

TEXTO PARA **DISCUSSÃO**

2533

**ESTIMATIVA DO VALOR DA VIDA
ESTATÍSTICA E DO VALOR DA ECONOMIA
DE TEMPO EM VIAGENS NAS RODOVIAS
BRASILEIRAS COM A UTILIZAÇÃO DE PESQUISA
DE PREFERÊNCIA DECLARADA**

**Tatiana Kolodin Ferrari
Luiza de Alencar Dusi
Daniel A. Feitosa Lopes
Fabiano Mezadre Pompermayer**



ESTIMATIVA DO VALOR DA VIDA ESTATÍSTICA E DO VALOR DA ECONOMIA DE TEMPO EM VIAGENS NAS RODOVIAS BRASILEIRAS COM A UTILIZAÇÃO DE PESQUISA DE PREFERÊNCIA DECLARADA

Tatiana Kolodin Ferrari¹

Luiza de Alencar Dusi²

Daniel A. Feitosa Lopes³

Fabiano Mezadre Pompermayer⁴

1. Pesquisadora do Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura (Diset) do Ipea.

2. Pesquisadora do PNPD na Diset/Ipea.

3. Pesquisador do PNPD na Diset/Ipea.

4. Técnico de planejamento e pesquisa na Diset/Ipea.

Governo Federal

Ministério da Economia

Ministro Paulo Guedes

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

Carlos von Doellinger

Diretor de Desenvolvimento Institucional

Manoel Rodrigues Junior

Diretora de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia

Flávia de Holanda Schmidt

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

José Ronaldo de Castro Souza Júnior

Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais

Nilo Luiz Saccaro Júnior

Diretor de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura

André Tortato Rauen

Diretora de Estudos e Políticas Sociais

Lenita Maria Turchi

Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais

Ivan Tiago Machado Oliveira

Assessora-chefe de Imprensa e Comunicação

Mylena Fiori

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2019

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).
Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: J17; R41; C35.

SUMÁRIO

SINOPSE	
ABSTRACT	
1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
3 DESENHO E APLICAÇÃO DA PESQUISA DE PD	13
4 PERFIL DOS RESPONDENTES	24
5 ANÁLISE DE ESCOLHA DISCRETA	33
6 RESULTADOS E ESTIMATIVAS	37
7 CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS	52
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....	54

SINOPSE

O texto discute os procedimentos metodológicos e faz a estimação do valor da economia de tempo de viagem e do valor da vida estatística em viagens por rodovias no Brasil. Realizou-se um experimento de preferência declarada, que contou com algumas inovações para o controle de viés hipotético. A pesquisa foi feita *on-line* por meio da técnica de bola de neve, sendo solicitado aos respondentes que escolhessem entre duas rotas hipotéticas com diferentes níveis de três atributos: custo de pedágio, tempo e número de mortes. A análise aplicou o modelo *mixed logit* para estimar a disposição a pagar pela redução do tempo de viagem e pela redução no risco de morte nas rodovias. Os resultados mostraram diferenças significativas nos valores encontrados em função do nível de certeza na resposta do indivíduo. O modelo também foi estimado fazendo-se o controle pelas características de viagens e dos indivíduos. Apesar dos importantes resultados encontrados, os primeiros de nosso conhecimento para o contexto brasileiro, a coleta de dados foi enviesada para segmentos de renda média e alta, o que impõe alguns limites na extrapolação desses resultados para a população do país. Assim, os resultados mais robustos apontam para o valor da economia de tempo entre 79% e 36% do valor do tempo laboral, e para o valor da vida estatística entre R\$ 2,4 milhões e R\$ 3,1 milhões (a preços de 2017).

Palavras-chave: valor da vida estatística; valor da economia de tempo; preferência declarada; modelo de escolha discreta.

ABSTRACT

In this paper, we discuss the methodological procedures and the computation of the value of travel time saving and the value of statistical life in road travels in Brazil. A stated preference experiment was carried out, in which we bring some innovations in order to control for hypothetical bias. The survey was conducted online through the snowball technique, requesting respondents to choose between two hypothetical routes with different levels of three attributes: toll cost, time and number of deaths. The mixed logit model was used to estimate the willingness to pay for the travel time saving and for the death risk reduction. The results show a significant difference in the values given the certainty level in the individual's answer. The model is also estimated controlled for travel and individual characteristics. Despite the important results found, the first ones in our knowledge for the Brazilian context, the data collection was biased towards medium and high income, which limits the extrapolation of its results to the country

population. Given that, the most robust estimates indicate the value of travel time saving to be between 79% and 36% of the working time value, and value of a statistical life between R\$ 2.4 million and R\$ 3.1 million (at 2017 prices).

Keywords: value of statistical life; value of travel time saving; stated preference; discrete choice modelling.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil conta com uma rede rodoviária de cerca de 1,8 milhão de quilômetros, sendo o principal meio de transporte do país. Dados da Pesquisa CNT de Rodovias (CNT, 2016), entretanto, mostram que o estado geral das rodovias brasileiras é deficiente: apenas 12,3% delas são pavimentadas, 86,6% são de pista simples e 42,2% não possuem acostamento. De acordo com a avaliação realizada pela própria Confederação Nacional do Transporte (CNT), as deficiências nas estradas causam alto consumo de combustível, maior desgaste da frota de veículos, maior ocorrência de acidentes e danos ambientais. Além disso, estradas com limitação de capacidade e esburacadas aumentam consideravelmente o tempo de viagem.

Pompermayer (2017) mostra que os gastos médios anuais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), apenas com a recuperação e a manutenção da malha viária, são de mais de R\$ 8 bilhões, e ainda assim insuficientes para manter um padrão de qualidade aceitável.

Os recursos escassos fazem com que os gestores de políticas públicas priorizem diferentes investimentos com relação às melhorias de infraestrutura rodoviária. Melhorias na condição das estradas podem resultar em importantes ganhos na redução do tempo de viagem, na diminuição dos custos e de manutenção dos veículos e na limitação do número de acidentes fatais. Assim, os projetos de intervenção podem ser justificados por meio de análises de custo-benefício. É necessário, dessa maneira, que se obtenham os valores monetários de tais benefícios.

De acordo com a teoria microeconômica da preferência revelada, o valor dos bens e serviços pode ser derivado da observação das escolhas realizadas pelos indivíduos. O tempo e a redução do risco de morte, entretanto, não possuem valor de mercado, por serem benefícios não tangíveis e subjetivos.

Diante disso, o estudo tem por objetivo obter estimativas referentes aos parâmetros de valor de economia do tempo (*value of travel time savings* – VTTS) e de valor da vida estatística (*value of statistical life* – VSL) para o caso brasileiro, a fim de subsidiar análises de custo-benefício dos projetos de investimento em rodovias, bem como em outros projetos ou políticas que envolvam esses parâmetros. A metodologia utilizada

consistiu na aplicação de questionários para obter a preferência declarada (PD) dos indivíduos e na utilização do modelo *mixed logit*, de escolha discreta, para estimar a propensão a pagar (*willingness to pay* – WTP) por esses atributos.

Além desta breve introdução, o trabalho apresenta, na segunda seção, o referencial teórico sobre as estimativas da WTP para a redução do tempo de viagem e do risco de morte e sobre as técnicas de PD. Em seguida, a terceira seção descreve o questionário aplicado, tanto na sua formulação geral quanto com relação ao desenho do experimento de PD. A descrição da população respondente é brevemente tratada na quarta seção. A quinta seção, por sua vez, mostra a análise do modelo de escolha discreta, percorrendo sobre a metodologia aplicada e sobre os resultados obtidos. Por fim, a sexta e última seção sumariza as principais contribuições obtidas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 VTTS e VSL

De acordo com Carvalho (2005), pode-se dizer que a administração pública enfrenta dois problemas fundamentais com relação à decisão dos seus gestores: a primeira se refere à alocação de recursos públicos e a segunda concerne à falta de métodos para mensurar os impactos das políticas públicas propostas.

Nesse aspecto, a metodologia de análise de custo-benefício (*cost-benefit analysis* – CBA) se mostra eficiente para a avaliação do projeto ou da política pública a ser implementada, assim como para a alocação de recursos, uma vez que permite a comparação entre os custos e benefícios auferidos em diferentes projetos.

O método de CBA nada mais é que uma forma de se avaliarem monetariamente as consequências de uma determinada política sobre todos os membros da sociedade (Boardman *et al.*, 2011). Os procedimentos dessa técnica envolvem a determinação dos impactos na sociedade, a avaliação desses impactos em termos monetários e o cálculo do benefício líquido total. O valor monetário atua como uma métrica comum e permite que os diferentes custos e benefícios sejam comparados.

No caso de políticas em infraestrutura de transportes, Sullivan *et al.* (2008) apontaram quatro benefícios típicos: redução do custo de operação dos veículos, diminuição da emissão de poluentes, aumento da segurança e economia do tempo de viagem. O problema surge quando nem todos os componentes para a avaliação são mensuráveis diretamente.

Com relação aos benefícios apontados, enquanto o primeiro é passível de ser calculado por valor de mercado, os outros três não são. Nesse caso, outras técnicas são necessárias para estimar seus valores. Este trabalho foca a discussão da valoração da diminuição do risco de morte e da economia do tempo de viagem em rodovias.

Entre as metodologias para a valoração do custo de acidentes, Jacobs (1995) descreveu seis diferentes estratégias, com foco em diferentes aspectos do impacto que uma vítima de acidente de trânsito tem sobre a economia ou a sociedade. O autor mostra que as estimativas e os valores encontrados por cada um desses métodos podem ser bem diferentes, e sua utilização dependerá dos objetivos da análise. Ele aponta também que as abordagens do capital humano¹ e da WTP seriam os métodos de custeio/avaliação de acidentes relevantes para as políticas públicas que visam custear projetos de redução de acidentes.

Enquanto a abordagem do capital humano é mais adequada para a maximização do produto e, assim, calcula o valor dos acidentes em termos de perda de riqueza do país, a WTP visa à maximização do bem-estar social. Dessa maneira, se esses valores são destinados ao uso de CBAs, o método mais apropriado se dá pela WTP (Jacobs, 1995).

