

# **SHADOW PRICE NA MATRIZ DE PREÇOS DOS COMBUSTÍVEIS DO SETOR DE TRANSPORTE BRASILEIRO**

Carlos Henrique Ribeiro de Carvalho<sup>1</sup>

## **1 INTRODUÇÃO**

A atividade de transporte sempre esteve associada à geração de algum impacto a terceiros não considerado na sua estrutura de custos ou preços. Na literatura econômica, esses impactos não absorvidos internamente são chamados de externalidades de uma atividade.

Na época do transporte com tração animal, por exemplo, os poucos centros urbanos do mundo sofriam com o excesso de dejetos de animais nas vias, que causavam sujeira e mau cheiro e geravam altos custos de limpeza para todos os moradores. Era uma forte externalidade negativa daquele tipo de transporte, já que as doenças decorrentes da exposição dos excrementos e os custos de limpezas atingiam a todos, fossem usuários ou não.

Na era do transporte motorizado e carbonizado, várias são as externalidades negativas produzidas pela movimentação dos veículos, mas podem-se destacar três principais: poluição veicular, com destaque para as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que causam o aquecimento global; mortalidade e morbidade causadas pelos acidentes de transporte; e perda de tempo e produtividade dos cidadãos nos congestionamentos de veículos.

Assim, quando se consome um serviço de transporte, público ou privado, individual ou coletivo, o preço que se paga por ele não reflete adequadamente o custo real do seu uso pela sociedade, o que gera fortes distorções no mercado, como a utilização em excesso de modalidades mais impactantes negativamente, em função de preços relativos mais baixos cobrados no mercado.

A forma de corrigir essas distorções é utilizar uma estrutura de preços de bens e serviços com base nos chamados *shadow prices*, ou preços-sombra, de um bem ou serviço cujo valor de mercado é acrescido de um valor referente aos custos das externalidades ou pelo menos parte deles (Sartori *et al.*, 2014).

Geralmente, o *shadow price* não é praticado no mercado e tem ampla utilidade em estudos de valoração voltados para a análise de escolha de projetos ou estudos em que se queira dar peso aos danos nas análises de impactos ambientais (De Bruyn e Korteland, 2010). Segundo De Bruyn e Korteland (2010), existem dois métodos de cálculo do *shadow price*: o de cálculo do dano,

---

1. Técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) do Ipea.

quando há possibilidade de calcular diretamente os danos físicos gerados pelas externalidades negativas na produção do bem ou do serviço; e o dos custos de abatimento, quando os danos geralmente são difusos e existem políticas contextuais para a redução daquelas externalidades específicas (por exemplo, custo de abatimento por emissões de CO<sub>2</sub>). Esses custos de abatimento podem variar em função das metas estabelecidas no período considerado.

Sartori *et al.* (2014) destacam a necessidade de usar os preços-sombra como *inputs* dos projetos nas análises econômicas realizadas. O manual produzido por esses autores mostra ainda que, na área de transporte, devem ser considerados os impactos nos tempos de viagem, acidentes, poluição veicular e também os efeitos associados à mudança climática, já que o setor responde por uma fatia grande nas emissões totais de gases de efeito estufa (GEE).

Os impactos negativos do transporte estão associados à sua intensidade de uso, o que justifica considerar como base de cálculo dos danos provocados pelo setor o consumo de combustíveis fósseis. A lógica é que, quanto mais uma determinada modalidade de transporte consome combustível fóssil, maiores são os impactos negativos produzidos. Assim, pode-se calcular o *shadow price* dos combustíveis veiculares considerando todas as externalidades negativas causadas pelo setor de transportes, sejam aquelas ligadas diretamente à queima dos combustíveis fósseis (poluição atmosférica e GEE), sejam as não ligadas à queima direta, mas correlacionadas à intensidade de uso do veículo (acidentes e congestionamentos, por exemplo).

Litman (2014) defende que os preços ótimos do transporte têm que refletir seus custos completos, dentro do conceito de neutralidade de planejamento. Significa dizer que o órgão gestor do sistema não deve imprimir qualquer tipo de viés ou subsídio que possa beneficiar (redução de custos) alguma modalidade de transporte. O autor classifica os custos em fixos internos, variáveis internos e custos externos (externalidades), nos quais estão considerados os custos como acidentes, congestionamentos e poluição. A partir dessa matriz de custos completos e planejamento neutro, pode-se observar a demanda real por cada modalidade em função dos preços reais praticados. Com essa prática, argumenta Litman na referida obra, o uso do transporte individual cai, e o sistema se torna mais sustentável.

Os preços-sombra abrem discussão também para a adoção de impostos voltados para a mitigação e a adaptação dos impactos ambientais causados pelos processos produtivos. São os chamados *green taxes* (impostos ambientais). A diferença, ou parte dela, entre o preço de mercado e o *shadow price* pode ser cobrada dos consumidores via imposto ambiental, com os recursos arrecadados se destinando à compensação dos impactos negativos gerados.<sup>2</sup>

Tisma, Pisarovic e Jurlin (2003) afirmam que o ponto de partida para a discussão sobre impostos ambientais tem que ser a justificativa econômica para a cobrança. O argumento básico é que, na ausência de qualquer regulamentação, o ambiente é usado ou degradado excessivamente, ou seja, a ponto de os custos de reduzir a degradação serem maiores que os benefícios de um ambiente melhorado. Valores muito altos de tributação, por sua vez, podem apresentar custos de abatimentos superiores aos benefícios gerados pela política de preservação dos recursos naturais, como a própria inviabilização, mesmo não planejada, daquele produto no mercado.

---

2. Quem primeiro sugeriu cobrar pelas externalidades geradas foi o economista inglês Arthur Cecil Pigou no início do século passado. Ele defendia um imposto sobre a unidade de poluição emitida que deveria igualar o custo marginal social dessa poluição no nível ótimo da emissão. Desde então, os economistas reconhecem as diferenças conceituais entre o custo privado e o custo total.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia simplificada de cálculo dos preços-sombra dos combustíveis dos sistemas de transporte brasileiros – a saber, álcool, gasolina, gás natural veicular (GNV), *diesel*, querosene de aviação –, considerando as principais externalidades, geradas pela movimentação dos veículos, ligadas às emissões de CO<sub>2</sub>, à mortalidade e morbidade originárias nos acidentes de transporte e aos custos envolvidos nos congestionamentos de trânsito. A partir desses valores, pode-se verificar o grau de distorção dos sistemas de preços praticados no mercado de combustíveis do transporte brasileiro, a fim de subsidiar políticas públicas mais sustentáveis na área.

