Para o cálculo da valoração das mortes foram utilizados dois bancos de dados:

- **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD)** de 2012: para obtenção do rendimento médio do trabalho por grupo etário quinquenal para cada Região Metropolitana estudada.
- **IPEADATA:** foram utilizadas informações do PIB per capita para cada Região Metropolitana pelo IPEADATA, série histórica produzida pelo IBGE, e calculados a valor presente de 2012 pela série do deflator implícito do IBGE.

RESULTADOS

Ao considerar um nível de concentração de $MP_{2,5}$ estacionário para os próximos anos, os valores finais simulados da concentração do poluente para cada porcentagem de aditivação de biodiesel e para cada RM, são:

AMBIENTAL

Tabela 9 - Cenário estacionário de poluição - São Paulo

	São Paulo			
	Cenário estacionário de poluição			
	2015	2018	2022	2025
B5	21,6	21,6	21,6	21,6
B7	21,43	21,43	21,43	21,43
B10	21,24	21,24	21,24	21,24
B15	20,9	20,9	20,9	20,9
B20	20,58	20,58	20,58	20,58

Tabela 10 - Cenário estacionário de poluição - Porto Alegre

Porto Alegre				
Cenário estacionário de poluição				
	2015	2018	2022	2025
B5	22,1	22,1	22,1	22,1
B7	21,93	21,93	21,93	21,93
B10	21,73	10,53	10,53	10,53
B15	21,38	21,38	21,38	21,38
B20	21,05	21,05	21,05	21,05

Tabela 11- Cenário estacionário de poluição - Curitiba

Curitiba				
Cenário estacionário de poluição				
	2015	2018	2022	2025
B5	18,6	18,6	18,6	18,6
B7	18,45	18,45	18,45	18,45
B10	18,29	18,29	18,29	18,29
B15	18	18	18	18
B20	17,72	17,72	17,72	17,72

Tabela 12 - Cenário estacionário de poluição - Belo Horizonte

Belo Horizonte				
Cenário estacionário de poluição				
	2015	2018	2022	2025
B5	19,2	19,2	19,2	19,2
B7	19,05	19,05	19,05	19,05
B10	18,88	18,88	18,88	18,88
B15	18,58	18,58	18,58	18,58
B20	18,29	18,29	18,29	18,29

Tabela 13 - Cenário estacionário de poluição - Rio de Janeiro

Rio de Janeiro				
Cenário estacionário de poluição				
	2015	2018	2022	2025
B5	24,8	24,8	24,8	24,8
B7	24,6	24,6	24,6	24,6
B10	24,39	24,39	24,39	24,39
B15	23,99	23,99	23,99	23,99
B20	23,63	23,63	23,63	23,63

Tabela 14 - Cenário estacionário de poluição - Recife

Recife				
Cenário estacionário de poluição				
	2015	2018	2022	2025
B5	10,25	10,25	10,25	10,25
B7	10,17	10,17	10,17	10,17
B10	10,08	10,08	10,08	10,08
B15	10	10	10	10
B20	10	10	10	10

EPIDEMIOLÓGICO E ECONÔMICO

O objetivo dessa seção é apresentar os resultados epidemiológicos, em termos de mortes gerais e internações hospitalares e os custos respectivos, para cada Região Metropolitana, separadamente.

Como apontado na metodologia, as internações hospitalares analisadas correspondem apenas às internações na rede pública de saúde, exceto para a RM de São Paulo, em que também foram incluídas as internações da rede suplementar. Além disso, para todas as regiões metropolitanas os resultados são apresentados para quatro períodos (2015, 2018, 2022 e 2025), e para as RMs de São Paulo e Rio de Janeiro, também são apresentados os resultados por ano, para o período de 2015 a 2025.

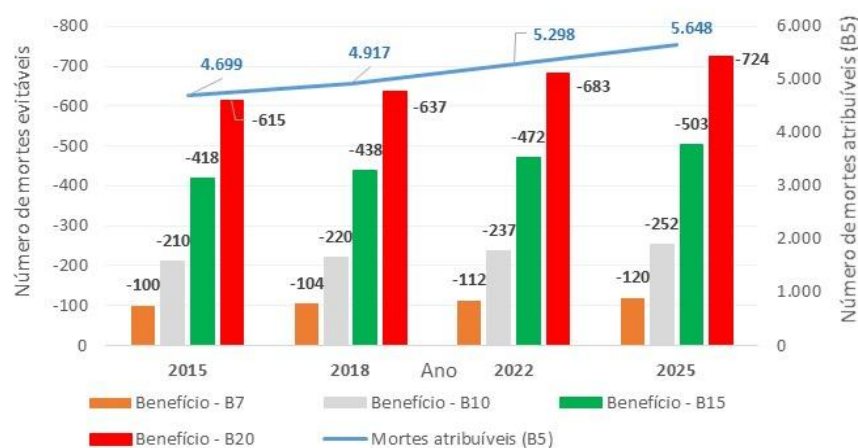
Região Metropolitana de São Paulo

Como o cenário de poluição foi mantido constante durante todo o período da projeção, o aumento no número de mortes no período representa o aumento no número de mortes na população total o que é, por sua vez, decorrente do aumento no número de pessoas na população.

As colunas do gráfico representam o montante de vidas salvas pela adição do biodiesel ao diesel para cada cenário da mistura. Logo, no cenário de aumento de 7% do biodiesel, representado pela coluna laranja, seriam observadas 100 vidas salvas no ano de 2015, e 120 vidas salvas no ano de 2025 em relação às mortes observadas pelo uso de B5.

No cenário de aumento de 10% do biodiesel seriam observadas entre 210 e 252 vidas salvas entre 2015 e 2025, respectivamente. Para o aumento da mistura em 15%, o número dobraria, com 418 mortes evitadas em 2015 e 503 em 2025. Para o cenário máximo, de aumento 20% de biodiesel, seriam observadas entre 615 e 724 vidas salvas em 2015 e 2025, respectivamente.

Gráfico 4 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025



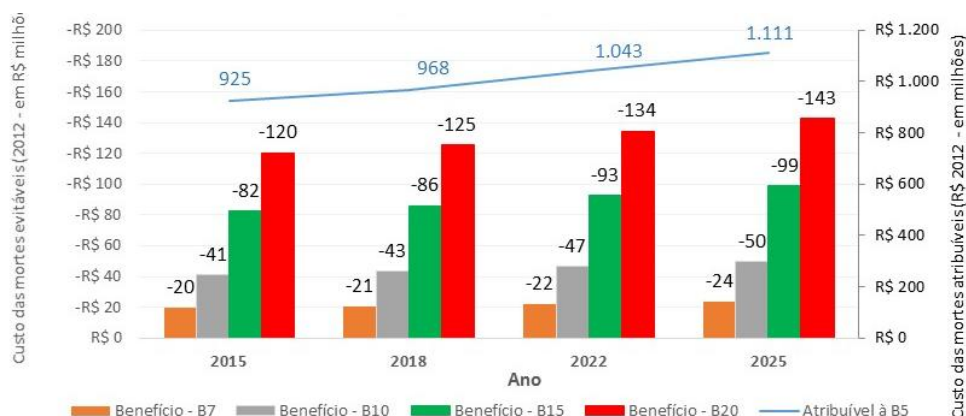
Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS) e Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013).

Tabela 15 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMSP

Mortes	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Mortes atribuíveis (B5)	4.699	4.791	4.864	4.917	5.028	5.118	5.214	5.298	5.428	5.544	5.648
Benefício - B7	-100	-102	-103	-104	-107	-109	-111	-112	-115	-118	-120
Benefício - B10	-210	-214	-217	-220	-225	-229	-233	-237	-242	-248	-252
Benefício - B15	-418	-426	-433	-438	-448	-456	-464	-472	-483	-493	-503
Benefício - B20	-615	-624	-630	-637	-645	-670	-679	-683	-700	-711	-724

O custo estimado das mortes atribuíveis à poluição, no cenário atual de mistura de 5% do biodiesel, seria de R\$ 925 milhões em 2015 e mais de R\$ 1 bilhão em 2025, calculados pelo PIB. O valor de produtividade que se deixaria de perder pelas vidas salvas, gerado pela adição de 7% do biodiesel seria de R\$ 20 milhões em 2015 e R\$ 24 milhões em 2025. Com a adição máxima de biodiesel, de 20%, deixaria de se perder R\$ 120 milhões em 2015 para R\$ 143 milhões em 2025.

Gráfico 5 - Custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada - RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhões)



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS), Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013) e IPEADATA (2012).

Tabela 16 - Custo de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada, ano a ano, 2015 a 2025 - RMS

	Custo das mortes atribuíveis / evitáveis										
	São Paulo										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
B5	924.850.414	942.875.912	957.342.950	967.669.512	989.536.761	1.007.234.283	1.026.197.851	1.042.673.490	1.068.322.045	1.091.167.087	1.111.480.044
B7	-19.626.986	-20.009.559	-20.316.576	-20.535.671	-20.999.796	-21.375.216	-21.777.814	-22.127.419	-22.671.663	-23.156.537	-23.587.622
B10	-41.307.470	-42.112.572	-42.758.826	-43.219.875	-44.196.574	-44.986.976	-45.834.014	-46.569.908	-47.715.495	-48.735.986	-49.643.094
B15	-82.315.382	-83.919.829	-85.207.395	-86.126.493	-88.072.660	-89.647.724	-91.335.733	-92.802.135	-95.084.925	-97.118.253	-98.926.189
B20	-120.471.653	-122.819.744	-124.065.686	-125.403.810	-126.923.030	-131.872.087	-133.673.169	-134.431.246	-137.738.128	-139.958.699	-142.564.100

Tabela 17 - Total acumulado do número de mortes e os respectivos custos no período entre 2015 e 2025 - RMS

FRAÇÃO DO BIODIESEL	NÚMERO DE MORTES	CUSTO DA MORTE (R\$ DE 2012)
Atribuível à B5	56.550	11.129.350.349
Benefício - B7	-1.200	-236.184.860
Benefício - B10	-2.556	-497.080.790
Benefício - B15	-5.033	-990.556.719
Benefício - B20	-7.319	-1.439.921.353

Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS), Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013) e IPEADATA (2012).

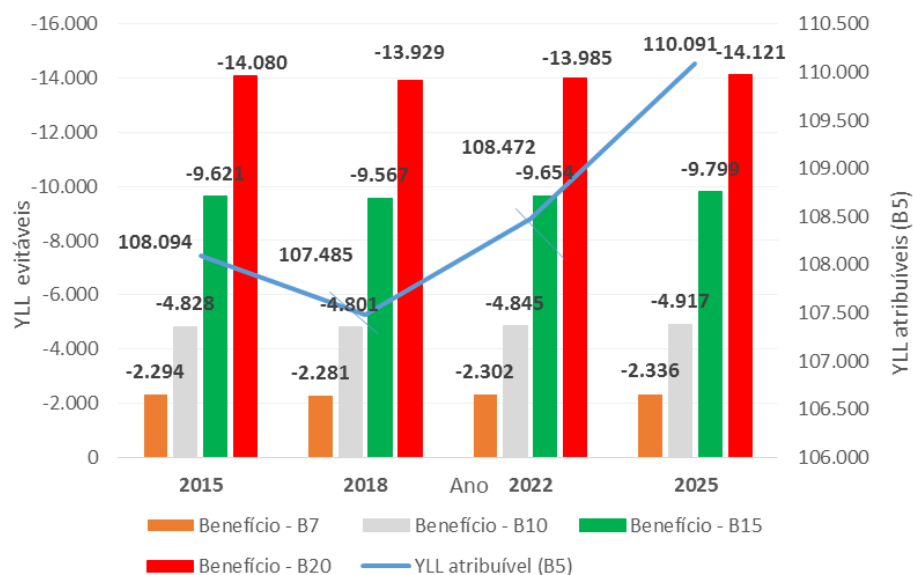
Entre 2015 e 2025, observa-se um total de 56.550 mortes com o uso de B5. Com a aditivção, estima-se 1.200 vidas salvas com a adição do biodiesel B7, redução de 2.556 mortes com a adição de B10, de 5.033 mortes com B15 e de 7.319 mortes com a adição de B20.