Na economia do tempo de viagem, dois métodos predominam na estimação desse benefício. Uma das abordagens utiliza a taxa salarial do indivíduo para determinar o valor da sua hora e calcular o custo do tempo perdido nos deslocamentos. A outra se refere à WTP, que captura o valor que o indivíduo atribui ao dispêndio de tempo

1. Uma estimativa do valor dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras por essa abordagem – em que os custos do acidente foram construídos por uma função aditiva dos custos associados às vítimas, aos veículos e à via/ambiente e dos custos institucionais – foi desenvolvida pelo Ipea e pela Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) em 2006. Disponível em: <http://pfdc.pgr.mpf.mp.br/pfdc/informacao-e-comunicacao/informativos-pfdc/edicoes-2007/docs_jan_2007/anexo_inf_02_relatorio_ipea.pdf>. Sua atualização, realizada em 2015, está disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7456/1/RP_Estimativa_2015.pdf>.

em determinada atividade. A primeira abordagem, no entanto, mostra-se adequada apenas para o caso de viagens que tenham como motivo o trabalho, sendo, portanto, a metodologia da WTP mais abrangente.

Dessa forma, este estudo adotou, para o cálculo dos valores da diminuição do risco de morte e da economia do tempo de viagem em rodovias, o método da determinação da propensão a pagar – a WTP – dos indivíduos por esses benefícios. A WTP é definida como o valor máximo que pode ser subtraído de uma renda individual para manter sua utilidade esperada inalterada (OECD, 2012, p. 21).

No caso da economia de tempo, segundo Hensher (2011), o tempo pode ser tratado como uma *commodity* porque gera uma utilidade direta ao indivíduo quando “consumido” em certas atividades. É importante ressaltar, porém, que a *commodity* tempo despendida em uma atividade *i* não é a mesma que a *commodity* tempo despendida em outra atividade *j*. Conjuntamente, ele atua também como um meio de consumo de bens e serviços e restringe o indivíduo que precisa alocá-lo em diferentes atividades.

O tempo gasto em deslocamentos é encarado como uma atividade indesejada. Assim, a ideia de se valorar esse bem está em determinar o quanto o indivíduo estaria disposto a pagar (WTP) para ganhar unidades de tempo, que poderiam ser alocadas em outras atividades. Adotando a definição de Hensher (2011), o valor a ser estimado é o VTTS, que se refere ao valor que a pessoa está disposta a pagar pelos benefícios de redução do custo de tempo de viagem.

Como forma de estimar a relação entre tempo e seu valor monetário, é preciso definir uma função de utilidade para o indivíduo. Supõe-se que suas escolhas buscam a maximização da sua utilidade, que está sujeita às restrições de tempo e de renda. Diante de experimentos de escolha discreta, estudos mostraram que o VTTS corresponde à razão entre o coeficiente de tempo e o de custo, que representa a utilidade marginal entre tempo e custo (Mackie, Jara-Díaz e Fowkes, 2001).

Para a valoração da diminuição do risco de morte, a técnica frequentemente utilizada também se baseia na metodologia de escolha discreta, em que se busca maximizar a função utilidade e determinar a WTP por uma redução no risco de morte.

Será estimado, entretanto, o que ficou conhecido como VSL. Seguindo a definição dada por Andersson e Treich (2011), o VSL determina o valor monetário da redução do risco de morte (pequena e semelhante entre a população) que prevenirá uma morte estatística – portanto, não deve ser interpretado como a WTP do indivíduo para salvar uma vida identificada.

A WTP para a redução do risco de morte é obtida pela taxa marginal de substituição entre o custo e o número de mortes, que se refere à razão dos coeficientes do modelo de escolha discreta estimado. Já o VSL leva em conta a população como um todo e a probabilidade ou redução do número de mortes, sendo calculado geralmente como:

$$\text{VSL} = \frac{\text{WTP} \cdot \text{população}}{\text{redução de mortes}} \quad (1)$$

No caso deste estudo, a população se refere à densidade anual de automóveis em um quilômetro qualquer das rodovias brasileiras.

2.2 Pesquisa de PD

Um dos desafios para calcular os benefícios apresentados anteriormente está em desenvolver uma forma confiável de observar a preferência dos indivíduos por esses benefícios. Nesse aspecto, o desenvolvimento de pesquisas de PD permitiu a observação do comportamento dos agentes nos seus processos de escolha, mesmo de bens fora do mercado, além de possibilitar a investigação de processos ou características que ainda não são factíveis.

A coleta de dados é realizada por questionários, em que os respondentes são apresentados a diferentes escolhas hipotéticas e devem mostrar a sua preferência entre as alternativas. Nesse caso, o pesquisador possui o controle sobre os atributos e o conjunto de escolhas que estão sendo apresentados aos indivíduos.

A ideia das pesquisas de PD é fazer com que os indivíduos optem entre diferentes alternativas, em que os níveis dos atributos variam de acordo com um desenho estatístico, e observar, dessa forma, as preferências explicitadas por essas escolhas. Posteriormente, com a utilização de métodos econométricos de modelos de escolha discreta, a probabilidade de opção de cada cenário é auferida, sendo possível valorar os diferentes

atributos presentes nelas. Do ponto de vista teórico, a pesquisa de PD segue os mesmos preceitos da teoria do consumidor de preferência revelada, assumindo que os indivíduos maximizam a sua utilidade.

As implicações para a validação empírica dos pressupostos quando se utilizam esses diferentes dados podem ser muitas. O método de PD possui uma superioridade sobre a preferência revelada em termos de análise das opções relevantes dos atributos. Fica dependente, entretanto, de uma boa elaboração tanto do questionário como do desenho estatístico do experimento de escolhas.

Outro ponto importante levantado por Witlox e Vandaele (2005) é que o comportamento dos indivíduos diante de uma pesquisa e do processo de escolha de alternativas elaboradas em “laboratório” pode ser diferente do seu comportamento no mundo real. Essa diferença entre a preferência revelada e a declarada ficou conhecida como viés hipotético e já foi bastante evidenciada na literatura, conforme apontam Beck, Fifer e Rose (2016). Acredita-se que esse viés ocorre porque o indivíduo, sabendo que está participando de um experimento, pode ser guiado fortemente por valores morais ou normas de conduta, ou pode não conseguir avaliar ao certo o bem em questão durante um experimento. Além disso, na prática, ele não precisa carregar essa escolha em seu comportamento real.

Para tratar as questões de viés hipotético, Vossler e Evans (2009) enfatizam que o questionário de PD deve incentivar o respondente a revelar sua real preferência, mostrando que os resultados poderão ser usados para a formulação de políticas públicas, que afetarão os bens e serviços disponíveis para ele. Já Beck, Fifer e Rose (2016) trazem, como alternativas ao problema, questões extras na formulação do experimento, que avaliam a certeza na resposta do indivíduo.

A técnica de PD tem sido muito utilizada em estudos da área de transportes como uma forma de identificar o comportamento dos indivíduos diante da escolha de rotas e modos de viagem, assim como suas preferências por atributos da rede que não são observadas no mercado, mas que são importantes para o delineamento de investimentos.

Rizzi e Ortúzar (2003) estimaram o VSL para uma rodovia interurbana específica do Chile. Utilizaram o método de PD com um desenho fatorial fracionado em que os indivíduos tinham que realizar escolhas de rotas de viagem com diferentes níveis de

risco. Os resultados mostraram que as pessoas são sensíveis ao risco da viagem e têm predisposição a pagar mais para utilizar rotas mais seguras. O estudo também mostrou a necessidade de se controlarem os resultados por grupos socioeconômicos e de se realizar o tratamento de comportamentos lexicográficos. Em termos de ferramentas de política pública, o VSL ficou entre US\$ 350 mil e US\$ 460 mil, valor a ser utilizado em CBAs de investimentos que reduzam os acidentes nas rodovias chilenas.

Hensher *et al.* (2009) estimam a WTP para tempo e redução do risco dos ocupantes de carros em rodovias aplicando a metodologia de PD. O experimento desenvolvido se baseia na sua eficiência estatística. Eles argumentam que os novos métodos de construção do experimento estão ligados à minimização dos erros-padrão esperados da matriz assintótica de variância-covariância (AVC) e não mais se baseiam nos princípios de ortogonalidade. Um resultado importante é que o valor da redução do risco é uma função crescente do nível inicial de risco assumido pelo respondente. Em sua pesquisa, os autores descobriram que o valor da redução de risco (VRR) foi de US\$ 6.369.655 para vias urbanas e US\$ 6.298.062 em vias não urbanas (em dólares de 2007).

Andersson e Treich (2011) argumentam que a heterogeneidade da população e as diferenças na exposição ao risco devem ser levadas em conta na determinação da WTP. Nesse aspecto, Hess, Bierlaire e Polak (2005) afirmam que métodos mais sofisticados de estimação devem ser usados e sugerem a utilização do modelo *mixed logit*, uma vez que este permite avaliar os efeitos dessa heterogeneidade nas preferências individuais.

Tomando como base essa revisão de literatura, este trabalho desenvolve toda a pesquisa para a valoração da redução do risco de morte e de economia do tempo de viagem nas rodovias brasileiras, analisando os aspectos relevantes desde a formulação do questionário da pesquisa de PD e do delineamento do experimento até o método de estimação por escolha discreta.

3 DESENHO E APLICAÇÃO DA PESQUISA DE PD

3.1 Estrutura do questionário

O questionário completo apresentou sete seções: *i)* introdução à pesquisa e primeiros dados socioeconômicos; *ii)* hábitos de viagem dos últimos 12 meses; *iii)* última viagem ou viagem

mais frequente realizada de carro ou moto em rodovias brasileiras nos últimos 12 meses; *iv*) experimento de preferência declarada; *v*) questões pós-experimento; *vi*) questões complementares; e *vii*) informações sobre o perfil socioeconômico.

Após a apresentação da pesquisa, o respondente foi direcionado à primeira seção, referente a informações socioeconômicas, particularmente informações quanto à Unidade da Federação (UF) onde o respondente reside, seu gênero e faixa etária.