## 2 SHADOW PRICE E AS DISTORÇÕES NOS PREÇOS DOS BENS E SERVIÇOS: FUNDAMENTOS MICROECONÔMICOS

O preço de um bem ou serviço retrata a sua escassez ou, em última análise, o valor que a sociedade dá para a aquisição ou o consumo daquele bem ou serviço. Esse processo de valoração geralmente ocorre sem que sejam considerados os danos ambientais e socioeconômicos ocorridos no processo produtivo (externalidades negativas).<sup>3</sup> Dessa forma, há um deslocamento da curva de oferta em relação à situação em que os custos das externalidades são considerados, gerando um novo ponto de equilíbrio no qual a quantidade demandada se torna maior e seu preço de mercado menor (gráfico 1).

Quando não se consideram os impactos negativos referentes à degradação dos recursos naturais ou mesmo à deterioração das condições de vida da população na estrutura de preços dos bens e serviços, não há possibilidade de formação, com recursos diretos dos consumidores e produtores, de fundos monetários mitigatórios dos danos gerados. O contrário ocorre quando se institui o imposto pigoviano (ou imposto ambiental),<sup>4</sup> situação na qual o(s) agente(s) poluidor(es) pagaria(m) pelos seus danos via cobrança de um imposto sobre o bem ou serviço cuja produção gerasse externalidade negativa. Não havendo esse mecanismo pigoviano ou outro semelhante, a sociedade como um todo, ou mesmo as gerações futuras, arcaria com todo o ônus dos impactos negativos gerados. Talvez isso seja uma das maiores injustiças quando se analisam modelos macroeconômicos intergeracionais.

Sem considerar as externalidades negativas dos produtos, os ganhos são privados (excedentes dos produtores e consumidores) e as perdas, socializadas (a sociedade paga por elas). O ganho dos consumidores reflete-se no nível de preço menor em relação ao equilíbrio que se teria quando se internalizassem os custos das externalidades negativas no processo produtivo (excedente do consumidor). Da mesma forma, o produtor tem um nível de demanda maior que na situação de custos sociais internalizados, gerando, assim, excedentes de lucros maiores (excedente do produtor).

O gráfico 1 ilustra a situação representada pelos excedentes do produtor e do consumidor. A curva de oferta  $S_1$  representa a situação em que os custos das externalidades negativas são considerados na estrutura produtiva e de precificação; e a curva  $S$  é a situação em que esses custos não são internalizados. Nessa última situação, que é mais frequente nas economias de mercado, a quantidade produzida do bem ou serviço  $Q_0$  é superior à quantidade produzida  $Q_1$ ,

3. Em algumas situações, podem ocorrer externalidades positivas, quando há impactos positivos da produção daquele bem para terceiros – por exemplo, a produção de abelhas, que favorece a polinização das áreas adjacentes. Neste trabalho, o foco se dá sobre as externalidades negativas. O imposto verde é para compensar as perdas com as externalidades negativas no processo produtivo ou de consumo de um bem ou serviço.

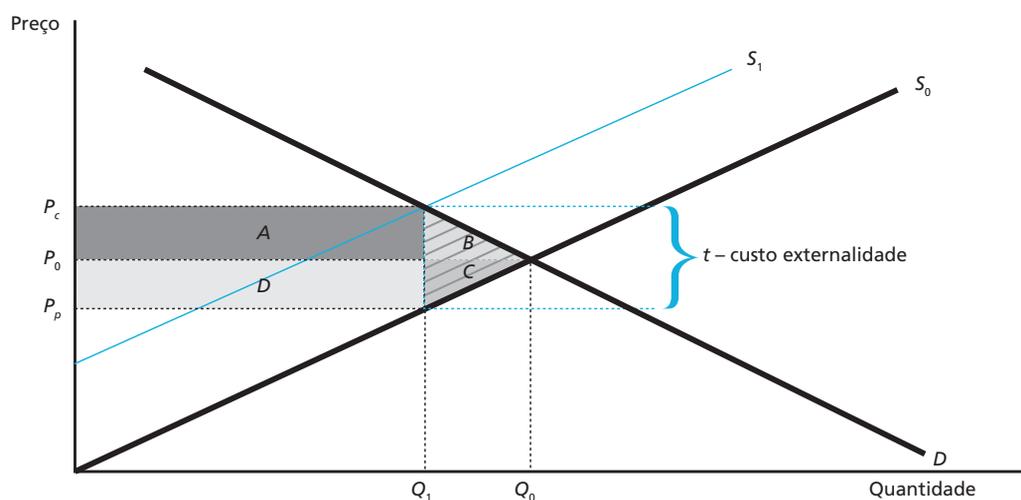
4. O imposto pigoviano ou ambiental seria justamente o valor somado ao preço do mercado do bem ou serviço acrescido da compensação pelos danos ambientais causados, ou seja, a diferença entre o *shadow price* e o preço de mercado.

na qual os custos das externalidades são considerados. Nessa situação, em que a quantidade de equilíbrio é maior, gera-se o excedente privado para o consumidor, representado pelas áreas  $A + B$ , e para o produtor, representado pelas áreas  $D + C$ .

Quando se considera o custo das externalidades, pode-se pensar analogamente como se houvesse a implementação de um imposto ambiental (verde)  $t$  (*green tax*). Nesse caso, a quantidade  $Q_0$  cai para  $Q_1$ , e os excedentes do produtor e do consumidor, representados pelas áreas  $A$  e  $D$ , são canalizados para as compensações pelas externalidades geradas. Os excedentes anteriores, representados pelas áreas  $B$  e  $C$ , referentes ao acréscimo de demanda/oferta consumido, deixam de existir, pois o mercado encolhe nessa situação.

GRÁFICO 1

Excedentes do produtor e consumidor quando se consideram os *shadow prices* na estrutura de precificação de um bem ou serviço



Fonte: Mankiw (2001).

Conforme visto no gráfico 1, os preços relativos das modalidades de transporte são fundamentais para a definição do nível de demanda de cada uma. Quando esses preços não refletem todos os custos gerados, significa que modalidades pouco sustentáveis podem dominar o mercado – e isto, de fato, ocorre atualmente, com a proliferação do transporte individual em detrimento do transporte coletivo. Isso mostra como é importante inserir os custos das externalidades (*shadow price*) nas estruturas de preços dos sistemas de transportes quando se propõe a consolidação de sistemas mais sustentáveis do ponto de vista ambiental, social e financeiro.