O ganho de produtividade pela redução das mortes, no período de 2015 a 2025, estima-se de R\$ 236 milhões com adição de B7 a aproximadamente R\$ 1,4 bilhões com B20.

O Gráfico 6 mostra o número de anos de vida perdidos decorrentes da poluição e quantos anos seriam salvos pela redução das mortes evitáveis com a adição dos componentes de biodiesel. Observa-se uma redução no número de anos de vida perdidos entre 2015 e 2018 e um aumento a partir de então, embora o número de mortes aumente para todos os anos. Essa tendência é decorrente do peso de cada grupo etário no total de anos de vida perdidos. O YLL assume maior valor quanto maior o número de pessoas jovens, pois a mortalidade prematura em crianças e jovens provoca a perda de maior tempo de expectativa de vida, diferente dos grupos etários mais velhos, cuja expectativa de vida é menor. Logo, a redução até 2018 no número de anos de vida perdidos decorre da transição de uma estrutura etária, com envelhecimento populacional. Isso significa que, a cada ano, o número de mortes de crianças e jovens é menor, tanto pela redução da taxa de mortalidade quanto pela redução da população nesses grupos etários. Isso faz com que o peso desse grupo diminua, resultando em número menor de anos de vida perdidos.

O aumento a partir de 2018, entretanto, ocorre pelo maior peso das mortes em grupos etários intermediários e mais velhos. Neste caso, o peso se dá não tanto pela expectativa de vida desse grupo (que é fixo durante todo o período da projeção), mas pelo aumento considerável no número de pessoas em idades mais avançadas que falecem.

Gráfico 6 - Número de anos de vida perdidos (YLL) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025

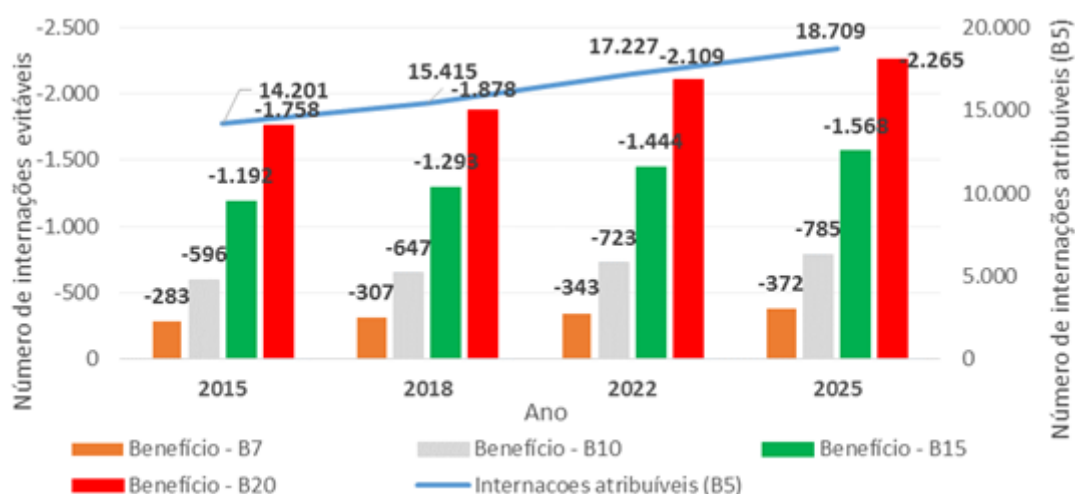


Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS) e Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013).

O Gráfico 7 apresenta o número de internações na rede pública atribuíveis à poluição e evitáveis pela adição progressiva de biodiesel para as doenças selecionadas e grupos etários mais vulneráveis: doenças cardiovasculares selecionadas e câncer de pulmão para a população acima de 40 anos e doenças respiratórias em idosos e crianças (abaixo de 5 anos). Em 2015, observa-se um número de internações públicas atribuíveis à poluição (B5) de 14.201. Em 2025, seriam quase 19 mil internações.

Em 2015 seriam observadas 283 internações evitadas com adição de B7 e quase 1800 internações com a adição de B20. Em 2025 seriam observadas uma redução de 372 e 2.265 internações públicas, respectivamente, para B5 e B20.

Gráfico 7 - Número de internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

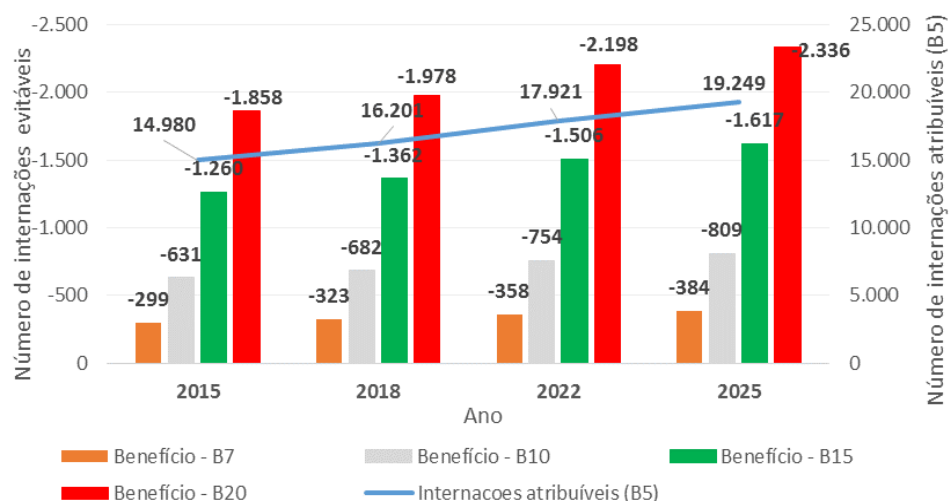
Tabela 18 - Número de internações públicas atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMSP

	Numero de internações atribuíveis / evitáveis (pública)										
	São Paulo										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
B5	14.201	14.588	14.993	15.415	15.849	16.297	16.756	17.227	17.709	18.204	18.709
B7	-283	-291	-299	-307	-316	-324	-334	-343	-352	-362	-372
B10	-596	-613	-630	-647	-665	-684	-703	-723	-743	-763	-785
B15	-1.192	-1.224	-1.258	-1.293	-1.330	-1.367	-1.405	-1.444	-1.485	-1.526	-1.568
B20	-1.758	-1.797	-1.837	-1.878	-1.921	-2.016	-2.062	-2.109	-2.156	-2.204	-2.265

A Região Metropolitana de São Paulo possui pouco mais de 50% da população coberta com planos de saúde, por isso a estimativa das internações privadas foi incluída no cálculo dos efeitos da poluição sobre morbidade em São Paulo. Em 2015, seriam observadas quase 15 mil internações atribuíveis à poluição (B5). Em 2025 seriam observadas pouco mais de 19 mil internações. Caso fosse adicionado o B7 em 2015, a redução no número de internações seria da ordem de quase 300 internações e, em 2025, de 384. Caso fosse adicionado 20% de biodiesel

no diesel, ocorreria uma redução de mais de 1.850 internações em 2015 e mais de 2.300 em 2025.

Gráfico 8 - Número de internações (suplementar) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada - RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS/Tabnet) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Tabela 19 - Número de internações privadas atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMSP

Numero de internações atribuíveis / evitáveis (suplementar)											
São Paulo											
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
B5	14.980	15.374	15.782	16.201	16.626	17.054	17.486	17.921	18.360	18.803	19.249
B7	-299	-307	-315	-323	-332	-340	-349	-358	-366	-375	-384
B10	-631	-647	-664	-682	-699	-717	-735	-754	-772	-791	-809
B15	-1.260	-1.293	-1.327	-1.362	-1.398	-1.434	-1.470	-1.506	-1.543	-1.580	-1.617
B20	-1.858	-1.897	-1.937	-1.978	-2.019	-2.114	-2.156	-2.198	-2.240	-2.282	-2.336

Considerando-se o total acumulado de internações públicas e privadas entre 2015 e 2025 na Região Metropolitana de São Paulo, seriam observadas quase 368 mil internações atribuíveis à poluição nesses 11 anos por B5. O número de internações evitadas com a adição progressiva de biodiesel corresponderia a mais

de 7 mil internações com a adição de B7, 15.453 com adição de B10, quase 31 mil internações com a adição de B15 e pouco mais de 45 mil internações com a adição de B20.

Caso o B20 fosse adicionado ao diesel já em 2015, seriam observadas em média 11 internações a menos por dia entre 2015 e 2025.

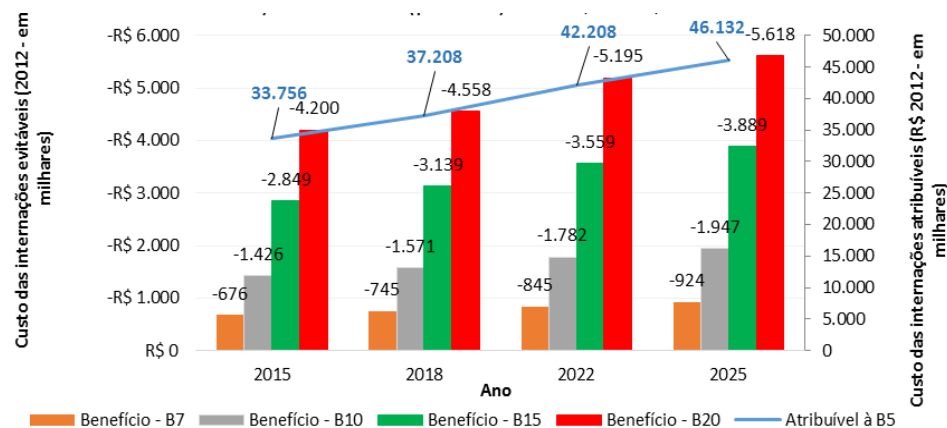
Tabela 20 - Total acumulado do número de internações públicas e privadas - RMSP 2015 a 2025

FRAÇÃO DO BIODIESEL	INTERNAÇÕES PÚBLICAS	INTERNAÇÕES PRIVADAS	TOTAL
Atribuível à B5	179.947	187.838	367.785
Benefício - B7	-3.582	-3.749	-7.331
Benefício - B10	-7.552	-7.901	-15.453
Benefício - B15	-15.092	-15.789	-30.881
Benefício - B20	-22.003	-23.019	-45.022

Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS), Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS/Tabnet) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

O Gráfico 9 representa o custo estimado das internações públicas atribuíveis e evitáveis decorrentes da poluição na rede pública de saúde. O valor gasto pelo governo com as internações decorrentes da poluição (B5) variaria de quase R\$ 34 milhões em 2015 e mais de R\$ 46 milhões em 2025. Com a adição de B7, o valor economizado seria de R\$ 676 mil em 2015 e R\$ 924 em 2025. Com a adição de B20, a economia seria de mais de R\$ 4 milhões em 2015 e quase R\$ 6 milhões em 2025.