Para compor o contexto habitual de deslocamento de longa distância dos últimos doze meses, indagou-se ao respondente, na segunda seção, sobre a frequência, os modos de transporte e a forma como realiza esses deslocamentos, isto é, se foi condutor, passageiro ou ambos, no caso de utilizar carro e/ou moto como meios de transporte.

Encerrada a seção de hábitos de viagem, tem-se início a terceira, que trata da última viagem, ou viagem mais frequente, realizada pelo respondente nos últimos doze meses, de carro ou de moto. Esse bloco de perguntas tem por objetivo trazer o respondente novamente para o contexto de uma experiência passada próxima e real, de modo a reduzir o viés hipotético comum às pesquisas de PD. Por esse motivo, apenas os que declararam ter utilizado carro e/ou moto em seus deslocamentos dos últimos doze meses responderam a essa seção. Algumas das informações coletadas nesta etapa foram usadas posteriormente para compor o contexto do experimento de escolha discreta.

Respondentes que na segunda seção (hábitos de viagem) declararam ter realizado apenas deslocamentos com outros modos (aéreo, fluvial ou ferroviário, por exemplo) foram encaminhados diretamente para o experimento de escolha discreta. A inclusão desses respondentes nos permite analisar como se comportam diante da escolha por redução de acidentes em rodovias e por redução do tempo de viagem e, futuramente, compará-los com usuários de rodovias em veículos de transporte individual.

A etapa seguinte é o chamado experimento de escolha discreta, que será discutido em detalhes na próxima seção. Em linhas gerais, trata-se de um jogo em que o respondente é exposto a uma série de alternativas muito semelhantes entre si, mas suficientemente distintas, de forma a permitir definir a preferência desse respondente dentro de um conjunto de atributos, que neste caso são acidente com morte, tempo de viagem e valor de pedágio.

Cabe destacar que a literatura de transportes recomenda identificar se o respondente, ou alguém próximo, sofreu algum acidente grave de trânsito. O argumento a favor dessa variável é que experiências traumáticas podem levar a variações inconsistentes da predisposição a pagar, portanto, a inclusão dessa pergunta no questionário tem o objetivo de reduzir o viés de variável omitida e de investigar se, de fato, ela é capaz de explicar variações na WTP. Alguns respondentes foram expostos aleatoriamente a essa pergunta imediatamente antes da seção do jogo de escolhas discretas, enquanto outros foram expostos ao final.

Após a realização do jogo, os respondentes são direcionados para uma seção de *debrief*.² Na quinta seção, apresentam-se perguntas para investigar a forma como o raciocínio dessas pessoas se deu durante o experimento. Explorou-se a presença de respondentes lexicográficos, isto é, indivíduos que durante o jogo escolhem sistematicamente apenas um dos atributos. Igualmente relevante, por sua capacidade de distorcer os resultados, perguntou-se se o respondente se imaginou sozinho ou acompanhado ao escolher as rotas de deslocamento. A seção termina indagando se o respondente possui multa por infração de trânsito nos últimos doze meses, uma *proxy* de tendência ao risco que permite, em conjunto com as demais características do indivíduo, construir uma série de controles visando a uma estimação adequada da WTP.

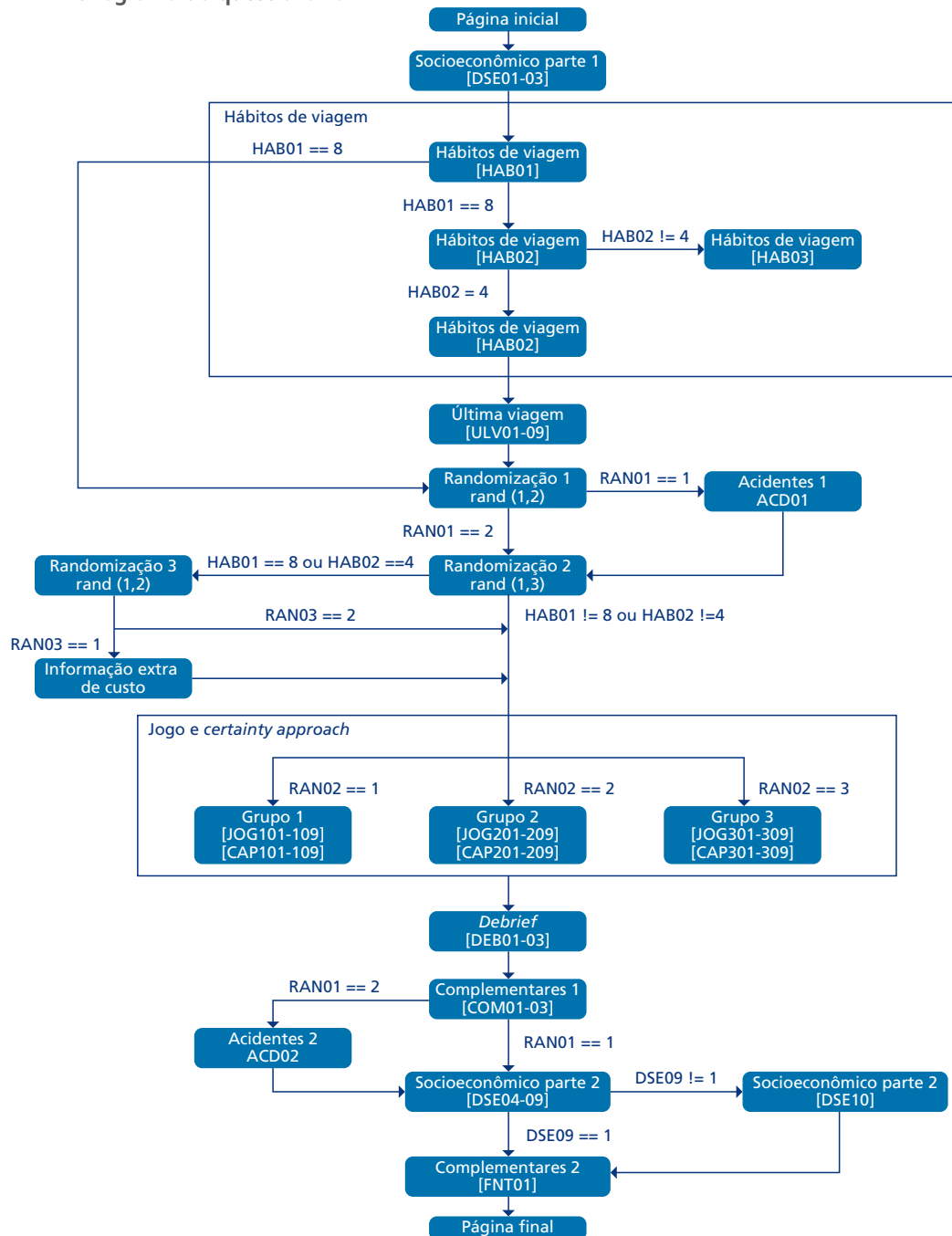
Na sexta seção, outras informações socioeconômicas do respondente são levantadas. Incluiu-se, ainda, um último bloco de informações complementares, retirado da Pesquisa de Origem e Destino, de 2015, realizada pela Empresa de Planejamento e Logística (EPL), com o objetivo de viabilizar a comparabilidade de alguns dados entre as duas pesquisas.

O fluxograma apresentado na figura 1 esquematiza as etapas e a sequência das perguntas no questionário.³

2. *Debrief* é o termo utilizado para validar informações prestadas pelo respondente ao longo do questionário, em especial após o bloco de perguntas mais complexo, que neste caso é o jogo de escolha discreta da pesquisa de PD.

3. Mais detalhes e informações a respeito de construção, teste, implementação e divulgação do questionário podem ser encontrados no relatório técnico *Avaliação da Predisposição dos Passageiros do Transporte Rodoviário e Aeroviário em Pagar pelos Deslocamentos Considerando o Tempo de Viagem, a Segurança e a Qualidade dos Serviços*, disponível no processo nº 03001.002528/2018-39, produto do Termo de Execução Descentralizada (TED) nº 1/2016, entre o Ipea e a EPL.

FIGURA 1
Fluxograma do questionário



Elaboração dos autores.

3.2 Desenho do experimento

3.2.1 Seleção e valores dos atributos

No experimento realizado no questionário, os respondentes foram apresentados a duas opções de rotas de viagem hipotéticas, em que tiveram de avaliar três variáveis: custo com pedágio, número de mortes em acidentes e tempo de viagem. Para cada rota foram estabelecidos diferentes valores dos atributos, tomando como referência um trecho qualquer de rodovia de 200 km de extensão.

O estabelecimento da quantidade de níveis de cada atributo envolve uma série de *trade-offs* (compensações) entre informação, realismo e eficiência. Quanto maior o número de níveis, maior o número de combinações possíveis. Consequentemente, tem-se uma maior riqueza dos dados. De acordo com Hess e Rose (2009), entretanto, quanto mais níveis utilizados, menor será a eficiência do experimento, visto que a eficiência estatística é baseada na probabilidade de escolha. Assim, o elevado número de níveis de atributos limita o desenho probabilístico das possibilidades de escolha.

Dessa forma, tomando por base Rizzi e Ortúzar (2003), definiram-se três níveis para cada atributo baseados nas diferenças entre eles. A tabela 1 apresenta as diferenças nesses níveis, que foram estabelecidas procurando deixar o cenário o mais realista possível, tomando os efeitos que melhorias nas rodovias poderiam produzir em tais atributos. Um dos níveis de mortes em acidentes, no entanto, foi deixado com o efeito apenas positivo, com o objetivo de analisar as preferências entre tempo e mortes em acidentes.

TABELA 1
Diferença nos níveis dos atributos

Custo do pedágio (R\$)	Mortes (por ano)	Tempo (minutos)
5	3	-30
30	-5	-15
15	-10	-45

Elaboração dos autores.

No primeiro desenho desse experimento, diferenças menores foram estabelecidas para o custo de pedágio. No pré-teste da pesquisa, porém, em que se aplicou o questionário em vinte indivíduos, observou-se que estes não estavam realizando

trocas, ou seja, estavam sempre escolhendo as opções com maiores valores de pedágio. O motivo apontado foi que a pequena diferença entre os valores de pedágio nas opções não produziu impacto, o que resultou em uma grande porcentagem de respondentes lexicográficos.