### 3 CUSTOS DAS EXTERNALIDADES DO SETOR DE TRANSPORTE

As subseções adiante procurarão quantificar o custo de algumas das externalidades produzidas pelo setor de transporte para efeito de cálculo do *shadow price* da matriz energética do transporte no Brasil.

#### 3.1 Custo de abatimento das emissões de CO<sub>2</sub> pelo setor de transporte

O CO<sub>2</sub> é o principal gás causador do aquecimento global. A comunidade científica vem evoluindo bastante nos estudos sobre a mensuração dos impactos do aumento da temperatura do planeta, mas não há consenso ainda sobre o total das implicações econômicas que isso

causará aos países.<sup>5</sup> Essa incerteza impossibilita a utilização do método de cálculo dos danos ambientais (De Bruyn e Korteland, 2010) para a quantificação dos custos das emissões veiculares desse gás no cálculo do preço-sombra dos combustíveis. Assim, utilizaram-se no estudo os cálculos do abatimento das emissões de carbono com valores referenciados no mercado de crédito de carbono, descrito adiante, e algumas perspectivas de economistas ligados ao Banco Mundial (Chiaretti, 2018).

A principal referência do custo com o abatimento das emissões de CO<sub>2</sub> é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que é um dispositivo, criado no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU), por meio do qual países ricos financiam projetos para tornar menos intensas as emissões de carbono nos países em desenvolvimento, com base no preço da mitigação de uma tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e). O total dessas toneladas reduzidas com os projetos pode ser abatido das cotas dos países ricos, acordadas nos tratados de mudança de clima. Assim, criou-se um mercado de crédito de carbono que gera valores permanentes do preço de referência da tCO<sub>2</sub>e mitigada. Esse valor girou em torno de US\$ 10 nos últimos anos. A Bolsa de Valores no Brasil, no dia 14 de dezembro de 2018, apresentava o valor de R\$ 22,75 para a tCO<sub>2</sub>e.

Vale ressaltar que esse valor do MDL é um ativo de mercado e não representa o custo real da externalidade negativa provocada pelas emissões de CO<sub>2</sub> ou o custo de adaptação das mudanças climáticas provocadas pelas emissões antrópicas de carbono. Para exemplificar, um grupo de economistas coordenado pelo americano Joseph Stiglitz e pelo britânico Nicholas Stern estimou que, para cumprir os compromissos do Acordo de Paris, o preço da tonelada de carbono deveria estar entre US\$ 40 e US\$ 80 em 2020 e entre US\$ 50 e US\$ 100 em 2050 (Stiglitz *et al.*, 2017). Os economistas indicam, ainda, que, dependendo do cenário, o valor poderia chegar a mais de US\$ 400. Optou-se neste trabalho por adotar as estimativas mais conservadoras.

Conforme o valor usado para precificar o custo de abatimento das emissões de carbono, o *shadow price* dos combustíveis de transporte pode variar bastante, distorcendo os preços relativos no caso de políticas de preços com base nos cálculos dessas externalidades climáticas. Assim, recomenda-se parcimônia na fixação dos valores. Neste trabalho, consideraram-se dois cenários: *i*) preço de US\$ 10/tCO<sub>2</sub>e, que se aproxima muito do que é praticado hoje em dia; e *ii*) preço de US\$ 30/tCO<sub>2</sub>e, que é muito maior que os valores de mercado, mas inferior ao que os economistas do Banco Mundial dizem ser necessário para o cumprimento do Acordo de Paris.

Para o cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> pelo setor de transporte, optou-se pelo método *top-down* (de cima para baixo), por ser mais bem aplicado para estudos macroeconômicos, além de haver dados confiáveis de vendas agregadas de combustíveis no Brasil. Com esse método, obtemos o volume de vendas de combustíveis para o setor de transporte e aplicamos um fator de emissão de CO<sub>2</sub> para calcular o total de emissões por tipo de combustível e, conseqüentemente, por modalidade de transporte.<sup>6</sup> A tabela 1 apresenta os resultados.

5. Com o aquecimento do planeta, vários setores econômicos dos países podem ser afetados em intensidades variadas, como agricultura, pesca, turismo, abastecimento de água etc. Além disso, o fenômeno está associado à ocorrência de eventos extremos, como tempestades, furacões e secas prolongadas, que afetam bastante as condições de vida da população e a atividade econômica em geral (Nordhaus, 2013).

6. As modalidades de transporte estão associadas ao tipo de combustível utilizado. Assim, o transporte individual motorizado utiliza basicamente gasolina C, álcool e GNV; o transporte de ônibus e hidroviário utiliza *diesel*; e o transporte aéreo utiliza predominantemente querosene de aviação. Com isso, pode-se fazer o *link* da modalidade de transporte com a matriz modal de combustível.

TABELA 1

**Emissões e custos de abatimento de CO<sub>2</sub> na matriz energética brasileira de transporte (2017)**

	Álcool	Gasolina C	<i>Diesel</i> <sup>1</sup>	GNV <sup>2</sup>	Aviação
Vendas de combustíveis (m <sup>3</sup> )	13.641.774	44.149.532	40.695.813	1.969.200	6.745.541
Fator de emissão de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	1,188	2,291	2,697	0,002	2,524
Emissões de CO <sub>2</sub> por combustível (tCO <sub>2</sub> e)	16.211.986	101.160.765	109.756.544	3.894	17.023.808
Custo de abatimento CO <sub>2</sub> : US\$ 10,00/tCO <sub>2</sub> e – R\$ 30,00 (R\$)	486.359.583	3.034.822.946	3.292.696.328	116.826	510.714.246
Custo de abatimento/litro de combustível: US\$ 10/tCO <sub>2</sub> e (R\$)	0,036	0,069	0,081	0,059	0,076
Custo de abatimento CO <sub>2</sub> : US\$ 30,00/tCO <sub>2</sub> e – R\$ 90,00 (R\$)	1.459.078.748	9.104.468.837	9.878.088.984	350.479	1.532.142.738

Elaboração do autor.

Notas: <sup>1</sup>A participação do setor transportes na venda de *diesel* é de 74,3%. Disponível em: <<https://anuario2018.somosplural.com.br/oleo-diesel/>>.<sup>2</sup> m<sup>3</sup> x 1.000.<sup>3</sup> Fatores de conversão utilizados nos estudos do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) e do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) (Gomes, Faria e Dallemole, 2010).