Gráfico 9 - Custo das internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada - RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)



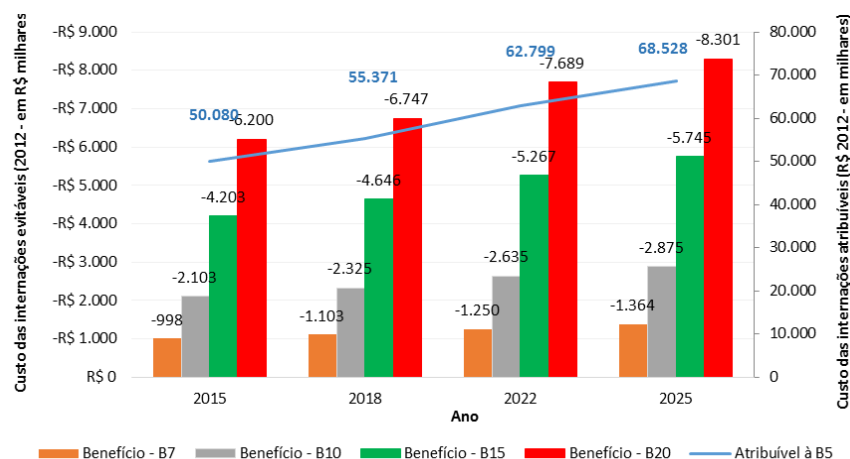
Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Tabela 21 - Custo das internações públicas atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMSP

	Custo das internações atribuíveis / evitáveis (públicas)										
	São Paulo										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
B5	33.756.428	34.870.523	36.022.510	37.207.793	38.422.182	39.661.645	40.924.059	42.208.120	43.508.674	44.818.539	46.131.958
B7	-676.478	-698.738	-721.755	-745.423	-769.675	-794.423	-819.627	-845.247	-871.198	-897.331	-923.527
B10	-1.425.778	-1.472.701	-1.521.211	-1.571.108	-1.622.223	-1.674.388	-1.727.506	-1.781.517	-1.836.218	-1.891.294	-1.946.510
B15	-2.848.530	-2.942.292	-3.039.224	-3.138.927	-3.241.062	-3.345.294	-3.451.434	-3.559.371	-3.668.677	-3.778.737	-3.889.070
B20	-4.200.463	-4.316.515	-4.435.800	-4.557.642	-4.681.532	-4.933.101	-5.063.560	-5.195.072	-5.326.932	-5.458.281	-5.617.683

O Gráfico 10 representa o custo estimado das internações privadas atribuíveis e evitáveis decorrentes da poluição do ar. O valor gasto pelo governo com as internações decorrentes da poluição (B5) seria de pouco mais de R\$ 50 milhões em 2015 e mais de R\$ 68 milhões em 2025. Com a adição de B7, o valor economizado seria de R\$ 998 mil em 2015 e mais de R\$ 1,3 milhões em 2025. Com a adição de B20, a economia seria de mais de R\$ 6 milhões em 2015 e cerca de R\$ 8,3 milhões em 2025.

Gráfico 10 - Custo das internações (suplementar) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMSP 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)



Fonte: Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS/Tabnet) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Tabela 22 - Custo de internações privadas atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 – RMSP

	Custo das internações atribuíveis / evitáveis (suplementar)										
	São Paulo										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
B5	50.079.532	51.791.278	53.560.056	55.371.363	57.207.725	59.057.572	60.921.701	62.799.425	64.691.779	66.601.214	68.527.842
B7	-997.862	-1.031.846	-1.066.954	-1.102.889	-1.139.319	-1.176.008	-1.212.988	-1.250.220	-1.287.736	-1.325.579	-1.363.741
B10	-2.103.432	-2.175.068	-2.249.073	-2.324.835	-2.401.636	-2.478.991	-2.556.937	-2.635.437	-2.714.523	-2.794.300	-2.874.773
B15	-4.203.465	-4.346.655	-4.494.569	-4.646.006	-4.799.520	-4.954.135	-5.109.924	-5.266.827	-5.424.920	-5.584.384	-5.745.228
B20	-6.199.956	-6.378.302	-6.561.446	-6.747.444	-6.934.217	-7.307.357	-7.498.536	-7.689.030	-7.878.861	-8.068.367	-8.300.806

A Tabela 23 apresenta o total acumulado do gasto atribuível e evitável à poluição para adição progressiva do biodiesel entre 2015 e 2025, considerando as internações públicas e privadas. Entre 2015 e 2025, observa-se o gasto de aproximadamente R\$ 1,1 bilhão decorrente de internações atribuíveis à poluição com o componente B5. A adição do componente B7 traria uma economia de R\$ 21,7 milhões no mesmo período de 11 anos, enquanto a adição de B10, B15 e B20 possibilitaria uma economia de R\$ 45,8 milhões, R\$ 91,5 milhões e mais de R\$ 133 milhões, respectivamente.

Em relação às internações, na RMSP e RMRJ seriam contabilizadas 179.947 internações públicas e 187.838 internações privadas, totalizando 367.785 internações com o uso de B5.

Tabela 23 - Total acumulado do custo das internações públicas e privadas - RMSP 2015 a 2025

Fração do biodiesel	Custo internação pública (R\$ de 2012)	Custo internação privada (R\$ de 2012)	Total (R\$ 2012)
Atribuível à B5	437.532.432	650.609.487	1.088.141.918
Benefício - B7	-8.763.423	-12.955.140	-21.718.563
Benefício - B10	-18.470.455	-27.309.003	-45.779.458
Benefício - B15	-36.902.617	-54.575.633	-91.478.250
Benefício - B20	-53.786.581	-79.564.322	-133.350.903

Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS), Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS/Tabnet) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Região Metropolitana do Rio De Janeiro

O Gráfico 11 apresenta o número de mortes atribuíveis à poluição decorrente da mistura de 5% de biodiesel ao diesel em 2015, 2018, 2022 e 2025 (linha azul), bem como o número de mortes evitáveis com a adição progressiva de biodiesel (barras) na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Observa-se que, em 2015, seriam contabilizadas 4.390 mortes e em 2025, 5.007 com uso de B5.

As colunas do gráfico representam o montante de vidas salvas pela adição do biodiesel à mistura do diesel, para cada cenário da mistura. Logo, no cenário de aumento de 7% do biodiesel, representado pela coluna laranja, seriam observadas 80 vidas salvas no ano de 2015 e 92 vidas salvas no ano de 2025 em relação às mortes observadas pelo uso de B5.

No cenário de aumento de 10% do biodiesel seriam observadas entre 164 e 187 vidas salvas em 2015 e 2025, respectivamente. Para o aumento da mistura em 15%, o número dobraria, com cerca de 332 vidas salvas em 2015 e 379 em 2025. Para o cenário máximo, de aumento 20% de biodiesel, seriam observadas entre 487 e 556 vidas salvas em 2015 e 2025, respectivamente.

Gráfico 11 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMRJ 2015, 2018, 2022 e 2025



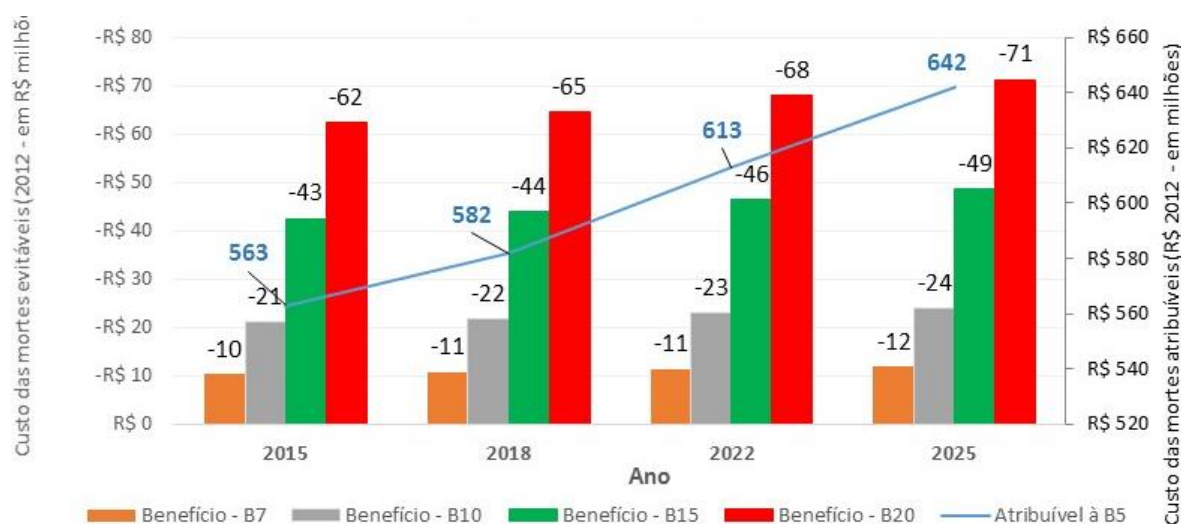
Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS) e Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013).

Tabela 24 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMRJ

	Número de mortes atribuíveis / evitáveis										
	Rio de Janeiro										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
B5	4.390	4.453	4.501	4.536	4.607	4.665	4.728	4.780	4.866	4.941	5.007
B7	-80	-82	-82	-83	-84	-85	-87	-88	-89	-91	-92
B10	-164	-167	-168	-170	-172	-175	-177	-179	-182	-185	-187
B15	-332	-337	-341	-343	-349	-353	-358	-362	-368	-374	-379
B20	-487	-494	-499	-503	-511	-518	-525	-531	-540	-548	-556

O Gráfico 12 apresenta o custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado, mensurado pelo PIB. Observa-se uma perda de produtividade devido à mortalidade precoce que varia de R\$ 563 milhões em 2015 a R\$ 642 milhões em 2025, com uso de B5. A adição progressiva de biodiesel à mistura salvará vidas que evitará a perda de produtividade no valor de R\$ 10 a 12 milhões em 2015 e 2025, respectivamente, com a adição de B7, e de R\$ 62 a R\$ 71 milhões em 2015 e 2025, decorrente da adição de 20% de biodiesel à mistura, B20. Se já se usasse o B20 em 2015 ao invés de B7, o benefício saltaria de R\$ 10 milhões para R\$ 62 milhões.

Gráfico 12 - Custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada - RMRJ 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhões)



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS), Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013) e IPEADATA (2012).

Tabela 25 - Custo de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMRJ

	CUSTO DAS MORTES ATRIBUÍVEIS / EVITÁVEIS										
	RIO DE JANEIRO										
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
B5	563.064.571	571.059.468	577.242.901	581.736.982	590.797.227	598.318.832	606.320.427	613.095.594	624.120.341	633.693.458	642.188.247
B7	-10.316.428	-10.463.017	-10.576.235	-10.658.609	-10.824.639	-10.962.427	-11.109.052	-11.233.139	-11.435.126	-11.610.534	-11.766.218
B10	-21.069.935	-21.369.218	-21.600.595	-21.768.747	-22.107.824	-22.389.242	-22.688.702	-22.942.235	-23.354.727	-23.712.868	-24.030.864
B15	-42.629.611	-43.234.967	-43.703.057	-44.043.276	-44.729.233	-45.298.731	-45.904.490	-46.417.498	-47.252.108	-47.976.879	-48.620.054
B20	-62.485.422	-63.372.755	-64.058.899	-64.557.551	-65.562.985	-66.397.716	-67.285.651	-68.037.600	-69.261.016	-70.323.383	-71.266.076

Supondo a projeção de mortalidade em um cenário estacionário de poluição do ar, seriam esperadas, entre 2015 e 2025, um total de 51.475 mortes com o uso de B5. Entre 2015 e 2025, em 11 anos, estima-se uma redução de 943 mortes (evitadas) com a adição do biodiesel B7; redução de 1.926 mortes com a adição de B10; 3.897 mortes com B15 e 5.712 mortes com a adição de B20.