Assim, a diferença foi elevada, estabelecendo o máximo de R\$ 30 para que as trocas nos jogos fossem possíveis. Tomou-se o cuidado de continuar com uma diferença mínima relativamente baixa, de R\$ 5, pensando em indivíduos de menor renda e naqueles que residem em locais onde a cobrança de pedágio não é uma prática comum.

Em seguida, determinaram-se os valores de referência dos atributos, descritos na tabela 2. Os valores dos acidentes foram extraídos da base de dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF) e os índices foram calculados por quilômetro, chegando ao valor médio de dezoito mortes por ano em um trecho de 200 km de qualquer uma das rodovias federais brasileiras. Os valores de custo e tempo surgiram de estimativas de uma viagem-padrão de 200 km, considerando distintos cenários de rodovias.

TABELA 2
Valores de referência dos atributos para um trecho de 200 km

Custo do pedágio (R\$)	Mortes (por ano)	Tempo (minutos)
5	15	210
10	20	165
20	20	210

Elaboração dos autores.

3.2.2 Construção do conjunto de alternativas

Um dos componentes mais críticos para qualquer experimento de PD é o delineamento do desenho do jogo (Hess e Rose, 2009). Nessa etapa, adotou-se um desenho fatorial fracionado, seguindo a metodologia apresentada por Rizzi e Ortúzar (2003).

Da seleção de atributos, chegou-se a uma situação de três deles com três níveis cada, o que implica um desenho fatorial completo de 27 questões para cada respondente. Para evitar o cansaço desses indivíduos, Rizzi e Ortúzar (2003) propuseram quebrar o experimento em três blocos, contendo nove questões cada. Portanto, são necessários três respondentes para se obter o jogo completo. A tabela 3 apresenta o desenho fatorial dividido em blocos com base na diferença nos níveis dos atributos.

Aplicando os valores de referência dos atributos selecionados na etapa anterior, estabeleceu-se a rota A e, com base nas diferenças, construiu-se a alternativa rota B. Na aplicação do questionário, as situações foram randomizadas, tanto com relação à ordem do jogo quanto com relação às rotas, de forma que não seja criado um padrão de respostas em razão da ordem de aparição, seguindo as recomendações de Rizzi e Ortúzar (2003).

TABELA 3

Desenho do experimento: valores das diferenças dos atributos entre as opções divididos por blocos

Bloco 1			Bloco 2			Bloco 3		
Pedágio (R\$)	Mortes (por ano)	Tempo (minutos)	Pedágio (R\$)	Mortes (por ano)	Tempo (minutos)	Pedágio (R\$)	Mortes (por ano)	Tempo (minutos)
5	-5	-30	5	-5	-45	5	-5	-15
5	3	-15	5	3	-30	5	3	-45
5	-10	-45	5	-10	-15	5	-10	-30
30	-5	-15	30	-5	-30	30	-5	-45
30	3	-45	30	3	-15	30	3	-30
30	-10	-30	30	-10	-45	30	-10	-15
15	-5	-45	15	-5	-15	15	-5	-30
15	3	-30	15	3	-45	15	3	-15
15	-10	-15	15	-10	-30	15	-10	-45

Elaboração dos autores.

O questionário tem como público-alvo pessoas que realizaram viagens de carro ou moto em rodovias brasileiras nos últimos doze meses, porém não foi imposta restrição para que os demais indivíduos respondam à pesquisa. Os que não se encaixam no perfil do público-alvo podem ter dificuldade de avaliar os parâmetros.

Uma maneira de contornar esse problema é a utilização em conjunto da metodologia de *certainty approach*, que consiste em perguntar diretamente ao respondente o quão certo ele está da escolha realizada – nesse caso, da escolha da rota – em uma escala de 1 a 10. Esse método tem como objetivo reduzir o erro causado pelo viés hipotético que é inerente às pesquisas de PD. Respondentes que têm mais certeza de suas escolhas em uma situação hipotética tendem a fazer a mesma escolha quando se deparam com a situação real (Ready, Champ e Lawton, 2010). Fazendo uso desse artifício, é possível, então, considerar também as respostas de pessoas que não viajaram de carro ou moto em rodovias nos últimos doze meses, em vez de descartá-las.

3.2.3 Validação por pesquisa-piloto

Como forma de testar a eficiência do experimento, a clareza das perguntas e as ligações lógicas do questionário, em junho de 2017 divulgou-se a pesquisa apenas pelo *e-mail* institucional do Ipea, onde o projeto estava sendo realizado. Cerca de seiscentos colaboradores receberam a mensagem de divulgação com um *link* para participar da pesquisa. O endereço eletrônico ficou acessível por oito dias e foram obtidas 116 respostas completas.

O primeiro passo da avaliação consistiu em analisar se os respondentes estão alternando a preferência pelos atributos ao longo do jogo. Um problema para a estimativa é ocorrer um comportamento de preferência dominante por um dos atributos – tais indivíduos são designados como tendo comportamento lexicográfico. Conforme enfatizam Skedgel, Wailoo e Akehurst (2015), apesar de comportamentos desse tipo não serem inconsistentes com os axiomas da teoria de escolha, isto viola duas hipóteses dos métodos de PD: a tomada de decisão compensatória e uma função de utilidade aditiva. Essas preferências não podem ser representadas por uma curva de indiferença e as taxas marginais de substituição não têm significado.

Logo após o experimento, perguntou-se se as escolhas foram feitas com base em apenas um dos atributos. Na pesquisa-piloto, trinta respondentes (25,9%) escolheram as alternativas mostrando preferência por apenas um dos atributos. Desses trinta, 22 se autodeclararam lexicográficos. A maioria, 86,6% dos que têm comportamento lexicográfico, preferiu o atributo mortes em acidentes; enquanto 6,7% mostraram preferência por valor de pedágio ou por tempo.

No segundo passo, realizou-se a estimativa das funções de utilidade, com o modelo *multinomial logit* (MNL). A função utilidade entre as rotas é definida como:

$$U_i = C_i + \beta_{ic} \cdot Custo + \beta_{it} \cdot Tempo + \beta_{id} \cdot Mortes + \varepsilon_i \quad (2)$$

Em que β representa a estimativa dos parâmetros e ε_i caracteriza o erro aleatório. A estimativa por MNL evidencia que o termo de erro ε_i é independente e identicamente distribuído (IID), assumindo uma distribuição de valores extremos. Apesar das restrições impostas, o modelo se mostra aceitável para a avaliação do experimento.

A tabela 4 apresenta os resultados do modelo MNL para o estudo-piloto considerando a estimação com toda a base de dados adquirida (modelo 1) e sem a presença dos indivíduos com comportamento lexicográfico (modelo 2). Os coeficientes foram todos significativos ao nível de 1% e apresentaram o sinal esperado. Os coeficientes negativos dos três parâmetros indicam que os respondentes têm preferência pelas rotas com menor custo, menor tempo de viagem e menor número de mortes.

TABELA 4
Resultados do modelo MNL do teste-piloto

Atributo	Modelo 1			Modelo 2		
	Coeficiente	SE ¹	t-valor	Coeficiente	SE ¹	t-valor
Pedágio	-0,074	0,006	-12,66	-0,089	0,007	-12,93
Tempo	-0,010	0,003	-3,8	-0,014	0,020	-13,60
Mortes	-0,359	0,188	-19,04	-0,276	0,003	-4,87
Constante	9,104	0,613	14,860	8,79	0,686	12,8
Log-likelihood	-1.176,421			-910,472		
BIC	2.383,417			1.850,322		
AIC	2.360,842			1.828,943		

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Do inglês *standard error*, refere-se ao erro-padrão do coeficiente, nos retornando o grau de precisão da estimativa. O restante do trabalho utiliza essa nomenclatura para reportar essa medida.

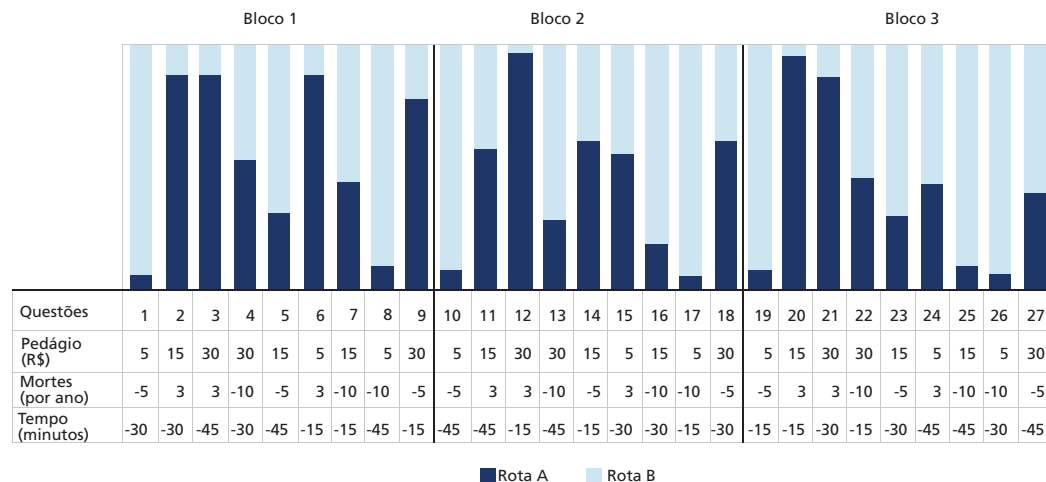
Obs.: 1. Todos os parâmetros foram significativos ao nível de 1%.

2. BIC – *Bayesian information criterion* (critério de informação bayesiano); AIC – *Akaike information criterion* (critério de informação de Akaike).

Analisando as probabilidades de escolha e sua utilidade gerada, entretanto, foi observada a existência de alternativas dominantes (gráfico 1). Considerou-se como alternativa dominante aquela que obteve mais de 80% de escolha.