O consumo de gasolina e *diesel* apresenta os maiores valores de abatimento das emissões de carbono, girando na casa de R\$ 3 bilhões ao ano, considerando o valor de US\$ 10/tCO<sub>2</sub>e; e R\$ 10 bilhões ao ano, considerando um custo unitário de abatimento de US\$ 30. Para neutralizar essas emissões, considerando os valores do mercado de crédito de carbono, os litros desses combustíveis teriam que ficar de R\$ 0,07 e R\$ 0,08 mais caros do que é praticado hoje. No cenário de abatimento mais caro, esses valores subiriam para R\$ 0,20 e R\$ 0,24, respectivamente.

### 3.2 Custos com mortalidade e morbidade

De acordo com os dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS),<sup>7</sup> morrem no Brasil mais de 40 mil pessoas por ano vítimas de acidentes de transporte terrestre. Além disso, estima-se que mais de 300 mil pessoas anualmente tenham lesões graves em função desses acidentes (Ipea, 2015a).

Ipea (2015a) estimou em cerca de R\$ 50 bilhões ao ano os custos com os acidentes de trânsito no Brasil. Os principais componentes de custo estão ligados à perda de produção, com impactos diretos sobre a previdência pública e a renda da família das vítimas, e os custos hospitalares, divididos em pré-tratamento (emergência), tratamento e pós-tratamento.

Para a internalização desse custo na estrutura de preços dos combustíveis, é preciso distribuir os valores em função da participação da modalidade de transporte no total de acidentes. Há alguns desafios metodológicos nessa distribuição. Primeiro, qual tipo de acidente se consideraria como base para a distribuição dos custos: todos os acidentes, acidentes com mortes ou acidentes com vítimas graves? A segunda questão é: como alocar os custos por modalidade de transporte, já que mais de uma pode estar envolvida em um mesmo acidente, o que torna as estatísticas não mutuamente exclusivas? Por fim, vale ressaltar que uma mesma modalidade de transporte pode usar mais de um tipo de combustível, como o automóvel, que pode utilizar gasolina, álcool e até mesmo *diesel*, quando se classificam caminhonetes nesse segmento.

7. Disponível em: <<http://datasus.saude.gov.br/>>.

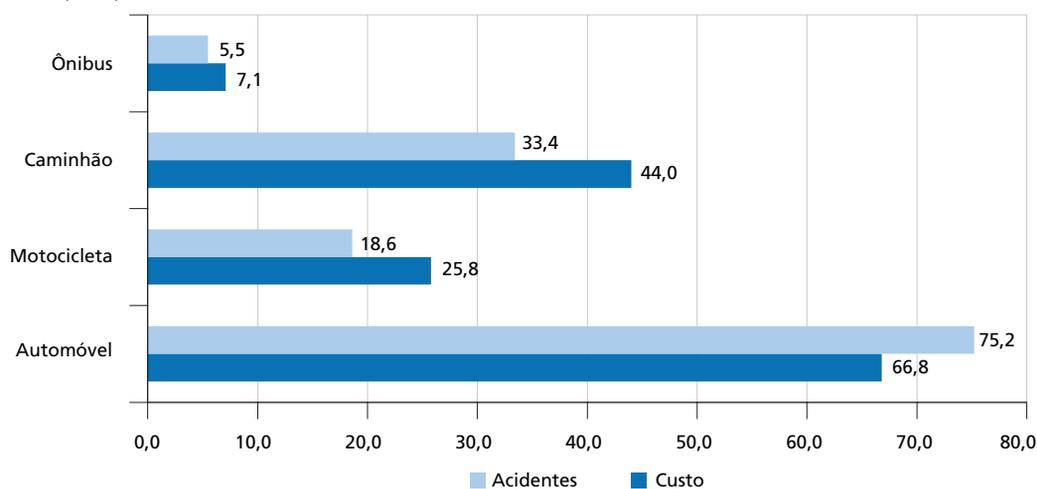
Dessa forma, para a internalização dos custos com mortalidade e morbidade nos acidentes de transporte, procurou-se associar a modalidade de transporte ao tipo de combustível utilizado, com base nas estatísticas de frota e venda de combustíveis, conforme a metodologia apresentada adiante.

O gráfico 2 mostra a participação de cada modalidade de transporte no total de acidentes e o total dos custos dos acidentes nas rodovias brasileiras (Ipea, 2015b). Observa-se, por exemplo, que os caminhões respondem por um terço dos acidentes, mas estão envolvidos em 44% dos custos gerados nos acidentes nas rodovias brasileiras. Com as motocicletas, a relação foi de 18,6% para 25,8%.

GRÁFICO 2

**Custos dos acidentes nas rodovias federais associados às modalidades de transporte (2014)**

(Em %)



Fonte: Ipea (2015b).

A partir desses dados de custos por modalidade, pode-se propor uma distribuição dos custos transformando as participações não excludentes em participações mutuamente excludentes, de acordo com a tabela 2.

TABELA 2

**Brasil: participação dos custos dos acidentes de transporte terrestre por modalidade de transporte (2014)**

(Em %)

Modal	Combustível	Custos dos acidentes (não excludentes)	Participação final
Ônibus	Diesel	7,1	4,9
Caminhão	Diesel	44,0	30,6
Motocicleta	Gasolina	25,8	18,0
Carro	Gasolina/álcool/GNV <sup>1</sup>	66,8	46,5
<b>Total</b>	-	<b>143,7</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Ipea (2015b).

Elaboração do autor.

Nota: <sup>1</sup> Participação: álcool, 30%; GNV, 1%.

Para conseguir o *share* dos acidentes por tipo de combustível, utilizou-se a distribuição dos custos dos acidentes por modalidade apresentada na tabela 3, com um ajuste na participação da gasolina e do álcool, já que há mais de uma modalidade utilizando o mesmo combustível. Assim, para o cálculo da participação dos custos dos acidentes nos veículos que

usam gasolina, utilizou-se um fator de 69% do custo do carro mais o custo da motocicleta (0,69 x 46% + 18%); para o álcool, de 30% do custo do carro; e para o GNV, de 1% do custo do carro. Os resultados finais são apresentados na tabela 3.

TABELA 3  
**Brasil: participação dos custos dos acidentes de transporte terrestre por tipo de combustível (2014)**  
 (Em %)

Combustível	Custos dos acidentes
<i>Diesel</i>	35,6
Gasolina	50,0
Álcool	13,9
GNV	0,5
<b>Total</b>	<b>100,0</b>

Elaboração do autor.