Na tabela 26, observa-se que ao longo desses anos, espera-se a perda de produtividade em mais de R\$ 6 bilhões pela mortalidade precoce com B5. Com a adição progressiva de biodiesel à mistura, vidas serão salvas, que evitarão a perda de produtividade no valor de quase R\$ 121 milhões com a adição de B7 a R\$ 732 milhões com a adição de B20.

Tabela 26 - Total acumulado do número de mortes e os respectivos custos no período entre 2015 e 2025 – RMRJ

FRAÇÃO DO BIODIESEL	NÚMERO DE MORTES	CUSTO DA MORTE (R\$ DE 2012)
Atribuível à B5	51.475	6.601.638.050
Benefício - B7	-943	-120.955.422
Benefício - B10	-1.926	-247.034.958
Benefício - B15	-3.897	-499.809.902
Benefício - B20	-5.712	-732.609.053

Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS), Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013) e IPEADATA (2012).

Na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, em 2015, seriam observados quase 96 mil anos de vida perdidos decorrente da mortalidade prematura, e quase 95 mil anos em 2025. Os valores se reduzem em função da queda do número de mortes nos grupos etários de criança.

Gráfico 13 - Número de anos de vida perdidos (YLL) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada –RMRJ 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS) Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013).

O Gráfico 14 apresenta o número de internações públicas, no SUS, atribuíveis à poluição com B5 e as internações evitáveis pela adição progressiva de biodiesel. Em 2015, observa-se 4.736 internações públicas atribuíveis à poluição (B5) e, em 2020, 6.156 internações. A adição do componente B7 em 2015 traria uma redução de 80 internações e, em 2025, de 104. Caso o componente B20 já fosse adotado em 2015, a redução no número de internações atribuíveis à poluição seria da ordem de 490 em 2015 e 636 em 2025.

Gráfico 14 - Número de internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada - RMRJ 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Tabela 27 - Número de internações públicas atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMRJ

NUMERO DE INTERNAÇÕES ATRIBUÍVEIS / EVITÁVEIS											
RIO DE JANEIRO											
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
B5	4.736	5.063	5.092	5.129	5.138	5.173	5.510	5.707	5.927	6.058	6.156
B7	-80	-82	-84	-87	-90	-92	-94	-97	-99	-102	-104
B10	-164	-169	-173	-178	-183	-189	-192	-198	-202	-206	-213
B15	-333	-340	-350	-361	-370	-382	-394	-401	-411	-422	-432
B20	-490	-501	-512	-530	-544	-555	-572	-589	-615	-623	-636

Em relação ao custo das internações públicas, as projeções apontam para um dispêndio da ordem de quase R\$ 9 milhões em 2015 e mais de R\$ 11 milhões em 2025 decorrentes da poluição (Gráfico 15). Com a adoção de 7% de biodiesel à mistura de diesel, a redução do gasto seria de R\$ 153 mil em 2015 e R\$ 198 mil em 2025. Com a adoção de 20% de biodiesel, a economia seria de R\$ 932 mil em 2015 e de R\$ 1,2 milhão em 2025.

Gráfico 15 - Custo das internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMRJ 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)



Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Tabela 28 - Custo de internações públicas atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada ano a ano, 2015 a 2025 - RMRJ

CUSTO DAS INTERNAÇÕES ATRIBUÍVEIS / EVITÁVEIS (PÚBLICAS)											
RIO DE JANEIRO											
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
B5	8.909.851	9.193.276	9.436.812	9.640.854	9.942.994	10.204.133	10.470.137	10.696.597	11.015.325	11.291.441	11.524.783
B7	-152.945	-157.800	-161.970	-165.461	-170.634	-175.102	-179.652	-183.523	-188.975	-193.693	-197.676
B10	-312.756	-322.685	-331.212	-338.351	-348.929	-358.066	-367.372	-375.287	-386.437	-396.087	-404.232
B15	-634.370	-654.513	-671.809	-686.291	-707.748	-726.284	-745.162	-761.219	-783.837	-803.414	-819.938
B20	-932.026	-961.621	-987.036	-1.008.314	-1.039.844	-1.067.080	-1.094.819	-1.118.413	-1.151.648	-1.180.414	-1.204.697

A Tabela 29 mostra o total acumulado do número e custo das internações públicas no período entre 2015 e 2025 em relação ao número de internações atribuíveis a B5 e as internações evitáveis pela adição dos componentes B7, B10, B15 e B20. Observa-se que ocorreriam quase 60 mil internações públicas decorrentes a poluição (B5) a um custo de mais de R\$ 112 milhões aos cofres públicos. Com a adoção do componente B7, seriam evitadas cerca de 1.011 internações públicas e uma economia de quase R\$ 2 milhões em um período de 11 anos. A adoção de B10 evitaria pouco mais de 2 mil internações e uma economia de quase R\$ 4 milhões. Com B15, seriam evitadas 4 mil internações e um custo evitado de quase R\$ 8 milhões. Com B20, o benefício total corresponderia a 6.166 internações evitadas e uma redução de gasto público em saúde de quase R\$ 12 milhões.

Tabela 29 - Total acumulado do número e custo das internações públicas – RMRJ 2015 a 2025

FRAÇÃO DO BIODIESEL	NÚMERO DE INTERNAÇÕES	CUSTO DAS INTERNAÇÕES (R\$ DE 2012)
Atribuível à B5	59.688	112.326.202
Benefício - B7	-1.011	-1.927.430
Benefício - B10	-2.067	-3.941.414
Benefício - B15	-4.195	-7.994.585
Benefício - B20	-6.166	-11.745.911

Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Regiões Metropolitanas SP e RJ

Tabela 30 - Número de mortes e internações atribuíveis e evitáveis à poluição – São Paulo e Rio de Janeiro, 2015 a 2025

FRAÇÃO DO BIODIESEL	NÚMERO DE MORTES 2015 a 2025		NÚMERO DE INTERNAÇÕES 2015 a 2025		
	SP	RJ	SP1*	SP2**	RJ**
B5	56.550	51.475	187.838	179.947	59.688
B7	-1.200	-943	-3.749	-3.582	-1.011
B10	-2.526	-1.926	-7.901	-7.552	-2.067
B15	-5.033	-3.897	-15.789	-15.092	-4.195
B20	-7.319	-5.712	-23.019	-22.003	-6.166

*SP1: Interações Privadas

** SP2 e RJ: Interações Públicas

Tabela 31 - Custo das mortes e internações – São Paulo e Rio de Janeiro, 2015 a 2025

Fração do biodiesel	Custo mortes PIB (R\$2012) 2015 a 2025		Custo internações (R\$2012) 2015 a 2025		
	SP	RJ	SP1*	SP2**	RJ**
B5	11.129.350.349	6.601.638.050	650.609.487	437.532.432	112.326.202
B7	-236.184.860	-120.955.422	-12.955.140	-8.763.423	-1.927.430
B10	-497.080.790	-247.034.958	-27.309.003	-18.470.455	-3.941.414
B15	-990.556.719	-499.809.902	-54.575.633	-36.902.617	-7.994.585
B20	-1.439.921.353	-732.609.053	-79.564.322	-53.786.581	-11.745.911

**SP1: Interações Privadas*

***SP2 e RJ: Internações Públicas*

Na RMSP e na RMRJ seriam contabilizadas 108.025 mortes devido à poluição do ar com 5% de adição de biodiesel ao diesel utilizado em transporte (B5) durante 11 anos, entre 2015 a 2025. Considerando o PIB per capita, o custo destas mortes precoces, para as duas regiões metropolitanas mais populosas do país seria de, aproximadamente, R\$18 bilhões, em valores de 2012 (Tabela 32 e Tabela 33).

Além de a concentração de MP ter sido maior no RJ ($MP_{2,5}=24,8$ mcg/m³) que em SP ($MP_{2,5}=21,6$ mcg/m³) em 2012, a taxa de mortalidade no Rio de Janeiro é mais alta, o que explica o número de mortes, em números absolutos, semelhante ao de São Paulo.

A legislação atual determina adição de 7% de biodiesel (B7) a todo o volume de diesel comercializado no país. Para as duas regiões, com a introdução de B7 em 2015, estima-se a 2.143 vidas salvas nos 11 anos seguintes, que poderiam passar a ser 13.031 vidas salvas se já se tivesse adotado o B20 (adição de 20% de biodiesel ao diesel). O que significa valores evitados em mortes estimados em R\$ 357 milhões no caso do benefício pela introdução de B7 e um salto para R\$ 2,2 bilhões se tivesse sido adotado o B20 (Tabela 32 e Tabela 33).

Tabela 32 - Número de mortes de 2015 a 2025 - RMSP e RMRJ

NÚMERO DE MORTES DE 2015 A 2025 EM SÃO PAULO E RIO DE JANEIRO	
B5	108.025
B7	-2.143
B10	-4.452
B15	-8.930
B20	-13.031

Tabela 33 - Custo de mortes de 2015 a 2025 - RMSP e RMRJ

CUSTO DE MORTES, DE 2015 A 2025, EM SÃO PAULO E RIO DE JANEIRO	
B5	17.730.988.399
B7	-357.140.282
B10	-744.115.748
B15	-1.490.366.621
B20	-2.172.530.406

Tabela 34 - Número de internações públicas de 2015 a 2025 - RMSP e RMRJ

NÚMERO DE INTERNAÇÕES PÚBLICAS DE 2015 A 2025 EM SÃO PAULO E RIO DE JANEIRO	
B5	239.635
B7	-4.593
B10	-9.619
B15	-19.287
B20	-28.169

Tabela 35- Custo de internações públicas de 2015 a 2025 - RMSP e RMRJ

CUSTO DE INTERNAÇÕES PÚBLICAS DE 2015 A 2025, EM SÃO PAULO E RIO DE JANEIRO	
B5	549.858.634
B7	-10.690.852
B10	-22.411.869
B15	-44.897.202
B20	-65.532.492

Em relação às internações, na RMSP e RMRJ seriam contabilizadas 239.635 internações públicas com o uso de B5 entre 2015 a 2025, em custos públicos de R\$ 549 milhões nesses 11 anos. Com a introdução de B7 em 2015, estima-se a redução de 4.539 internações públicas, e que poderiam passar a ser 28.169 internações públicas evitadas se já se tivesse adotado o B20. A adição de B7 e B20 representa uma economia de aproximadamente R\$ 11 milhões e R\$ 65,5 milhões respectivamente (Tabela 34 e Tabela 35).

Região Metropolitana de Belo Horizonte

O Gráfico 16 apresenta o número de mortes atribuíveis com a fração de 5% de biodiesel adicionado e o número de mortes evitáveis com a adição progressiva do biodiesel, na Região Metropolitana de Belo Horizonte para quatro períodos: 2015, 2018, 2022 e 2025. Em 2015 seriam contabilizadas 1.005 mortes com o uso de B5. Em um cenário estacionário de poluição e projeção de crescimento de mortes, seriam esperadas, em 2025, 1.183 mortes.

Em 2015 e 2025 seria esperada uma redução de 25 e 30 mortes, respectivamente, com a adição de B7 e de 157 a 185 mortes, no mesmo período, com a adição do componente B20.