Primeiramente, verificou-se a contribuição de cada atributo para a utilidade total como forma de entender o que estava impactando a escolha predominante das alternativas. O atributo mortes em acidentes foi identificado como o que mais impactou esse comportamento. Além disso, a troca de sinal do atributo em um dos níveis, isto é, o aumento do número de mortes na rota com maior valor de pedágio, acentuou o efeito dominante, como pode ser observado nas questões 2, 3, 6, 12, 20 e 21 do gráfico 1. Os ganhos de tempo tiveram que ser muito altos e o pedágio, baixo, para que o efeito dominante pela rota A não ocorresse com o aumento de acidentes, como nas questões 11, 15 e 24.

GRÁFICO 1
Porcentagem de escolha entre as rotas A e B



Elaboração dos autores.

Nos casos em que a diferença de custo era pequena, a escolha dominante foi por número de mortes e tempo menores, enquanto nos de grande diferença de custo houve maior equilíbrio entre as rotas escolhidas, o que era esperado para o nível de renda dos respondentes no piloto. Apesar disso, não é possível aumentar as diferenças no valor do pedágio, visto que na pesquisa real espera-se encontrar usuários de menor renda e também que não estão acostumados a pagar pedágio em rodovias.

Dessa forma, para obter um melhor balanço da utilidade, o desenho do experimento foi revisto com base nas informações que foram adquiridas da preferência dos respondentes da pesquisa-piloto. A mudança se concentrou nas diferenças dos níveis e na fixação do sinal negativo do atributo mortes em acidentes, ou seja, em não submeter o respondente à possibilidade de pagar mais pedágio por uma rota em que há mais mortes. Em todas as rotas mais caras, passou-se a haver ganhos em tempo ou na redução do número de mortes em acidentes, ainda que pequenos.

Testaram-se diferentes níveis de atributos, observando as diferenças sobre a utilidade das alternativas com base nos parâmetros estimados do modelo MNL. Por fim, o modelo final escolhido, que permitiu a maior diferença de níveis com um bom grau de utilidade, foi com os valores: -1, -5 e -9 de mortes (antes 3, -5 e -10, respectivamente).

Fazendo uso dos mesmos valores especificados na tabela 2, estabeleceu-se a rota A e, com base nas novas diferenças definidas, construiu-se a alternativa rota B. O desenho final do experimento é apresentado na tabela 5.

TABELA 5
Desenho final do experimento: valores das diferenças dos atributos entre as opções divididos por blocos

Bloco 1			Bloco 2			Bloco 3		
Pedágio (R\$)	Mortes (por ano)	Tempo (minutos)	Pedágio (R\$)	Mortes (por ano)	Tempo (minutos)	Pedágio (R\$)	Mortes (por ano)	Tempo (minutos)
5	-5	-30	5	-5	-45	5	-5	-15
5	-1	-15	5	-1	-30	5	-1	-45
5	-9	-45	5	-9	-15	5	-9	-30
30	-5	-15	30	-5	-30	30	-5	-45
30	-1	-45	30	-1	-15	30	-1	-30
30	-9	-30	30	-9	-45	30	-9	-15
15	-5	-45	15	-5	-15	15	-5	-30
15	-1	-30	15	-1	-45	15	-1	-15
15	-9	-15	15	-9	-30	15	-9	-45

Elaboração dos autores.

3.2.4 Difusão e implementação

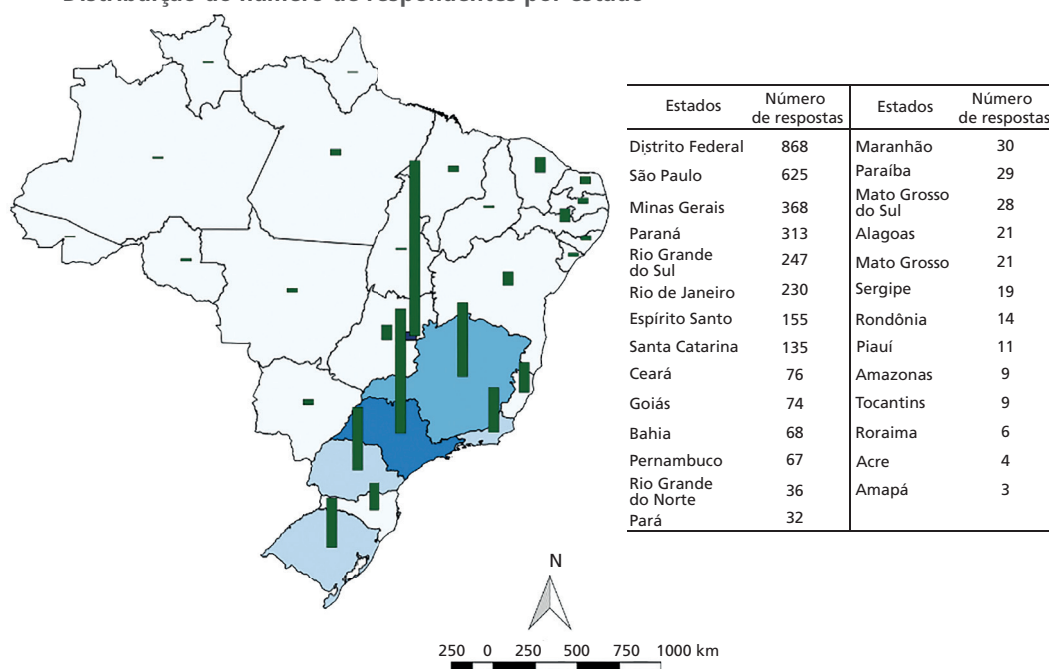
O questionário foi aplicado por meio de uma ferramenta *on-line*, que tem a vantagem da ampla possibilidade de divulgação e acesso, com menor custo. Por ser uma pesquisa de âmbito nacional, essa foi a forma mais eficiente de construção e divulgação em termos de cobertura territorial considerando tempo e custo. Ela foi difundida com a técnica de corrente, ou bola de neve (*snowball*), por meio de redes sociais, aplicativo de mensagens (WhatsApp), listas de *e-mail* e publicações em *sites* oficiais.

Com a versão final do questionário pronta, deu-se início, em 14 de julho de 2017, à sua divulgação em massa. Primeiramente, o *link* foi encaminhado para os contatos pessoais dos membros da equipe, por meio de redes sociais, WhatsApp e *e-mail*. Além disso, foi criada uma página da pesquisa (apelidada de QualiRodovias) no Facebook para impulsionar uma divulgação paga por meio de uma postagem patrocinada. Ao longo das semanas seguintes, a pesquisa foi divulgada nas redes sociais e nos *sites* oficiais do Ipea, da EPL, do DNIT e da PRF, além de suas listas de *e-mail*.

A pesquisa foi encerrada no dia 17 de outubro de 2017. Foram 96 dias de coleta, obtendo-se 5.018 questionários respondidos com uma taxa de completude de 70%, ou seja, 3.511 deles foram respondidos em sua totalidade.

Do total de 3.511 respostas completas obtidas na pesquisa, 84% se concentraram no Distrito Federal e nos estados das regiões Sudeste e Sul do Brasil. O mapa 1 apresenta a distribuição do número de respondentes em seus respectivos estados. Como se pode observar, a menor adesão ocorreu nos estados da região Norte do país, os quais somaram um total de 77 respondentes (2,2%).

MAPA 1

Distribuição do número de respondentes por estado

Elaboração dos autores.

4 PERFIL DOS RESPONDENTES

Esta seção tem o objetivo de apresentar um panorama geral do perfil dos respondentes e das respostas obtidas no questionário aplicado no período de 14 de julho a 17 de outubro de 2017. Na primeira subseção, analisa-se o padrão de resposta no jogo de PD. A segunda e a terceira subseções expõem as características dos respondentes captadas ao

longo do questionário – inicia-se com a caracterização socioeconômica dos indivíduos e em seguida apresentam-se as características dos hábitos de viagem dos respondentes.

4.1 Análise de consistência das entrevistas

Em pesquisas de PD, pode acontecer de alguns indivíduos apresentarem um comportamento de preferência dominante por um dos atributos ao longo do jogo. Além destes, outros indivíduos, apesar de terem analisado os três atributos, podem ter exibido um comportamento lexicográfico sem perceber, pois os valores colocados podem não ter captado os limites mínimos e máximos respectivos dessas pessoas. Com o intuito de retirar da amostra os respondentes com tal comportamento, realizou-se uma análise das escolhas durante o jogo. A análise do comportamento de escolha nos indicou quatro tipos, que estão sintetizados na tabela 6.

TABELA 6

Perfil dos respondentes segundo o comportamento de escolha entre os atributos

Casos	Lexicográficos		Número de respondentes
	Assumidos	Por comportamento	
1	Sim	Sim	303
2	Não	Sim	349
3	Sim	Não	335
4	Não	Não	2.524

Elaboração dos autores.

O primeiro e o segundo perfis foram os casos comentados anteriormente: os autodeclarados lexicográficos e que realmente o foram e os que não se declararam mas exibiram o comportamento de escolha em apenas um atributo, respectivamente. Já o terceiro perfil é de respondentes que se autodeclararam lexicográficos, mas que apresentaram um *trade-off* entre os atributos. Neste caso, acredita-se que alguns não entenderam a pergunta colocada. Por fim, temos o quarto perfil, que se refere ao comportamento esperado de escolha.

Os respondentes enquadrados nos perfis 1 e 2, que totalizaram 652 indivíduos (18,6% da amostra), foram excluídos da base para o cálculo da WTP. A base final, portanto, contou com um total de 2.859 indivíduos.