Pelos dados do DATASUS, houve 2.353 mortes por acidente de transporte aéreo no Brasil no período de 1996 a 2016, o que dá uma média de 118 mortes por ano.<sup>8</sup> Fazendo uma analogia com o custo dos acidentes do transporte terrestre, na qual o custo com a perda de produção é o principal componente, pode-se considerar, também no acidente aéreo, a prevalência desse componente no custo total. A diferença é que, no transporte aéreo, o custo com danos materiais é maior, uma vez que as aeronaves têm maior valor; além disso, não há tantos feridos, sendo os custos hospitalares menores, já que há um percentual maior de severidade nos acidentes. Assim, considerando que a perda de produção é o maior componente de custo de um acidente com morte, estipulou-se, no estudo, de forma bastante simplificada, o custo de uma morte nas modalidades não rodoviárias semelhante ao obtido no cálculo do transporte terrestre, em torno de R\$ 1 milhão, totalizando R\$ 118 milhões em 2016, no caso aéreo.

Vale ressaltar que, como o perfil dos usuários e trabalhadores é diferente, provavelmente haverá valores específicos para cada modalidade dos cálculos com perda de produção. Os valores finais não são muitos distorcidos pela simplificação metodológica em função da quantidade insignificante de mortes nas modalidades de transporte não terrestre.

De acordo com o DATASUS, os acidentes em transporte hidroviário no Brasil mataram 2.077 pessoas nos últimos vinte anos, perfazendo uma média de 104 mortes por ano. Para simplificar os cálculos, utilizou-se o mesmo valor do custo por morte obtido na pesquisa de acidentes terrestres, totalizando um custo de R\$ 104 milhões. Com base nessas estatísticas, pôde-se obter os resultados apresentados na tabela 4.

Observa-se que, pela metodologia adotada, a gasolina precisaria ter o maior reajuste absoluto para compensar os custos com acidentes de transporte no Brasil, com um aumento de R\$ 0,57 no seu valor. Isso ocorre em função da alta frequência de acidentes com vítimas graves utilizando motocicleta (um terço das mortes de trânsito atualmente) e também automóveis. O valor de R\$ 0,44 de aumento para o *diesel* ocorre principalmente em função dos acidentes com caminhões, que estão envolvidos em cerca de 40% dos custos dos acidentes de trânsito. Como os acidentes aéreos são raros, essa externalidade apresentou um baixo impacto sobre o custo do combustível aéreo.

8. O número anual médio de mortes que ocorreram nos últimos dez ou vinte anos vem caindo em função de inovações tecnológicas e melhoria das condições de segurança, o que pode ter um efeito de superestimação da média calculada.

TABELA 4

**Brasil: custos dos acidentes de transporte por unidade do combustível consumido (2017)**

	Álcool	Gasolina C	Diesel <sup>1</sup>	GNV <sup>2</sup>	Aviação
Vendas de combustíveis (m <sup>3</sup> )	13.641.774	44.149.532	40.695.813	1.969.200	6.745.541
Participação de acidentes terrestres (%)	13,9	50,0	35,6	0,5	-
Custo de acidentes terrestres: R\$ 50 bilhões (R\$)	6.972.860.125	25.014.613.779	17.780.097.425	232.428.671	-
Custo de acidentes aéreos (R\$)	-	-	-	-	118.000.000
Custo de acidentes hidroviários (R\$)	-	-	104.000.000	-	-
Custo total dos acidentes (R\$)	6.972.860.125	25.014.613.779	17.884.097.425	232.428.671	118.000.000
Custo de acidentes/litro de combustível (R\$)	0,51	0,57	0,44	0,12	0,02

Elaboração do autor.

Notas: <sup>1</sup> A participação do setor de transportes na venda de *diesel* é de 74,3%. Disponível em: <<https://anuario2018.somosplural.com.br/oleo-diesel/>>.<sup>2</sup> m<sup>3</sup> x 1.000.**3.3 Custos de congestionamentos urbanos**

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontam que existem no Brasil cerca de quarenta regiões metropolitanas (RMs) que concentram metade da população brasileira e mais de 60% do produto interno bruto (PIB) do país. Isso também significa que há uma concentração muito grande da frota de veículos automotores nessas regiões, assim como em outros grandes centros urbanos, mesmo não pertencendo a alguma RM. O descompasso entre a capacidade do sistema viário dessas cidades/RMs e o alto volume de veículos motorizados gera grandes perdas de tempo dos cidadãos nos seus deslocamentos diários, em função dos congestionamentos urbanos.

Em 2006, estimava-se em R\$ 8 bilhões o custo total com os congestionamentos urbanos nos aglomerados urbanos brasileiros, sendo que o valor se referia ao excesso de combustível consumido e de poluentes gerados nas viagens e também ao impacto sobre o custo dos serviços de transporte público que os congestionamentos provocavam – cerca de 10%, segundo os dados da pesquisa. Atualizando esse valor para 2018, chega-se a uma cifra de R\$ 16 bilhões.<sup>9</sup>

Há estudos mais recentes mostrando números mais estarrecedores que os do Ipea. A Fundação Getúlio Vargas (FGV) chegou a números próximos a R\$ 40 bilhões somente na RM de São Paulo (Cintra, 2014). A diferença em relação ao estudo do Ipea é que a FGV considerou o custo de oportunidade referente à perda de tempo dos cidadãos nos deslocamentos congestionados. O cálculo envolveu o custo-horário do trabalhador com base no PIB, dividido pela população economicamente ativa (PEA) e pelo número de horas regulamentares de trabalho. Estudos internacionais<sup>10</sup> apresentam valores na faixa de 1% a 3% do PIB para perdas dos países com congestionamentos urbanos devido principalmente à perda de tempo e à produtividade das pessoas. Se, com o objetivo de expandir os dados para atingir as demais RMs brasileiras, o resultado da FGV for majorado em torno de 50%,<sup>11</sup>

9. Atualização feita pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).

10. Entre os estudos, conferir os disponíveis em: <<https://www.economist.com/graphic-detail/2018/02/28/the-hidden-cost-of-congestion>>; <<https://www.weforum.org/agenda/2019/03/traffic-congestion-cost-the-us-economy-nearly-87-billion-in-2018/>>; <<https://www.vtpi.org/tca/>>; e <<http://inrix.com/press-releases/scorecard-2018-uk/>>.