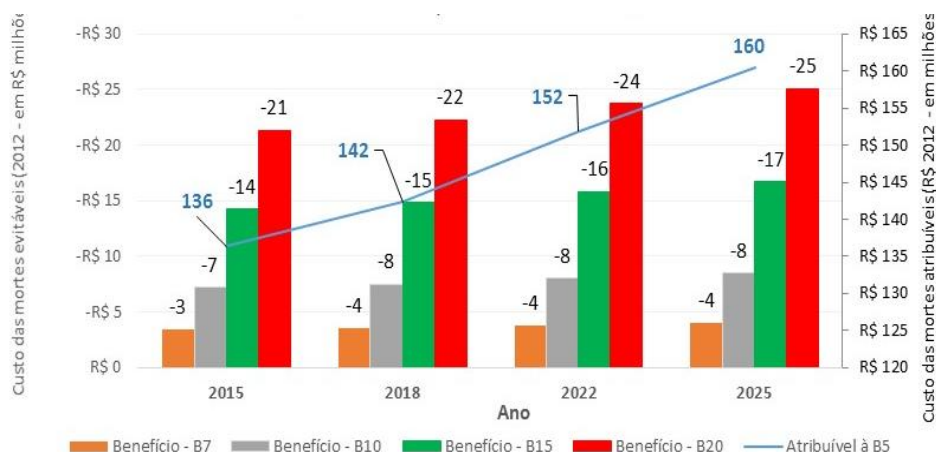
Gráfico 16 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionada – RMBH 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS) e Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013).

A redução das mortes (evitadas), em 2015, traria um benefício na ordem de R\$ 3 milhões devido ao uso de B7; R\$ 7 milhões com uso de B10; R\$ 14 milhões com o uso de B15 e R\$ 21 milhões com o uso de B20. Em 2025, a economia total seria de R\$ 4 milhões com o uso de B7 e R\$ 25 milhões com o uso de B20, em comparação a um cenário de R\$ 136 milhões gastos em 2015 e R\$ 160 milhões em 2025 se o componente B5 prevalecesse à mistura.

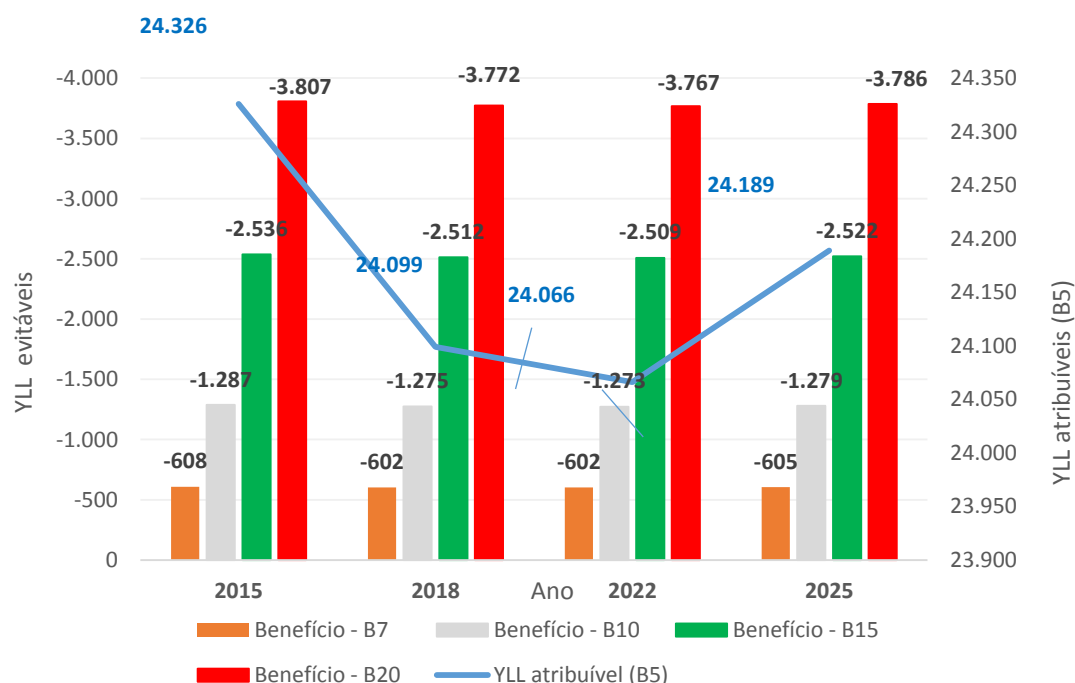
Gráfico 17 - Custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMBH 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhões)



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS), Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013) e IPEADATA (2012).

Os anos de vida perdidos pela mortalidade prematura na RMBH (Gráfico 18) apresentam uma queda até 2022 e depois aumentam novamente, resultado da maior importância, em números absolutos, do número de idosos na população. Com a adição de B7, seriam evitados 608 anos de vida perdidos prematuramente em 2015 e 605 em 2025. Com a adição de B20, seriam evitados 3.807 anos de vida perdidos prematuramente em 2015, e 3.786 em 2025.

Gráfico 18 - Número de anos de vida perdidos (YLL) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado - RMBH 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS) e Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013).

O Gráfico 19 mostra que na Região Metropolitana de Belo Horizonte, em 2015, seriam observadas cerca de 959 internações atribuíveis à poluição. Com a adoção de B7, nesse mesmo ano, seriam evitadas 23 internações públicas e, com a adoção de B20, 143 internações deixariam de ocorrer. Em 2025, último ano da projeção realizada, seriam observadas 1.320 internações decorrentes da poluição com a utilização de B5. A adoção de maior percentual de biodiesel, em 7% da mistura do diesel, possibilitaria que 31 internações fossem evitadas. A adição de 10% de biodiesel evitaria 66 internações; com 15% da mistura, 131 internações

seriam evitadas e, por fim, o componente B20 possibilitaria uma redução de 197 internações na capital.

Gráfico 19 - Número de internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMBH 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Embora o número absoluto de internações pareça pequeno, quando se observam os gastos de internações decorrentes da poluição, e os gastos evitados, a magnitude fica ainda mais evidente. Em 2015 seriam gastos mais de R\$ 6 milhões em internações com o componente B5. Caso os componentes B7 e B20 fossem adotados, a economia variaria de R\$ 152 mil a R\$ 955 mil, respectivamente, apenas em 2015. Em 2025, o gasto total atribuível à poluição seria de cerca de R\$ 8,7 milhões e a economia gerada variaria de R\$ 206 mil a aproximadamente R\$ 1,3 milhões com a adição de B7 e B20, respectivamente.

Gráfico 20 - Custo das internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMBH 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)



Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Região Metropolitana de Porto Alegre

O Gráfico 21 apresenta o número de mortes atribuíveis à poluição decorrente da mistura de 5% de biodiesel ao diesel em 2015, 2018, 2022 e 2025, bem como o número de mortes evitáveis com a adição progressiva de biodiesel ao longo dos anos da projeção na Região Metropolitana de Porto Alegre.

Em 2015 seriam contabilizadas 1.195 mortes com o uso de B5. Em um cenário estacionário de poluição e projeção de crescimento de mortes, seriam esperadas, em 2025, 1.371 mortes. A adição da fração de 7% de biodiesel traria uma redução de 23 mortes em 2015 e 27 mortes em 2025. Com 20% de biodiesel, seriam evitadas 153 mortes em 2015 e 175 em 2025. Nesse mesmo ano, estima-se uma redução de 60 mortes com a adição de B10 e 118 com a adição de B15.

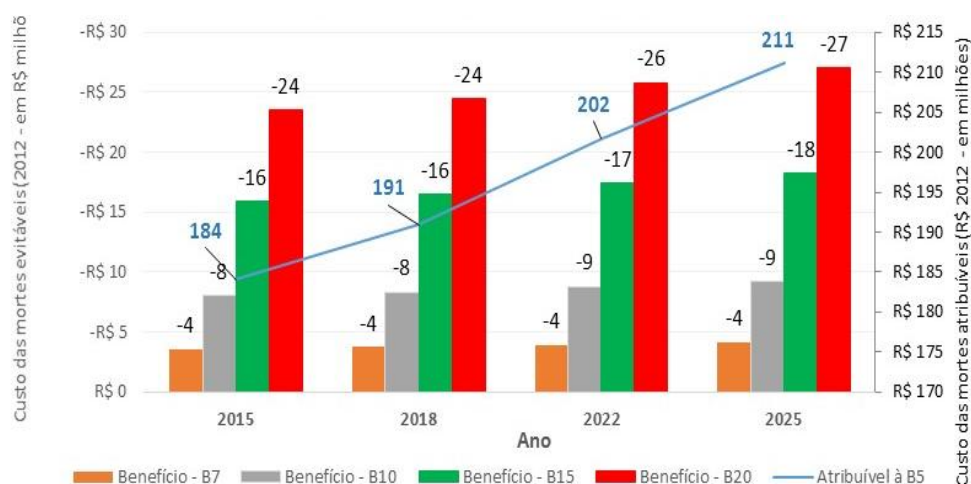
Gráfico 21 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMPA 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS) e Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013).

O Gráfico 22 demonstra o custo estimado das mortes atribuíveis à poluição, no cenário atual de mistura de 5% do biodiesel, seria de R\$ 184 milhões em 2015 e R\$ 211 milhões em 2025, a valores de 2012. A produtividade ganha pela adição de 7% do biodiesel seria de pouco mais de R\$ 4 milhões em 2015 e em 2025. Com a adição máxima de biodiesel, de 20%, o benefício seria de R\$ 24 milhões em 2015 para R\$ 27 milhões em 2025. Nesse mesmo ano, seriam contabilizados cerca de R\$ 9 milhões ganhos pela adição de B10 e cerca de R\$ 18 milhões decorrentes da adição de 15% de biodiesel à mistura de diesel.

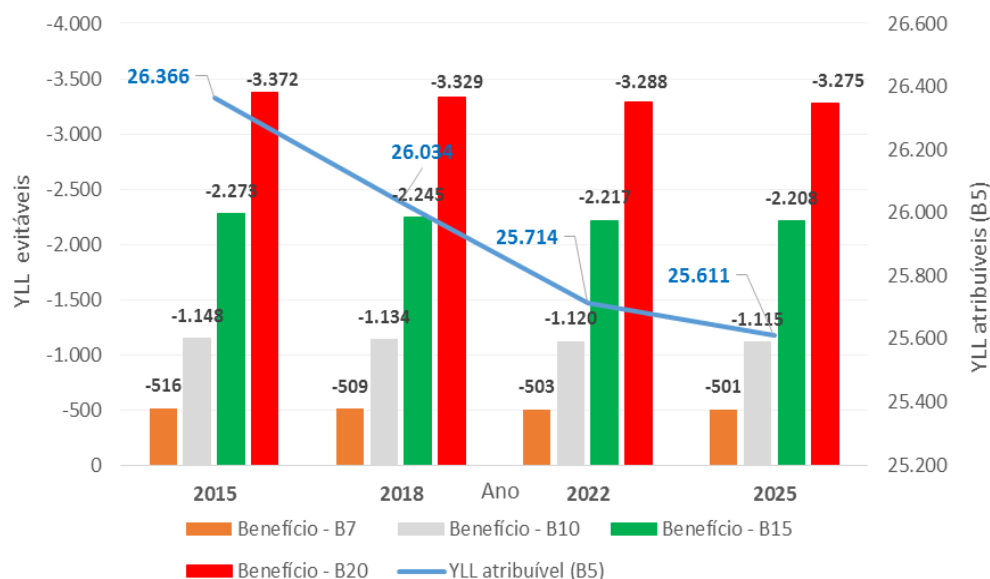
Gráfico 22 - Custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMPA 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhões)



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS), Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013) e IPEADATA (2012).

Os anos de vida perdidos pela mortalidade prematura na Região Metropolitana de Porto Alegre (Gráfico 23) apresentam uma queda durante todo o período, menos acentuada em 2025. Com a adição de B7, seriam evitados 516 anos de vida perdidos prematuramente em 2015 e 511 em 2025. Com a adição de B20, seriam evitados 3.372 anos de vida perdidos prematuramente em 2015, e 3.275 em 2025.