4.2 Perfil socioeconômico

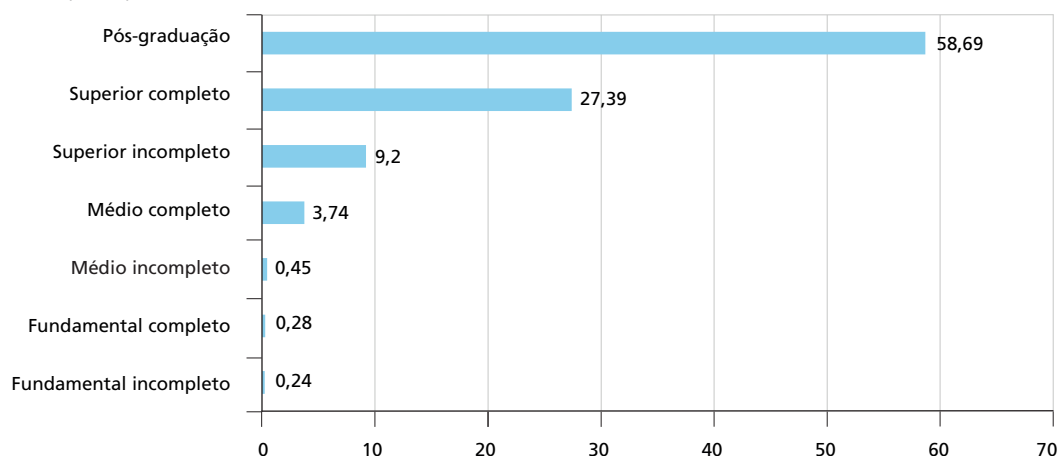
A amostra considerada para a estimativa dos valores da WTP foi predominante do gênero masculino (66,2%) e de indivíduos com idade entre 25 e 44 anos (59,0%).

Um problema identificado na amostra foi a grande quantidade de indivíduos com alta escolaridade, como pode ser visto no gráfico 2. Se somarmos os respondentes que possuem nível superior incompleto, superior completo e pós-graduação, teremos 95,3% da amostra. Além disso, o nível de escolaridade de pós-graduação totalizou mais da metade dos respondentes (58,7%). Essa característica, supomos, está fortemente associada à forma de aplicação e disseminação da pesquisa – tanto pelo método de divulgação, por bola de neve, que faz com que os respondentes tenham alguma relação, ainda que indireta, com os servidores e colaboradores do Ipea, da EPL, do DNIT e da PRF, órgãos a partir dos quais difundiu-se a pesquisa, quanto pela própria natureza da aplicação, sendo realizada toda *on-line*.

GRÁFICO 2

Distribuição de respondentes por escolaridade

(Em %)



Elaboração dos autores.

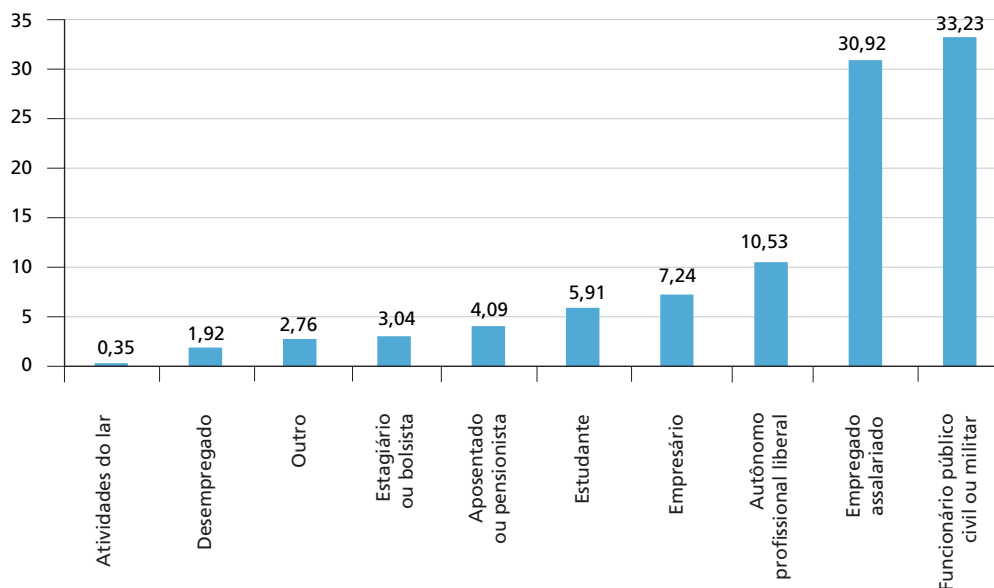
Em pesquisas pela internet é comum ocorrer um viés na amostragem em função das limitações de acesso para algumas pessoas no Brasil. Tal fato cria um problema de subcobertura, em que parte da população não pode ser incluída na amostra. Existe uma significativa parcela que ainda se encontra digitalmente excluída. Segundo a Pesquisa

Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) (IBGE, 2016), realizada no período entre julho e setembro de 2015, a porcentagem de pessoas de 10 anos ou mais que utilizaram a internet foi de apenas 57,4%. Com relação aos estratos socioeconômicos, enquanto nas famílias que possuem rendimento mensal acima de dez salários mínimos (SMs) a presença da internet está praticamente universalizada (92,1%), nas classes com rendimentos de até 1 SM apenas cerca de metade da população tem acesso à internet.

Vale notar, entretanto, que o público-alvo, ou seja, usuários de rodovias, possui renda elevada. Conforme aponta Pompermayer (2017), em média, os usuários de rodovias em automóveis possuem renda domiciliar *per capita* 70% acima da população brasileira.

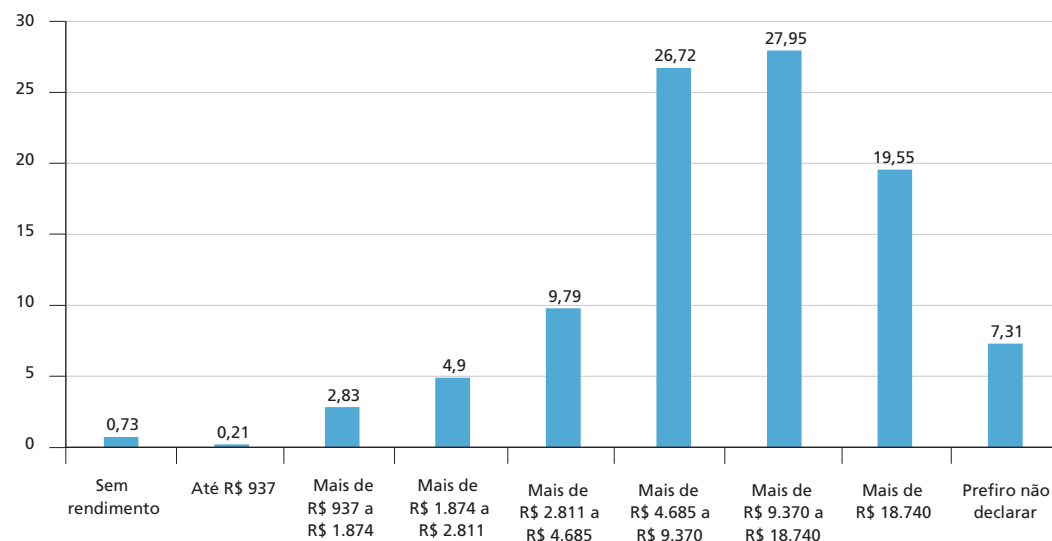
A alta escolaridade também está relacionada à ocupação dos indivíduos e à renda familiar obtida na pesquisa. Com relação à ocupação, 33,2% dos respondentes se enquadram como funcionários públicos, civis ou militares e 30,9% são empregados e assalariados (gráfico 3). A renda familiar também foi altamente concentrada nas faixas mais altas, com 74% da amostra ganhando mais de R\$ 4.685 mensais (gráfico 4).

GRÁFICO 3
Distribuição de respondentes por ocupação
(Em %)



Elaboração dos autores.

GRÁFICO 4
Distribuição de respondentes por faixa de renda familiar
 (Em %)



Elaboração dos autores.

Por fim, expomos algumas características com relação à composição familiar dos indivíduos entrevistados. Este é um aspecto importante a ser analisado, visto que a constituição familiar e a presença de filhos, principalmente menores de idade, podem gerar diferentes percepções sobre a tomada de risco dos indivíduos.

A maior parte dos respondentes é casada ou possui união estável (63,8%). A quantidade de filhos, no entanto, ficou bem dividida, com 1.321 respondentes sem filhos e 1.538 com. Considerando os que possuem filhos, em geral, estes têm de um a dois, com 65,4% tendo algum com menos de 18 anos.

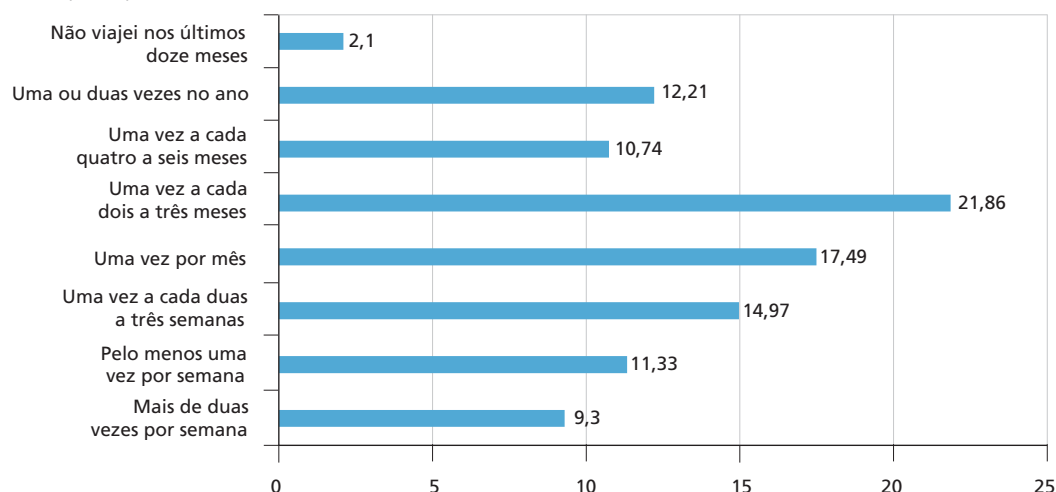
4.3 Hábitos de direção

Na amostra selecionada, a maior parte dos respondentes viajou nos últimos doze meses e uma pequena parcela, 2,1%, respondeu ao jogo sem ter tido experiência de viagem nos últimos doze meses. A frequência foi de média a alta, com 21,9% fazendo viagens a cada dois ou três meses e 53% realizando ao menos uma viagem por mês (gráfico 5).