11. Em termos de população, São Paulo representa menos de um terço da população das RMs, mas, considerando que o estudo da FGV utilizou dados daquela que é a mais rica região econômica do país, o que inflou o valor da hora trabalhada, optou-se por definir de forma mais conservadora (1,4) o fator de expansão do custo dos congestionamentos para as demais RMs. Recomenda-se um estudo mais detalhado para o cálculo desse fator em trabalhos futuros.

com as deseconomias provocadas pelos congestionamentos de trânsito, chega-se a um valor próximo a 1% do PIB, o que é coerente com a maior parte da bibliografia da área.

Dessa forma, neste trabalho, optou-se por dois cenários diferentes para se considerar a externalidade dos congestionamentos: *i*) valores calculados pelo Ipea para o conjunto dos aglomerados urbanos sem o custo de oportunidade; e *ii*) valores do estudo da FGV para a RM de São Paulo considerando os custos de oportunidades, majorados conservadoramente em 50% para contemplar as demais RMs (R\$ 40 bilhões x 1,5 = R\$ 60 bilhões).

A tabela 5 apresenta os custos de congestionamentos considerados no parágrafo anterior utilizando a distribuição da frota de veículos automotores no Brasil por tipo de combustível.

TABELA 5  
Brasil: frota de veículos automotores e fator de equivalência (carro = 1)

Modal	Combustível	Frota (un.)	Fator de equivalência <sup>1</sup>	Frota equivalente (un.equivalente)	Participação final da frota (%)
Ônibus	<i>Diesel</i>	0,4	2,5	1	1,9
Caminhão	<i>Diesel</i>	1,9	2,5	4,75	8,9
Motocicleta	Gasolina	13,1	0,5	6,55	12,3
Carro	Gasolina/álcool/GNV	41,1	1	41,1	77,0
<b>Total</b>	-	<b>56,5</b>		<b>53,4</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (Sindipeças). Disponível em: <[https://www.sindipeças.org.br/sindinews/Economia/2019/RelatorioFrotaCirculante\\_Maio\\_2019.pdf](https://www.sindipeças.org.br/sindinews/Economia/2019/RelatorioFrotaCirculante_Maio_2019.pdf)>.

Elaboração do autor.

Nota: <sup>1</sup> Trata-se da relação espacial entre os veículos com base no tamanho do automóvel. Por exemplo: fator de 2,5 significa que o veículo ocupa 2,5 mais espaço que o automóvel. Foram usados como referência os valores utilizados nas pesquisas Origem-Destino nas capitais. No caso dos caminhões, o valor equivalente tende a ser menor, já que parte da frota circula apenas em rodovias e não influencia os congestionamentos urbanos.

Para calcular o impacto final do custo dos congestionamentos por tipo de combustível, procedeu-se de forma similar aos custos dos acidentes, só que, dessa vez, a ponderação foi feita em função da frota equivalente (tabela 6).

TABELA 6  
Brasil: frota de veículos por tipo de combustível e fator de equivalência (2018)  
(Em %)

Combustível	Frota equivalente <sup>1</sup>
<i>Diesel</i>	10,8
Gasolina <sup>2</sup>	65,4
Álcool <sup>2</sup>	23,1
GNV <sup>2</sup>	0,8
<b>Total</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Sindipeças. Disponível em: <[https://www.sindipeças.org.br/sindinews/Economia/2019/RelatorioFrotaCirculante\\_Maio\\_2019.pdf](https://www.sindipeças.org.br/sindinews/Economia/2019/RelatorioFrotaCirculante_Maio_2019.pdf)>.

Elaboração do autor.

Notas: <sup>1</sup> Carro = 1; caminhão e ônibus = 2,5; e motocicleta = 0,5.

<sup>2</sup> Carro utilizando gasolina (70%), álcool (30%) e GNV (1%).

Observa-se, pelos resultados (tabela 7), que álcool e gasolina apresentam os maiores custos e conseqüentemente os maiores preços adicionados para a compensação dessa externalidade (perda de tempo principalmente). Isso ocorre em função de os automóveis serem os grandes causadores dos congestionamentos urbanos em razão da sua baixa capacidade e eficiência de transporte.

TABELA 7

## Brasil: custos de congestionamentos urbanos por unidade do combustível consumido (2017)

	Álcool	Gasolina C	Diesel <sup>1</sup>	GNV <sup>2</sup>	Aviação
Vendas (m <sup>3</sup> )	13.641.774	44.149.532	40.695.813	1.969.200	6.745.541
Frota equivalente por tipo de combustível (%)	23,1	65,4	10,8	0,8	-
Custo com congestionamento Ipea: R\$ 16 bilhões (R\$)	3.694.382.022	10.459.625.468	1.722.846.442	123.146.067	-
Custo com congestionamento Ipea/litro (R\$)	0,27	0,24	0,04	0,06	-
Custo com congestionamento FGV: R\$ 60 bilhões (R\$)	13.853.932.584	39.223.595.506	6.460.674.157	461.797.753	-
Custo com congestionamento FGV expandido/litro (R\$)	1,02	0,89	0,16	0,23	-

Elaboração do autor.

Notas: <sup>1</sup> A participação do setor transportes na venda de *diesel* é de 74,3%. Disponível em: <<https://anuario2018.somosplural.com.br/oleo-diesel/>>.  
<sup>2</sup> m<sup>3</sup> x 1000.

#### 4 CÁLCULO DO *SHADOW PRICE* NA MATRIZ DE PREÇOS DOS COMBUSTÍVEIS E POLÍTICAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS

Conforme discutido anteriormente, pode-se questionar o motivo de se considerar custos de acidentes e custos com congestionamentos na matriz de preços dos combustíveis utilizados no segmento de transportes. A princípio, apenas as emissões de CO<sub>2</sub>, resultado do processo de queima dos combustíveis, seria uma externalidade direta desse produto. O fato é que se as externalidades citadas (acidentes e congestionamentos) estão ligadas à intensidade do uso dos veículos, a melhor base de cálculo para se cobrar por essas externalidades seria o consumo de combustíveis. Quanto maior o consumo desses combustíveis, mais externalidades a sociedade terá. É uma relação direta e fácil de ser quantificada.