Gráfico 23 - Número de anos de vida perdidos (YLL) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMPA 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS) e Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013).

Em relação ao número de internações atribuíveis e evitáveis (Gráfico 24), observa-se, na Região Metropolitana de Porto Alegre, uma projeção do número de internações atribuíveis (componente B5) da ordem de 1.863 internações públicas em 2015 e quase 2.600 em 2025 (Gráfico 24). Com a adoção de frações maiores do biodiesel, o número de internações evitadas seria de 34 com o componente B7 em 2015 e 223 com B20. Em 2025, seria de 47 internações evitadas com a adição de B7 e 308 com adoção de B20.

Gráfico 24 - Número de internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMPA 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Em relação ao custo das internações públicas atribuíveis à poluição e evitáveis de acordo com a adição de frações progressivas de biodiesel, seria observada uma economia de R\$ 166 mil com o uso de B7 e R\$ 1,1 milhão com o uso de B20 já em 2015. Em 2025, a economia seria de R\$ 221 mil com o uso de B7 e R\$ 1,5 milhão com o uso de B20.

Gráfico 25 - Custo das internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMPA 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)



Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Região Metropolitana de Curitiba

O Gráfico 26 apresenta o número de mortes atribuíveis com adição de 5% do biodiesel na mistura do diesel, representadas pela linha azul, a um nível de poluição de 18,6 de material particulado MP_{2,5}, bem como o número de mortes evitadas caso fossem adicionados, progressivamente, de 7% a 20% de biodiesel à mistura de diesel.

No cenário de 5% de biodiesel, seriam observadas cerca de 606 mortes em 2015 e 715 mortes em 2025. A adição de B7 traria uma redução de 16 mortes em 2015 e 19 em 2025. Com a adição de B20, no mesmo período, seriam esperadas de 99 a 117 mortes evitadas em 2015 e 2025, respectivamente. Apenas em 2025, estima-se uma redução de 40 mortes com a adição de B10 e 78 com a adição de B15.

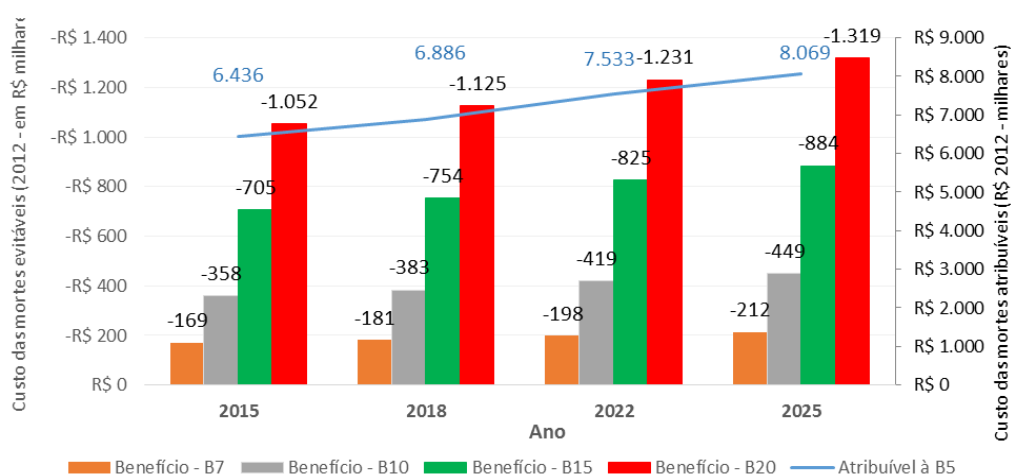
Gráfico 26 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMC 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS) e Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013).

O custo estimado das mortes atribuíveis à poluição, no cenário atual de mistura de 5% do biodiesel, seria de quase R\$ 6 milhões em 2015 e mais de R\$ 8 milhões em 2025, a valores de 2012. O ganho gerado pela adição de 7% do biodiesel seria de R\$ 169 mil em 2015 e R\$ 212 mil em 2025. Com a adição máxima de biodiesel, de 20%, o ganho seria de cerca de R\$ 1 milhão em 2015 e R\$ 1,3 milhões em 2025.

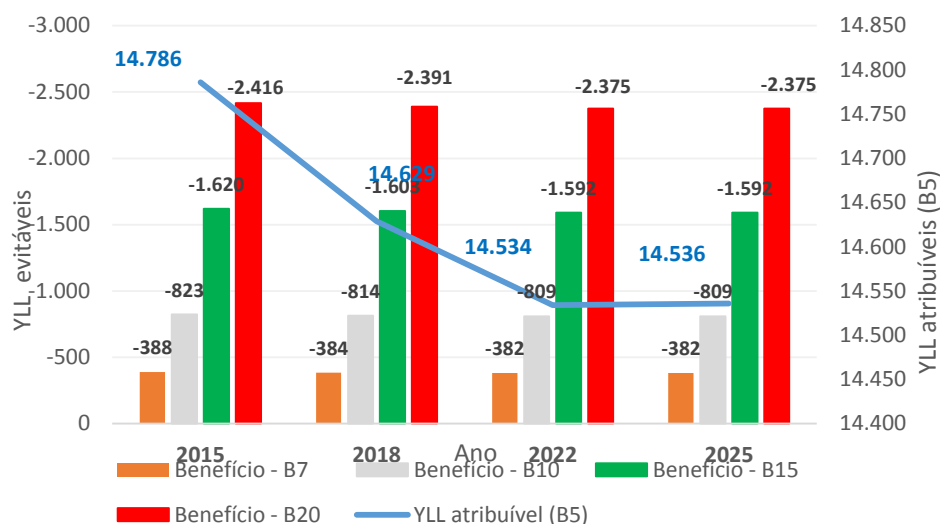
Gráfico 27 - Custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMC 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS), Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013) e IPEADATA (2012).

Os anos de vida perdidos pela mortalidade prematura na região metropolitana de Curitiba (Gráfico 28) apresentam uma queda durante todo o período, menos acentuada em 2025, assim como em Porto Alegre. Com a adição de B7, seriam evitados 388 anos de vida perdidos prematuramente em 2015 e 382 em 2025. Com a adição de B20, seriam evitados 2.416 anos de vida perdidos prematuramente em 2015, e 2.375 em 2025.

Gráfico 28 - Número de anos de vida perdidos (YLL) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMC 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS) e Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013).

O Gráfico 29 apresenta o número de internações atribuíveis e evitáveis na Região Metropolitana de Curitiba em 2015, 2018, 2022 e 2025. Em 2015 seriam contabilizadas 1.009 internações com o uso de B5. No cenário estacionário de poluição e projeção de crescimento da população, seriam esperadas, em 2025, 1.406 internações por doenças relacionadas à poluição. Em 2025 estima-se uma redução de 35 internações com a adição do biodiesel B7; 75 com a adição de B10; 148 com a adição de B15 e 221 com a adição de B20.

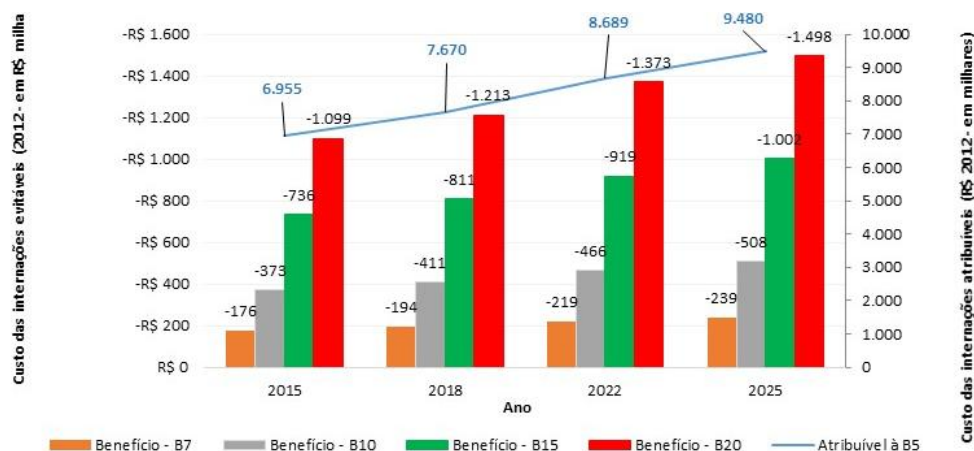
Gráfico 29 - Número de internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMC 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Em relação ao custo das internações públicas (Gráfico 30), as projeções apontam para um dispêndio da ordem de quase R\$ 7 milhões em 2015 e mais de R\$ 9 milhões em 2025 decorrente da poluição. Com a adoção de 7% de biodiesel à mistura de diesel, a redução do gasto seria de R\$ 176 mil em 2015 e R\$ 239 mil em 2025. Com a adoção de 20% de biodiesel, a economia seria de mais de R\$ 1 milhão em 2015 e quase R\$ 1,5 milhão em 2025.

Gráfico 30 - Custo das internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMC 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)



Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

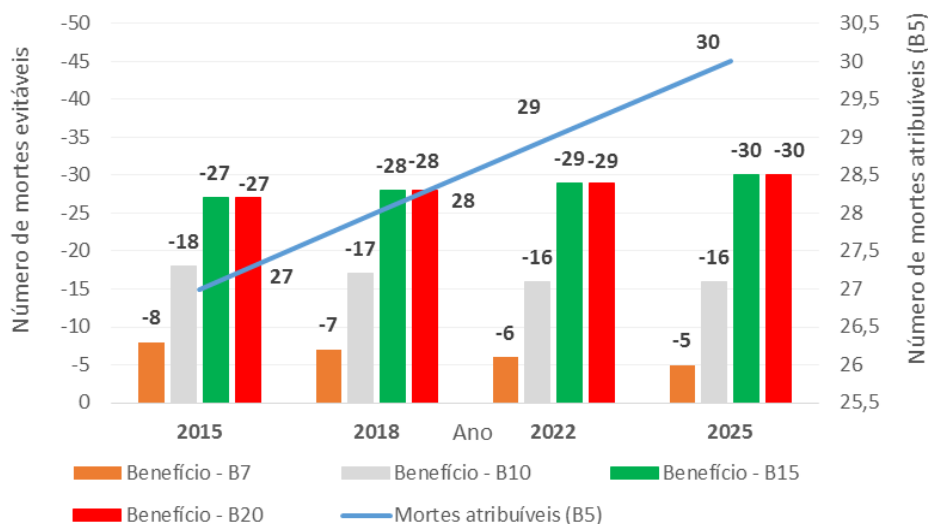
Região Metropolitana de Recife

O Gráfico 31 apresenta o número de mortes atribuíveis a 5% de biodiesel (B5) e evitáveis pela adição de percentuais progressivos de biodiesel ao diesel na Região Metropolitana de Recife. Em 2015 seriam contabilizadas 27 mortes com o uso de B5. Em um cenário estacionário de poluição e projeção de crescimento de mortes, seriam esperadas, em 2025, 30 mortes. O valor é mais baixo que o encontrado nas outras regiões metropolitanas porque o número de mortes em Recife é menor, decorrente de uma população também menor, e pelo nível de poluição ser mais baixo que o das outras regiões metropolitanas. Em Recife, o nível de material particulado esperado para 2015, com 5% de biodiesel, é de 10,20 mg/m³, muito próximo ao nível máximo de poluição recomendado pela Organização Mundial da Saúde.

Em 2015 estima-se uma redução de 8 mortes com a adição de B7 e de 27 mortes com a adição de B15 e B20. Em 2025, espera-se uma redução de 5 mortes com a adição de B5 e 30 mortes com a adição de B15 e B20. Os valores idênticos observados para redução de B15 e B20 ocorrem porque a partir da adição de B10, o nível de poluição da Região Metropolitana de Recife se reduz a um nível abaixo do qual não se observam mais benefícios em saúde pela redução da poluição. Esse

nível corresponde àquele estabelecido pela OMS, conforme já informado, de 10mg/m³ para MP_{2,5}.