GRÁFICO 5

Distribuição de respondentes por frequência de viagem

(Em %)



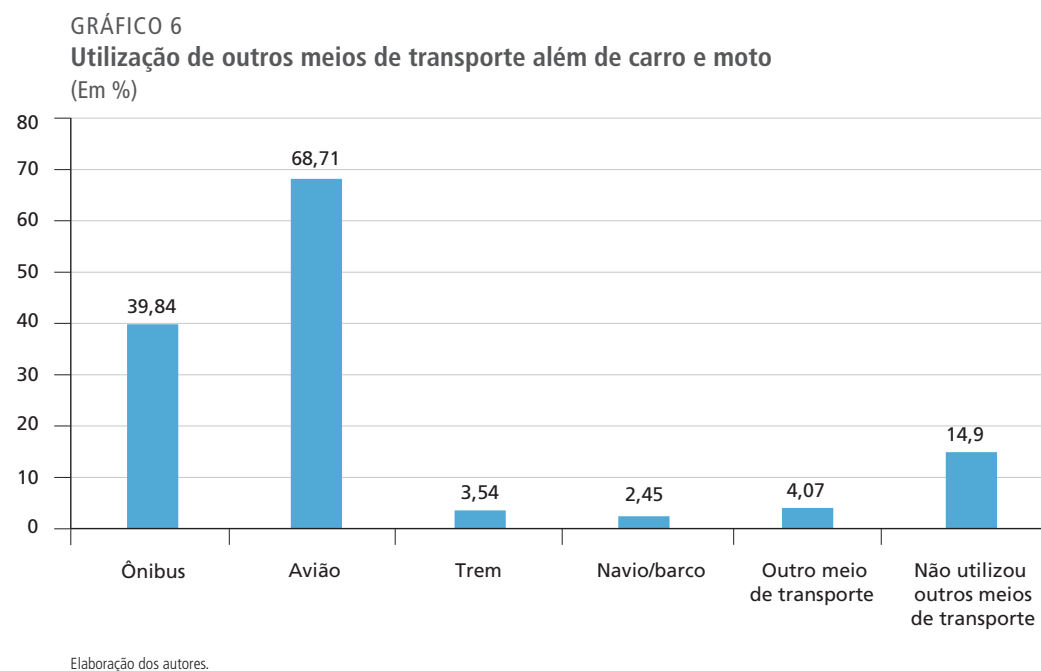
Elaboração dos autores.

Com relação aos modos de transporte, 90,07% dos respondentes que viajaram nos últimos doze meses utilizaram o carro. A moto foi pouco utilizada na realização de viagens: apenas vinte indivíduos viajaram usando somente moto (0,71%) e 138, carro e moto (4,93%).

Além da pergunta específica sobre a utilização de modos privados para viagens rodoviárias, o questionário também investiga o uso de outros modos nas viagens feitas nos últimos doze meses. Mesmo com a crescente utilização do transporte aéreo nos últimos anos, apenas 68,17% dos respondentes declararam tê-lo usado como deslocamento. Isso pode indicar que as rodovias e a utilização do carro ainda configuram como a principal forma de deslocamento, mas os resultados também podem estar influenciados pela distância das viagens – as mais curtas, favoráveis ao uso da rodovia, são mais frequentes que as de longa distância.

O transporte por ônibus apresentou uma parcela de utilização de 39,84%, menor que a do aéreo, provavelmente devido ao perfil de renda dos respondentes. Já a utilização de outros meios de transporte para viagens (4,07%), trem (3,54%) e navio ou barco (2,45%) teve uma adesão bastante baixa entre os respondentes. Por fim, 14,9% dos respondentes não utilizaram outro meio de transporte, ou seja, fizeram uso

apenas de carro ou moto em suas viagens de mais de 200 km nos últimos doze meses. O gráfico 6 ilustra essa distribuição modal.

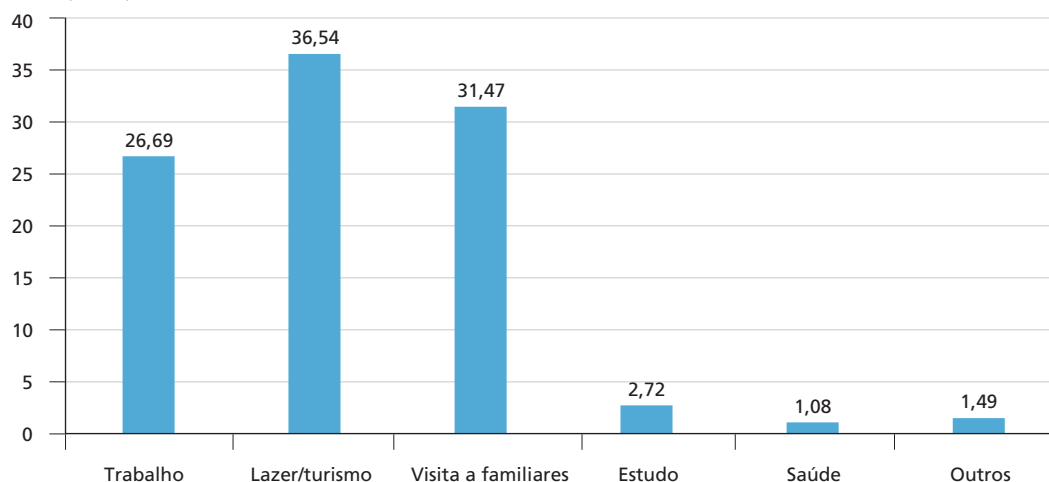


Ainda que grande parte dos respondentes tendo realizado viagens de carro, a forma como essas viagens ocorreram pode mudar a percepção do indivíduo em relação à segurança, ao tempo e ao custo. Dessa maneira, para se ter um melhor entendimento de suas escolhas, questionou-se a posição que ele assumiu em suas viagens rodoviárias com a utilização do carro ou da moto. Constatou-se que 57,11% dos respondentes eram os próprios condutores do veículo, 15,19% viajaram como passageiros e 27,70% assumiram ambos os papéis.

Em sua maioria, os respondentes declararam ter viajado de carro ou moto por motivo de lazer e/ou turismo (36,54%), para visitar familiares (31,47%) e a trabalho (26,69%), conforme apresentado no gráfico 7.

A maioria dos respondentes realizou viagens curtas, entre 100 km e 200 km e de 200 km a 400 km, com uma porcentagem de resposta de 30,83% e 29,12%, respectivamente, e com duração de uma a quatro horas (53,31%).

GRÁFICO 7
Distribuição de respondentes por motivo de viagem
(Em %)



Elaboração dos autores.

Devido à abrangência espacial da pesquisa, a maioria dos respondentes já está acostumada a pagar pedágio em suas viagens rodoviárias. Foram 1.898, ou seja, 70,85% dos respondentes declararam ter pagado pedágio na última viagem ou na viagem mais frequente dos últimos doze meses. Isto resultou também na qualidade da rodovia declarada, com 40,43% trafegando em rodovias de pista dupla, com pavimento uniforme, canteiro central, *guard rail* (mureta de proteção), pintura e acostamento, como mostrado na tabela 7.

Em vista do perfil dos respondentes, a expansão dos resultados aqui encontrados para locais que não contam com a mesma infraestrutura rodoviária e cobrança de pedágio pode não ser totalmente adequada.

TABELA 7
Respondentes por tipo de pista percorrida

Tipo de pista	Número de respondentes	%
Pista dupla	1.083	40,43
Pista simples boa	659	24,60
Pista simples com remendos	688	25,68
Pista simples ruim com buracos	233	8,70
Estrada de terra	16	0,60

Elaboração dos autores.

Ao final, verificou-se a percepção dos indivíduos com relação ao experimento com uma pergunta referente a infrações de trânsito, para checar a propensão ao risco dos respondentes, e duas questões sobre a importância de alguns atributos nas rodovias.

Quanto à percepção, além da questão dos lexicográficos tratada em uma subseção à parte, questionou-se se o respondente se imaginou viajando sozinho ou acompanhado. Essa pergunta tem certa importância para o comportamento de escolha do indivíduo por duas razões: primeiramente, ao se imaginar acompanhado nas viagens, ele pode estar apto a pagar mais, visto que o custo colocado é diluído entre os passageiros presentes no carro ou na moto; um segundo ponto é que, em viagens com companhia, muitas vezes os acompanhantes são membros da família e fazem com que o respondente mude a sua percepção ao risco. Nesse caso, o número dos que responderam ao jogo imaginando-se acompanhados de outros passageiros foi de 60,27% (tabela 8).

Com relação à questão do cometimento de infração de trânsito por parte dos respondentes, espera-se que indivíduos com uma conduta mais arriscada tenham um maior número de infrações e que isso acarrete uma diferença de escolha no jogo. A amostra possui uma quantidade balanceada de pessoas com e sem multas nos últimos doze meses – 43,06% com alguma infração contra 56,94% que não tiveram multas aplicadas, como mostrado na tabela 8.

TABELA 8
Respondentes por situação de viagem

	Você se imaginou acompanhado ao responder ao jogo?		Você possui infração de trânsito?	
	Número de respondentes	%	Número de respondentes	%
Sim	1.723	60,27	1.231	43,06
Não	1.136	39,73	1.628	56,94

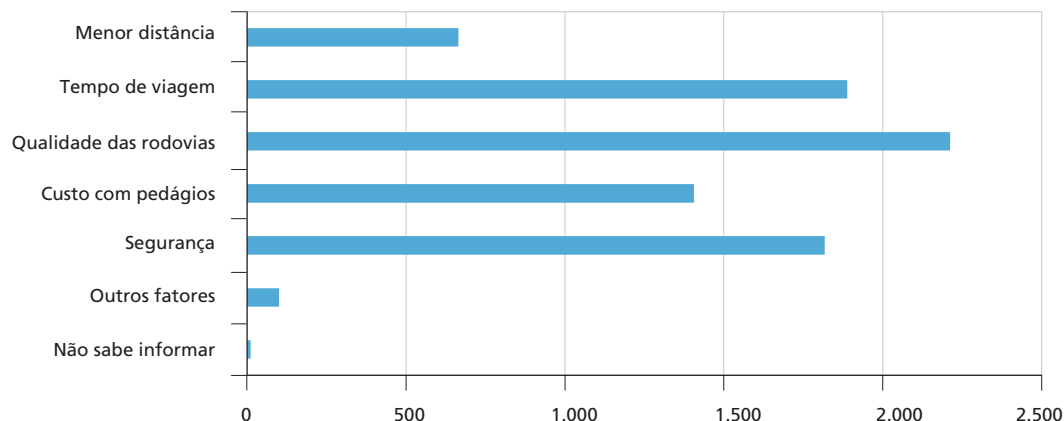
Elaboração dos autores.