Pode-se, contudo, pensar em estratégias alternativas para cobrança dessas externalidades, por exemplo na carga tributária de aquisição ou nos impostos de propriedade dos veículos (Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores – IPVA). A desvantagem dessas estratégias é que na compra ou posse não há relação com a intensidade de uso, o que distorceria a distribuição do ônus da externalidade (problemas de equidade). O pedágio urbano, além da cobrança pelo estacionamento dos veículos, também seria uma alternativa interessante, por apresentar relação com a intensidade do uso, no caso o uso das vias pelos usuários.

De qualquer forma, a concentração das políticas de compensação pelas externalidades com base no *shadow price* de um setor em um único produto pode ocasionar fortes resistências populares. O maior exemplo é o aumento no preço dos combustíveis, proposto recentemente na França, a título de compensações ambientais (*green tax*). Houve forte reação popular, e o governo teve que voltar atrás na medida. No Brasil também houve revoltas semelhantes, a exemplo da greve dos caminhoneiros em 2018.

Os resultados das simulações são apresentados em três cenários principais (tabela 8), de acordo com a estratégia que se queira adotar na política compensatória. No primeiro, consideraram-se apenas os custos com abatimento das emissões de carbono pela queima de combustíveis veiculares. Observa-se nesse cenário que o *diesel* apresenta o maior *shadow price*, variando de R\$ 0,08 a R\$ 0,24 o litro. A gasolina também se destaca com alto valor, assim como o querosene de aviação, apesar do volume de vendas bastante reduzido desse último combustível em relação aos demais.

No cenário 2, consideraram-se os custos dos abatimentos de CO<sub>2</sub> e os custos dos acidentes de transporte. O custo de compensação na gasolina variou de R\$ 0,64 a R\$ 0,77 por litro nesse cenário. O *diesel* chegou a um valor máximo de acréscimo de R\$ 0,68. Nesse cenário, aumenta bastante o preço-sombra da gasolina e do *diesel* em função do fato de os acidentes de trânsito envolverem em sua maioria motocicletas e automóveis (veículos que usam predominantemente gasolina), além de caminhões, que utilizam *diesel*.

Por fim, o cenário 3 considera as três externalidades abordadas neste trabalho – emissões de CO<sub>2</sub>, custo dos acidentes de transporte e custo dos congestionamentos. Nesse cenário há variações de preços que chegam a mais de 50% do valor do litro do combustível (álcool). A gasolina apresenta variações entre 20% e 40% do preço cobrado, enquanto o *diesel* mostra uma variação menor. Isso ocorre porque as agregações dos congestionamentos recaem mais sobre os automóveis que utilizam basicamente álcool e gasolina.

Vale ressaltar que os congestionamentos geralmente ocorrem em áreas urbanas e em grandes municípios. Quando há cobrança dessa externalidade via preço nacional, conforme a metodologia adotada neste trabalho, os moradores de municípios menores ou usuários de rodovias estarão também pagando por parte dessa externalidade em cuja origem eles não tiveram participação.

Políticas de preços diferenciadas por territórios, por sua vez, causam fortes distorções no mercado, já que haveria uma concentração de abastecimentos nos postos fora das áreas de compensação pelas externalidades. Essa talvez seja a principal razão para uma política ótima de compensação pelos congestionamentos ocorrer via pedágio e não pela cobrança nos combustíveis consumidos, apesar das fortes resistências também apresentadas pela população na instituição desse instrumento.

TABELA 8

**Brasil: *shadow price* dos preços dos combustíveis do setor de transporte considerando cenários com externalidades diversas deste setor (2017)**

Tipo de combustível	Cenário 1 Custo de abatimento CO <sub>2</sub>		Cenário 2 Abatimento CO <sub>2</sub> + custo de acidentes de transporte		Cenário 3 Abatimento CO <sub>2</sub> + custo de acidentes + custo de congestionamentos	
	<i>Shadow price</i> mínimo (R\$)	<i>Shadow price</i> máximo (R\$)	<i>Shadow price</i> mínimo (R\$)	<i>Shadow price</i> máximo (R\$)	<i>Shadow price</i> mínimo (R\$)	<i>Shadow price</i> máximo (R\$)
	Variação de preço mínima (%)	Variação de preço máxima (%)	Variação de preço mínima (%)	Variação de preço máxima (%)	Variação de preço mínima (%)	Variação de preço máxima (%)
Álcool	0,036	0,107	0,55	0,62	0,82	1,63
Gasolina C	0,069	0,206	0,64	0,77	0,87	1,66
<i>Diesel</i>	0,081	0,243	0,52	0,68	0,56	0,84
GNV	0,059	0,178	0,18	0,30	0,24	0,53
Aviação	0,076	0,227	0,09	0,24	0,09	0,24
Álcool	1,24	3,72	18,99	21,47	28,40	56,74
Gasolina C	1,68	5,05	15,55	18,92	21,35	40,67
<i>Diesel</i>	2,39	7,16	15,35	20,13	16,60	24,81
GNV	2,45	7,35	7,33	12,23	9,91	21,91
Aviação	1,89	5,68	2,33	6,12	2,33	6,12

Elaboração do autor.

Os altos valores dos preços-sombra para a gasolina e o álcool indicam a direção a se adotar em termos de implementações de políticas públicas. Eles apontam que as políticas

hoje estão implicitamente subsidiando o uso de automóveis e motocicletas. No caso do transporte regional, o *shadow price* do *diesel* também indica políticas voltadas para o setor rodoviário. Um imposto sobre o *diesel* beneficiaria as modalidades mais eficientes (como ferrovias de maior capacidade), mesmo que elas também utilizem esse tipo de combustível. Em termos relativos, os custos de cada uma dessas modalidades de alta capacidade cairiam, atraindo mais investimentos e demanda.

Em termos de políticas públicas, seria interessante, a fim de se obter um transporte mais sustentável, a taxaço da gasolina, do *diesel* e do álcool para internalizar seus custos ambientais. Uma consequência dessa política seria tornar o transporte público mais competitivo, gerando, assim, um deslocamento de demanda para essa modalidade. Além disso, é necessário que se façam mais investimentos em sistemas com maior eficiência e com menos externalidades, como os metroferroviários e hidrovíários. Isso vale também para o transporte regional de carga. É claro que medidas como essas devem ser adotadas gradativamente para que não haja muitos impactos econômicos e sociais, já que os investimentos citados são de longo prazo e maturação.

## 5 CONCLUSÕES

O setor de transporte gera fortes externalidades, entre as quais se destacam as emissões de poluentes, em especial o CO<sub>2</sub>, que causa o aquecimento global; a mortalidade e morbidade causadas pelos acidentes envolvendo os veículos; e também as grandes perdas de tempo e produtividade causadas pelos congestionamentos urbanos.