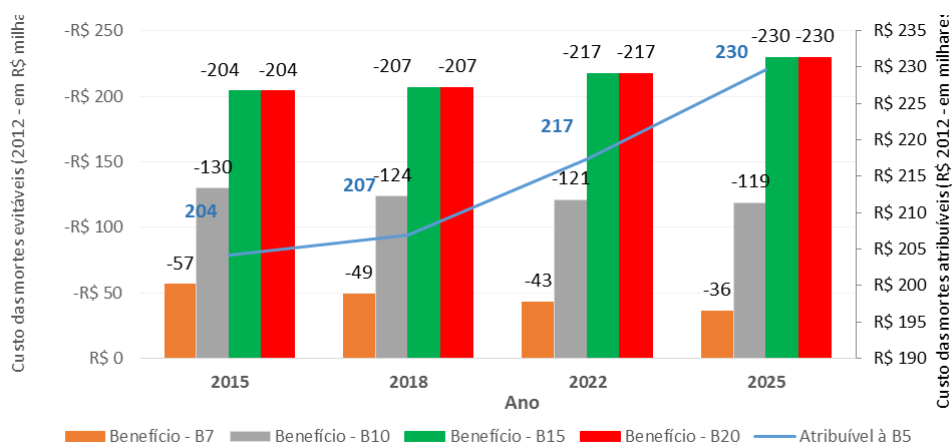
Gráfico 31 - Número de mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMR 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS) e Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013).

O Gráfico 32 apresenta o custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis pela adição de percentuais progressivos de biodiesel, mensurado a partir do PIB. O benefício valorado pela redução das mortes (evitadas), em 2015, seria de R\$ 57 mil com o uso de B7; R\$ 130 mil com uso de B10; R\$ 204 mil com o uso de B15 e R\$ 204 mil com o uso de B20. Em 2025, o ganho seria de R\$ 36 mil com o uso de B7 e R\$ 230 mil com o uso de B20.

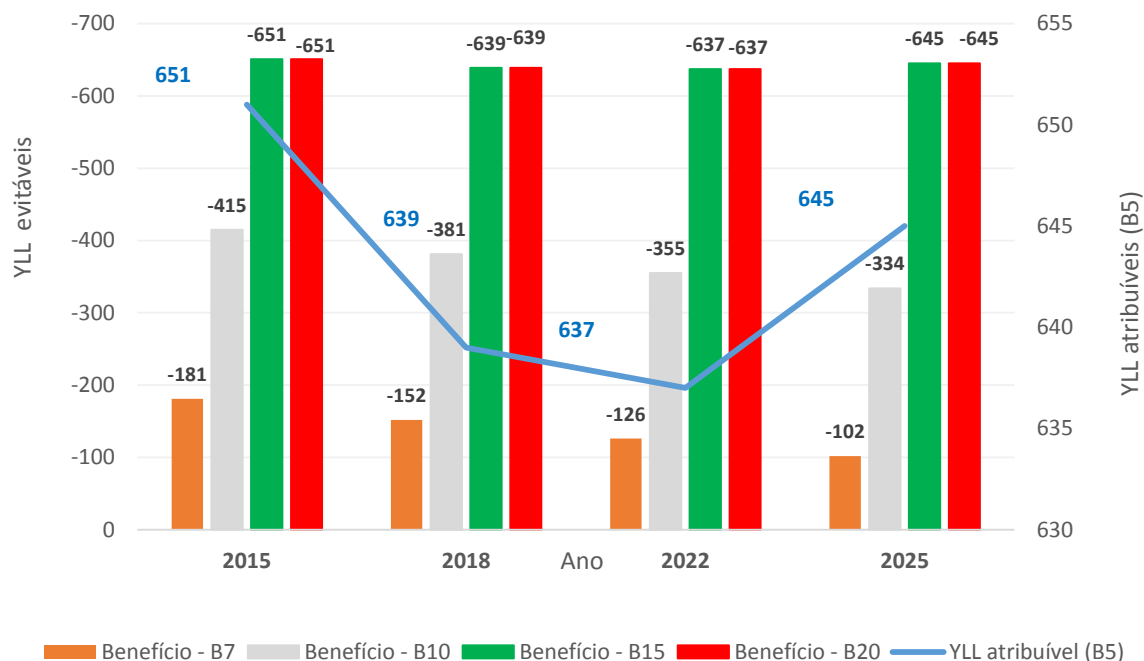
Gráfico 32 - Custo das mortes atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMR 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS), Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013) e IPEADATA (2012).

Os anos de vida perdidos pela mortalidade prematura na Região Metropolitana de Recife (Gráfico 33) mostram que, em 2015, seriam evitadas cerca de 181 anos de vida perdidos prematuramente pela adição de B7 e 651 pela adição de B15 e B20. Em 2025, seriam evitados cerca de 102 anos de vida perdidos prematuramente com a adição de B7 e 645 com a adição de B15 e B20.

Gráfico 33 - Número de anos de vida perdidos (YLL) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMR 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade (SIM/DATASUS) e Projeções de mortalidade do IBGE (Revisão 2013).

O Gráfico 34 apresenta o número de internações públicas atribuíveis à poluição e evitáveis decorrentes da adição progressiva de biodiesel ao diesel. Em 2015 seriam contabilizadas 28 internações com o uso de B5. No cenário estacionário de poluição e projeção de crescimento da população, seriam esperadas, em 2025, 37 internações por doenças relacionadas à poluição. Em 2025 estima-se uma redução de 6 internações com a adição do biodiesel B7; 19 com a adição de B10; 37 com a adição de B15 e 37 com a adição de B20.

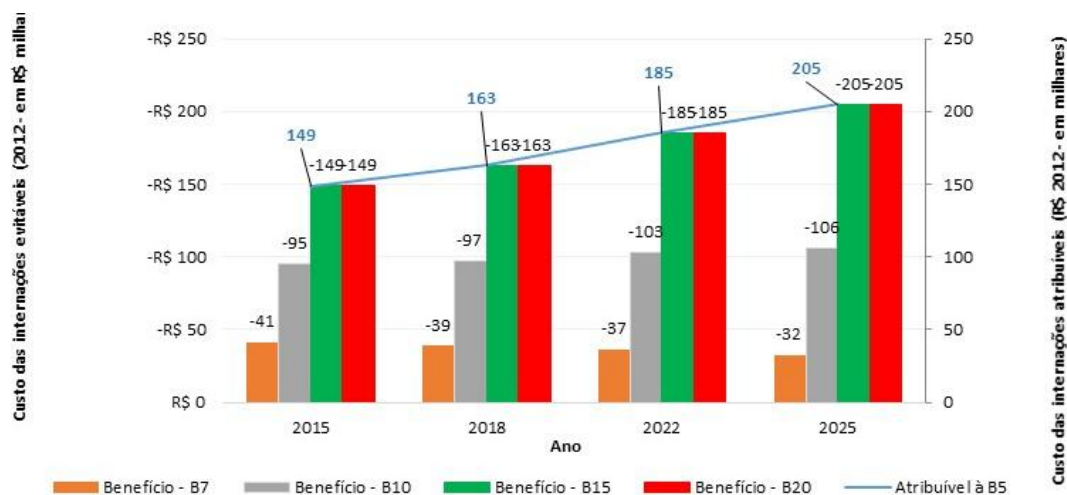
Gráfico 34 - Número de internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMR 2015, 2018, 2022 e 2025



Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

Em relação ao custo das internações, observa-se uma economia de R\$ 41 mil com o uso de B7 e R\$ 149 mil com o uso de B20 em 2015, decorrente da redução das internações. Em 2025, a economia seria de R\$ 32 mil com o uso de B7 e R\$ 205 mil com o uso de B20.

Gráfico 35 - Custo das internações (públicas) atribuíveis (B5) e evitáveis para cada fração do biodiesel adicionado – RMR 2015, 2018, 2022 e 2025 (em R\$ milhares)



Fonte: Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS) e Projeções de população do IBGE (Revisão 2013).

RESULTADOS SOMADOS DAS 6 REGIÕES METROPOLITANAS

Utilizando-se o B5, (5% de aditivação de biodiesel ao diesel), estima-se, para todas as RMs, em 2015, 11.922 mortes e, em 2025, 13.954 mortes, com custo estimado em R\$ 1,8 bilhão e R\$ 2,1 bilhões, respectivamente. No mesmo ano, em 2015, com a aditivação de B7, estima-se um benefício de 252 vidas salvas, que poderiam se transformar em 1.538 vidas salvas, se no lugar de B7 houvesse se optado por B20. O ganho em produtividade pelas vidas salvas seria de 37 milhões pela opção de B7 e 228 milhões pela opção de B20 (Tabela 36 e Tabela 37).

Em relação às internações, para todas as RMs, utilizando-se B5 em 2015, contabiliza-se 22.796 internações públicas em um custo estimado em R\$ 65 milhões. Se se introduzisse B7, evitar-se-iam 408 internações que saltariam para 2.800 se a opção pela aditivação fosse B20. A economia gerada pelas internações evitadas seria em torno R\$ 1,4 milhão no caso de B7 e R\$ 8,5 milhões no caso de B20 (Tabela 38e Tabela 39).

Tabela 36 - Número de mortes em todas as Regiões Metropolitanas

	NÚMERO DE MORTES EM TODAS AS RMS	
	2015	2025
B5	11922	13954
B7	-252	-293
B20	-1538	-1787

Tabela 37 - Custos de morte em todas as Regiões Metropolitanas

	CUSTOS DE MORTE (R\$ 2012) TODAS AS RMS	
	2015	2025
B5	1.814.640.000	2.132.299.000
B7	-37.226.000	-44.248.000
B20	-228.256.000	-267.549.000

Tabela 38 - Número de internações públicas em todas as Regiões Metropolitanas

	NÚMERO DE INTERNAÇÕES PÚBLICAS TODAS AS RMS	
	2015	2025
B5	22.796	30.197
B7	-408	-595
B20	-2.800	-3.735

Tabela 39 - Custo de internações públicas em todas as Regiões Metropolitanas

	CUSTO DE INTERNAÇÕES PÚBLICAS (R\$ 2012) TODAS AS RMS	
	2015	2025
B5	65.144.000	88.029.000
B7	-1.384.000	-1.820.000
B20	-8.426.000	-11.279.000

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concomitante a divulgação deste estudo, em junho de 2015, os chefes de Estado do G-7 (Estados Unidos, Alemanha, França, Inglaterra, Japão, Canadá e Itália) assinaram uma resolução conjunta que enfatiza a necessidade da redução sistemática do uso e dos subsídios para os combustíveis fósseis e a adoção de energias renováveis. Com a meta ambiciosa de, ao final do século, as emissões ficarem próximas à zero, o comunicado indica que se todos os signatários da Convenção do Clima colaborarem, as emissões poderão reduzir-se de 40 a 70% em relação aos níveis de 2010, até 2050 (GOLDEMBERG, 2015). Goldemberg afirma que, apesar de tentativas anteriores similares a essa terem fracassado, a atual resulta de uma evolução significativa das evidências científicas dos problemas que a poluição atmosférica pode causar no meio ambiente e na saúde. Indubitavelmente, a importante aliança sinaliza aspectos favoráveis para o setor de biocombustíveis.