No Brasil não há políticas de compensação pelas externalidades geradas pelo setor de transporte. Neste artigo, procurou-se discutir uma política em que os custos gerados pelas externalidades citadas fossem recuperados por uma política pública para a mitigação ou compensação dos danos. A pesquisa trabalhou com o fato de essas compensações serem computadas na estrutura de preços dos combustíveis utilizados no transporte (*shadow price*), apesar da possibilidade do questionamento da viabilidade política de concentração nesse segmento de todas as externalidades geradas pelo setor de transportes. A vantagem desse procedimento é que a venda de combustíveis é uma *proxy* perfeita para a intensidade de uso do transporte e conseqüentemente para a geração de externalidades.

Com essa política compensatória, chegou-se a resultados interessantes, com variações de até 50% no preço de alguns combustíveis para compensar todas as externalidades consideradas (o álcool, por exemplo). Se o governo optar por compensar apenas a emissão de carbono na atmosfera pelo setor de transporte, o preço da gasolina e do diesel, principais combustíveis do setor, teria que sofrer reajustes na ordem de 6% a 7%. Com os acidentes e congestionamentos, esse impacto subiria bastante, chegando a 25% e 40% de majoração no preço, respectivamente.

Vale ressaltar que, no Brasil, políticas de preços realistas poderiam viabilizar o investimento na ampliação da malha ferroviária, seja no transporte urbano, seja no de carga. O transporte ferroviário gera pouca externalidade, pois praticamente não há mortes em acidentes e ele não contribui para a formação de congestionamentos urbanos. Os sistemas metroviários são energizados, portanto emitem pouquíssimos GEE, dado que o Brasil possui uma matriz energética majoritariamente limpa. Os sistemas regionais ferroviários de carga, pela sua maior eficiência, também impactam pouco em comparação aos modais rodoviários. Isso vale também para o transporte regional hidrovíário. Assim, preços mais altos do *diesel*, mesmo também afetando essas modalidades, estimulariam uma maior participação delas na matriz modal de transporte, já que seus custos relativos seriam menores que os do transporte rodoviário.

Em resumo, o setor de transportes gera muitas externalidades, como a morte de mais de 40 mil pessoas por ano e mais 300 mil incapazes em função dos acidentes de trânsito, só para citar uma dessas preocupantes consequências. Significa dizer que a sociedade perde bastantes recursos, de forma não transparente, e apresenta um nível de consumo muito maior que o socialmente ótimo para determinadas modalidades de transporte. Isso ocorre porque não há políticas de fixação de preços baseadas no custo real da produção daquele serviço. Assim, pode-se concluir que é justo que os consumidores aloquem recursos, para a mitigação ou adaptação dos danos gerados pela produção e pelo consumo de um bem ou serviço, proporcionalmente à intensidade de uso de uma determinada modalidade causadora dos tais danos. Essa medida justifica plenamente as políticas públicas compensatórias embutidas nos preços desses bens e serviços (*shadow price*), apesar das resistências fortes que os políticos encontram no momento de implementá-las.

## REFERÊNCIAS

CHIARETTI, D. Preço do carbono tem de saltar para cumprir acordo do clima, diz estudo. **Valor Econômico**, São Paulo, 29 maio 2018. Disponível em: <<https://www.valor.com.br/internacional/4984338/preco-do-carbono-temde-saltar-para-cumprir-acordo-do-climadiz-estudo>>.

CINTRA, M. **Os custos dos congestionamentos na cidade de São Paulo**. São Paulo: FGV, 2014. (Texto para Discussão, n. 356).

DE BRUYN, S.; KORTELAND, M. Shadow prices handbook: valuation and weighting of emissions and environmental impacts. **CE Delft**, Mar. 2010.

GOMES, V. M.; FARIA, A. M. de M.; DALLEMOLE, D. Estimativa da emissão de gás carbônico derivado do consumo de combustíveis do Brasil e Mato Grosso entre 2000 e 2008: identificando contenção de externalidades negativas e tendências de ajustamento a uma economia de baixo carbono. *In*: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 5., 2010, Florianópolis, Santa Catarina. **Anais...** Florianópolis: Anppas, 2010.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do Ipea**. Brasília: Ipea, 2015a. (Relatório de Pesquisa).

\_\_\_\_\_. **Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras: caracterização, tendências e custos para a sociedade**. Brasília: Ipea, 2015b. (Relatório de Pesquisa).

LITMAN, T. Economically optimal transport prices and markets: what would happen if rational policies prevailed? *In*: INTERNATIONAL TRANSPORTATION AND ECONOMIC DEVELOPMENT CONFERENCE, 5., 2014, Dallas, Texas. **Anais...** Dallas: I-TED, 2014.

MANKIWI, N. G. **Introdução à economia: princípios de micro e macroeconomia**. Tradução da 2ª edição americana. São Paulo: Campus, 2001.

NORDHAUS, W. **The climate casino: risk, uncertainty, and economics for a warming world**. New Haven: Yale University Press, 2013.

SARTORI, D. *et al.* **Guide to cost-benefit analysis of investment projects: economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020**. Brussels: European Commission, 2014.

STIGLITZ, J. E. *et al.* **Report of the high-level commission on carbon prices**. Washington: World Bank, 2017. p. 33. Disponível em: <<https://doi.org/10.7916/d8-w2nc-4103>>.

TISMA, S.; PISAROVIC, A.; JURLIN, K. Fiscal policy and environment: green taxes in Croatia. **Croatian International Relations Review**, v. 9, n. 33, Oct./Dec. 2003.

## BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. Rio de Janeiro: ANP, 2018.

CARVALHO, C. H. R. de. **Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros**. Brasília: Ipea, 2011. (Texto para Discussão, n. 1606).

FGV – FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. Notas de aula FGV: fundamentos de microeconomia. **EPGE Escola Brasileira de Economias e Finanças**, [s.d.]. Disponível em: <<http://epge.fgv.br/we/Graduacao/FundamentosMicroeconomiaII/2012?action=AttachFile&do=get&target=FundMicro-4.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

GUROVITZ, H. Macron e os 'jalecos amarelos'. **G1**, 27 nov. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mundo/blog/helio-gurovitz/post/2018/11/27/macron-e-os-jalecos-amarelos.ghtml>>.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Custos dos congestionamentos urbanos**. Brasília: Ipea, 1998.