Infelizmente, o Brasil é um país em atraso no combate à poluição do ar, o que não ocorre por falta de conhecimento ou de estudos locais. O Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR) estabelecido há 25 anos não foi cumprido. O monitoramento nacional ocorre em apenas 1,7% dos municípios brasileiros, sob a responsabilidade dos governos de estados. Os padrões nacionais de qualidade do ar estão muito defasados com prejuízo ao combate dos altos níveis de poluição atmosférica e suas consequências sobre a saúde da população e a transparência da informação à sociedade. A Lei Municipal de Mudanças Climáticas de São Paulo prevê a substituição em 2017 do diesel utilizado em transporte coletivo na cidade por combustível renovável e limpo. No entanto, não será cumprida.

O Instituto Saúde e Sustentabilidade realizou um estudo em 2014, cujos resultados têm como finalidade informar ao gestor público o quanto se perde em vidas, saúde e recursos públicos ao adiar medidas que contribuam para a melhoria da qualidade do ar. Os resultados mostraram que, caso a poluição se mantenha aos patamares de hoje, até 2030, estima-se o número total de 250 mil óbitos -

aproximadamente, 35 mortes ao dia - e um milhão de internações com dispêndio público de mais de R\$ 1,5 bilhão a preços de 2011 no Estado de São Paulo. (VORMITTAG et al., 2014).

Os resultados apresentados neste estudo apontam que uma política de subsídios ou incentivo à substituição progressiva do diesel por biodiesel na matriz energética de transporte salva vidas, evita internações e economiza em gastos públicos em saúde. A implementação de B7 representa 1,98% (2.143) de vidas salvas e sem custar praticamente nada a mais para os cofres públicos, se comparado aos custos de B5. Considerando a valoração dos benefícios em saúde, de 2015 a 2025 nas RMSP e RMRJ, então houve um crédito com B7, seja pela produtividade por se evitar a perda precoce de vidas (R\$ 357 milhões) seja pela economia em gastos públicos em saúde, no caso das internações (R\$ 11 milhões). A implementação de B20 representa 12% (13.031) de vidas salvas.

Há evidências que mostram a externalidade positiva que políticas públicas em outros setores exercem sobre a saúde da população. Neri e Kume (2007), por exemplo, analisaram o efeito da mudança do Código Brasileiro de Trânsito em 1998 sobre o número de mortes causadas por acidentes de trânsito entre 1998 e 2004. Os resultados apontam que a adoção de medidas mais severas reduziu as mortes de trânsito no Brasil em até 5,8%. Isso representa mais de 26,3 mil vidas salvas e uma economia de R\$ 71 bilhões, segundo OPAS/OMS (2005), referentes às perdas econômicas decorrentes de cuidados com saúde (incluindo remoção e traslados) geração de produto na economia entre 1998 e 2004.

Em relação às políticas do próprio setor saúde, Francisco et al (2005) analisaram o efeito da política de vacinação contra influenza nos coeficientes de mortalidade por doenças respiratórias em idosos entre 1980 e 2000 no Estado de São Paulo. A vacinação para a população idosa iniciou-se em 1999. Os resultados apontaram que a vacinação ajudou a reduzir a mortalidade por pneumonia em idosos. Enquanto a média da taxa de mortalidade por doenças respiratórias na população idosa era da ordem de 5,08 óbitos por 1.000 idosos entre 1980 a 1998, esse valor se reduziu para 4,72 óbitos por mil idosos em 2000, mostrando o efeito da política de vacinação. Caso a população fosse a mesma em 1998 e 2000,

significaria uma redução de 1.043 mortes em idosos em um ano no Estado de São Paulo. Fazendo uma analogia ao presente estudo, seria observada uma redução de mais de 600 mortes no ano de 2015 apenas na Região Metropolitana de São Paulo com 20% de biodiesel.

Os resultados apontam que políticas de incentivo ao biodiesel na matriz energética podem reduzir significativamente os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde na população e seus custos associados, bem como o benefício à economia e desenvolvimento sustentável do país.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉ, P. A.; VERAS, M. M.; MIRAGLIA, S. G. E. K.; SALDIVA, P. H. N. **Lean diesel technology and human health: a case study in six Brazilian metropolitan regions.** Clinics, vol.67, no.6. São Paulo, 2012. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.6061/clinics/2012\(06\)15](http://dx.doi.org/10.6061/clinics/2012(06)15)>. Acesso em 25 jun 2015.
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Dados Estatísticos Mensais. Produção de Biodiesel.** 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/TI0Q07>>. Acesso 27 jun 2015.
- BARNWAL, B.K.; SHARMA, M.P. **Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India.** Renewable & Sustainable Energy Reviews, v.9, n.4, p.368-378, 2005.
- BELL, M. L. et al. **The avoidable health effects of air pollution in three Latin American cities: Santiago, São Paulo, and Mexico City.** Environmental Research, v. 100, n. 2006, p. 431 - 440, 2005.
- CANÇADO, E. D. et al. **The Impact of Sugar Cane - Burning Emissions on the Respiratory System of Children and the Elderly.** Environmental Health Perspectives, v. 114, n. 5, p. 725, 2006.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2012.** São Paulo: CETESB, 2013.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2013.** São Paulo: CETESB, 2014.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do ar no Estado de São Paulo 2014.** São Paulo: CETESB, 2015.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do Ar. Informações Básicas, Poluentes.** s/d Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/poluentes/>>. Acesso em 26 jun 2015.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar "PRONAR".** RESOLUÇÃO/conama/N.º 003 de 28 de junho de 1990.
- FINLAYSON, G.S. et al. **Anticipating change: how many acute care hospital beds will Manitoba regions need in 2020?** Canadian Journal on Aging, [Cambridge], v. 24, p. 133-140, Sep.2004. Suppl. 1.
- FRANCISCO, P. M. B.; DONALISIO, M. R. C.; LATTORRE, R. D. O. **Impacto da vacinação contra influenza na mortalidade por doenças respiratórias em idosos.** Revista Saúde Pública. 39(1): 75-81. São Paulo, 2007.

GIAKOUMIS, E. G.; RAKOPOULOS, C. D.; DIMARATOS, A. M.; RAKOPOULOS, D. C. **Exhaust emissions of diesel engines operating under transient conditions with biodiesel fuel blends**. Progress in Energy and Combustion Science, 38, 691-715, 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.pecs.2012.05.002>>. Acesso em 26 jun 2015.

GOLDEMBERG, J. **Réquiem para os combustíveis fósseis?**. Opinião. Estadão. Disponível em:< <http://goo.gl/dFqxhF>>. Acesso em 28 jun 2015.

HAMRA, G. B.; GUHA, N.; COHEN, A.; LADEN, F.; RAASCHOU-NIELSEN, O.; SAMET, J. M.; VINEIS, P.; FORASTIERE, F.; SALVIDA, P.; YORIFUJI, T.; LOOMIS, D. **Outdoor Particulate Matter Exposure and Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis**. Environmental Health Perspectives. DOI:10.1289/ehp.1408092. National Institute of Environmental Health Sciences. 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1408092>>. Acesso em: 29 jun 2015.

IARC - International Agency for Research on Cancer. **Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths**. Lyon: WHO, 2013. Disponível em: < http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf>. Acesso em: 30 jun 2015.

IBAMA - Instituto Brasileiro e dos Recursos Naturais Renováveis. **Áreas Temáticas. Controle de Emissões. Programa PROCONVE**. s/d. Disponível em: < <http://goo.gl/B4tkBc>> Acesso em 27 jun 2015.

MURRAY, C. J.; LOPEZ, A. D. **The Global Burden of Disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020**. Boston: Harvard School of Public Health on behalf of the World Health Organization and the World Bank, 1996.

NERI, M. C.; KUME, L. **É possível reduzir as mortes no trânsito? O efeito do novo Código Brasileiro de Trânsito**. Ensaios Econômicos, nº 660. Escola de Pós-Graduação em Economia. Fundação Getúlio Vargas - FGV. ISSN 0104-8910. 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/Qmm6Xx>>. Acesso em 29 jun 2015.

NIELSEN, O. R. et al. **Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE)**. The Lancet Oncology, v. 14, n. 9, p. 813 - 822, jul. 2013.

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. **OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction**. OECD: 2011.

OSTRO, B. **Outdoor air pollution: assessing the environmental burden of disease at national and local levels**. Geneva: WHO, 2004 (WHO Environmental Burden of Diseases Series, n. 5).

PINTO, A. C.; GUARIEIRO, L. L. N.; REZENDE, M. J. C.; RIBEIRO, N. M.; TORRES, E. A.; LOPES, W. A.; PEREIRA, P. A. P.; ANDRADE, J. B. **Biodiesel: an overview**. J. Braz. Chem. Soc. vol.16 no.6b São Paulo Nov./Dec. 2005. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-50532005000800003>>. Acesso em 26 jun 2015.

POPE, C. A. et al. **Cardiovascular Mortality and Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution: Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease.** *Circulation*, v. 109, p. 71 - 77, 2004.

REINOSO, A. **Partículas Diesel: uma pequena, mas mortal ameaça ao desenvolvimento sustentável.** *Notícias. Nossa Opinião*. 2015. Disponível em: < <http://goo.gl/K1fOHI>> Acesso 27 jun 2015.

SILVA. P. R. F.; FREITAS, T.F. S. **Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível.** *Ciência Rural*. Santa Maria, v. 38, n.3, p. 843-851, mai-jun, 2008. ISSN 01003-8478.

VORMITTAG, E. M. P. A. A. et al. **Avaliação do impacto da poluição atmosférica no Estado de São Paulo sob a visão da saúde.** São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2013. Setembro, 2013. Disponível em: < <http://goo.gl/XPI4C1>> Acesso em: 28 jun 2015.

VORMITTAG, E. M. P. A. A. et al. **Projeção da mortalidade, internações hospitalares na rede pública e gastos públicos em saúde decorrentes da poluição atmosférica no Estado de São Paulo de 2012 a 2030.** São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014. Disponível em: < <http://goo.gl/BuRfW4>>. Acesso em: 28 jun 2015.

WHO - World Health Organization. **Health and the environment: addressing the health impact of air pollution.** Sixty-Eighth World Health Assembly. Provisional agenda item 14.6. A68/18. 10 April 2015.

WHO - World Health Organization. **Air Quality Guidelines - Global Update 2005.** Copenhagen: WHO, 2006.

WHO - World Health Organization. **Health and the Environment: Addressing the health impact of air pollution. Draft resolution proposed by the delegations of Albania, Chile, Colombia, France, Germany, Monaco, Norway, Panama, Sweden, Switzerland, Ukraine, United States of America, Uruguay and Zambia.** Sixty-Eighth World Health Assembly. Agenda item 14.6. A68/CONF./2 Rev.1. 26 May 2015.

REALIZAÇÃO



Instituto Saúde e Sustentabilidade

O Instituto Saúde e Sustentabilidade, fundado em dezembro de 2008, é uma OSCIP – Organização da Sociedade Civil de Interesse Público. Seu principal objetivo é contribuir para o viver saudável em grandes cidades, a partir da preservação e promoção da saúde humana, por meio da realização de projetos que envolvam os mais diversos atores sociais, como órgãos do governo, organizações da sociedade civil, empresas, instituições de ensino, comunidades, entre outros.

Missão

Proporcionar a melhoria da saúde humana e o viver nas grandes cidades por meio da transformação do conhecimento científico em informação clara e acessível, do incentivo à mobilização social e da construção de políticas públicas.

APOIO



Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil

A APROBIO é uma entidade sem fins lucrativos, fundada em 2011, com o objetivo de promover o estabelecimento e a consolidação do setor das energias renováveis, trabalhando para a conquista de um marco legislativo que transmita segurança jurídica e regulatória para garantir a continuidade dos investimentos e a decorrente expansão da economia verde.