Os fatores colocados com maior importância na escolha da rota de viagem pelos respondentes foram a qualidade das rodovias, o tempo de viagem e a segurança (gráfico 8).

A maior parte dos respondentes classificou um pavimento de qualidade como sendo a característica mais importante de uma rodovia pedagiada, enquanto a presença de área de descanso foi considerada a menos importante entre as características apresentadas. Os dados de ranqueamento são exibidos na tabela 9.

GRÁFICO 8

Fatores de importância em rodovias pedagiadas, por número de respostas



Elaboração dos autores.

TABELA 9

Ranking de importância de características de rodovias pedagiadas

Grau de importância	Área de descanso		Número adequado de pistas		Pavimento de qualidade		Prestação de serviços		Sinalização adequada	
	Número de respondentes	%	Número de respondentes	%	Número de respondentes	%	Número de respondentes	%	Número de respondentes	%
1	230	8,04	614	21,48	1.504	52,61	174	6,09	337	11,79
2	52	1,82	798	27,91	797	27,88	350	12,24	861	30,12
3	99	3,46	663	23,19	275	9,62	716	25,04	1.105	38,65
4	282	9,86	620	21,69	142	4,97	1.369	47,88	445	15,56
5	2.196	76,81	164	5,74	141	4,93	250	8,74	111	3,88

Elaboração dos autores.

5 ANÁLISE DE ESCOLHA DISCRETA

5.1 Metodologia

A análise dos resultados foi conduzida pela aplicação do modelo de escolha discreta. O valor monetário estimado por esses modelos é chamado de WTP e expressa a taxa de substituição marginal entre o atributo considerado e o custo, dada uma utilidade constante.

A abordagem de escolha discreta considera que cada indivíduo n possui um conjunto de alternativas J , cada uma associada a uma série de características (x_{nj}) .

Dessa forma, o indivíduo escolherá aquela que lhe garante o maior nível de utilidade. A alternativa i será escolhida sobre j se, e somente se, $U_{ni} > U_{nj} \forall j \neq i$ (Train, 2002).

Sendo que:

$$U_{nj} = V_{ni} + e_{ni} = \beta'_n x_{nj} + e_{nj} \quad (3)$$

Em que β'_n representa um vetor de coeficientes das variáveis x_{nj} , que indicam o vetor de preferências dos indivíduos, e e_{nj} representa o termo de erro.

Diferentes modelos de escolha discreta podem ser especificados para tratar o problema da escolha. Para o estudo em questão, o modelo *mixed logit* se mostra bastante apropriado, uma vez que permite que os coeficientes tenham variações entre os indivíduos. Segundo Train (2002), o *mixed logit* consegue eliminar as três limitações dos modelos *logit* tradicionais, ocasionadas pelo pressuposto de que o erro é IID ao permitir que haja variações aleatórias nas preferências, padrões de substituição sem restrição e correlação em fatores não observados sobre o tempo.

A estrutura do modelo é dada pela integral das probabilidades do modelo *logit* padrão sobre a densidade dos parâmetros:

$$P_{ni} = \int \frac{\exp(x'_{ni} \beta)}{\sum_{j=1}^J \exp(x'_{nj} \beta)} f(\beta | \theta) d\beta \quad (4)$$

Sendo $x'_n \beta$ a parte observada da utilidade que depende do parâmetro β e $f(\theta)$ a função densidade do parâmetro β . Ou seja, o modelo *mixed logit* é a mistura de uma função *logit* avaliada em diferentes β , com uma distribuição mista em $f(\theta)$.

No nosso caso, das pesquisas de PD, cada respondente possui uma sequência de escolhas, sendo necessário realizar o produtório das escolhas de cada indivíduo:

$$S_n = \int \prod_{t=1}^T \prod_{j=1}^J \left[\frac{\exp(x'_{nit} \beta)}{\sum_{j=1}^J \exp(x'_{njt} \beta)} \right]^{y_{njt}} f(\beta | \theta) d\beta \quad (5)$$

Com $y_{njt} = 1$ se o indivíduo escolher a alternativa j na situação de escolha t , sendo igual a 0 em caso contrário.

A probabilidade de escolha não pode ser calculada de maneira exata, pois a integral não possui uma forma fechada, mas é aproximada por simulação (Hensher e Greene, 2001). A probabilidade simulada de um indivíduo escolher a alternativa i pode ser obtida simulando-se a maximização de uma função de máxima verossimilhança. No modelo *mixed logit*, essa simulação é realizada por sequências de Halton (Bhat, 2003).

$$SP = \sum_{n=1}^N \ln \left\{ \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \prod_{t=1}^T \prod_{j=1}^J \left[\frac{\exp(x'_{njt} \beta_n^{[r]})}{\sum_{j=1}^J \exp(x'_{njt} \beta_n^{[r]})} \right]^{y_{njt}} \right\} \quad (6)$$

Em que $\beta_n^{[r]}$ representa o número de desenhos (r é igual ao número de desenhos de Halton) para o indivíduo n , dada a distribuição assumida por β .

Três especificações surgem com o uso do modelo *mixed logit*: *i*) selecionar as variáveis que devem ser consideradas como aleatórias; *ii*) escolher a distribuição estatística para os coeficientes aleatórios; e *iii*) determinar o número de desenhos aleatórios de Halton para a simulação.

Os parâmetros aleatórios são aqueles que serão estimados para cada indivíduo da amostra, considerando-se que existem diferenças em suas preferências. Como o objetivo do trabalho está em determinar o VTTS e a redução do risco de morte, essas variáveis foram tratadas como aleatórias para que seja estipulada a distribuição marginal do VSL e do VTTS com base nas características das pessoas. Além disso, é suposto que o custo de pedágio também tenha variações de acordo com os indivíduos. Entretanto, conforme argumentam Hole e Kolstad (2012), o cálculo da WTP só se dará de maneira direta, pela divisão dos coeficientes, se as suas distribuições forem as mesmas. Assim, preferimos definir primeiro as distribuições estatísticas das variáveis tempo e morte, para depois decidir a forma como a variável custo deve entrar no modelo.

Hess, Bierlaire e Polak (2005) discutem as principais distribuições utilizadas na literatura na estimação do modelo *mixed logit* com ênfase na estimação do valor do tempo de viagem. A distribuição normal é a padrão nos *software* estatísticos e é geralmente aplicada nos estudos. No entanto, esses autores mostram que, sendo a distribuição normal

ilimitada, qualquer valor real tem uma probabilidade de ser estimado no processo de simulação. No caso de parâmetros que possuem uma distribuição estritamente negativa, mas uma média próxima de zero, como no caso do tempo e da redução do risco de morte, a natureza simétrica da distribuição normal pode, por aproximação, levar a um número significativo de valores positivos, quando nos dados reais estes não existem.

Há uma série de distribuições alternativas sendo utilizadas nos modelos *mixed logit*. Para determinar a melhor, foram realizadas estimações do modelo variando as distribuições dos parâmetros aleatórios e verificando o grau de ajuste desse modelo. Testaram-se as seguintes distribuições: normal, *lognormal*, triangular e normal truncada.

O melhor ajuste foi verificado considerando os dois parâmetros aleatórios com uma distribuição normal truncada sobre zero. Neste caso,

$$\begin{aligned}\beta_{k,ir} &= \begin{cases} \beta_k + \sigma_k w_{k,ir} & \text{if } \beta_{k,ir} > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ w_{k,ir} &\sim N(0, 1)\end{aligned}\tag{7}$$

De acordo com Hess, Bierlaire e Polak (2005), existem duas possíveis razões para um melhor ajustamento ao se utilizarem distribuições limitadas: primeiro, argumentam que a sua forma na parte negativa se aproxima melhor da verdadeira forma da distribuição do que as outras funções testadas nas estimações do modelo *mixed logit*; segundo, os autores acreditam na existência de fatores positivos que podem estar fortemente relacionados com as variáveis aleatórias. Dado que os dois parâmetros aleatórios foram especificados com a mesma distribuição, assumiu-se também a variável de custo como aleatória, tendo uma distribuição normal truncada sobre o valor zero.

A terceira especificação se refere à quantidade de desenhos de Halton a ser considerada. A princípio, quanto maior a quantidade de desenhos, melhor a estimação. Existe, entretanto, um *trade-off* entre o tempo de processamento e o número de desenhos considerados. Em vista disso, foram testados os modelos utilizando-se diferentes valores para a simulação e para o tempo de processamento. Observou-se que, após quinhentos desenhos de Halton, o modelo se estabilizou, não havendo ganhos significativos de eficiência com o aumento das simulações – esse número foi, portanto, estabelecido para o modelo.

6 RESULTADOS E ESTIMATIVAS

Estimaram-se dois modelos: primeiro, o geral, que levou em conta apenas os atributos considerados no jogo (custo, tempo e morte); em seguida, o expandido, acrescentando as características socioeconômicas e de viagem dos respondentes. Ambas as estimações foram realizadas tomando-se uma função utilidade com forma linear nos parâmetros, comumente usada na literatura da área, conforme apontado por Brito (2007).

6.1 Modelo com dados gerais

A tabela 10 apresenta os resultados da estimação das preferências dos respondentes de acordo com o modelo *mixed logit* considerando as especificações da subseção 5.1. Os coeficientes foram todos significativos ao nível de 1% e apresentaram o sinal esperado, lembrando que, no caso da distribuição truncada, trocamos o sinal das variáveis. Assim, o resultado positivo de custo, tempo e morte significa um impacto negativo, ou seja, ao realizarem suas viagens rodoviárias, os indivíduos preferem a rota com o menor custo, tempo de viagem e risco de morte.

TABELA 10
Resultado da estimativa do modelo *mixed logit* geral e valor monetário da economia de tempo e da redução do risco de morte por 200 km

Variáveis	Coefficiente	SE	t-valor
Média			
Intercepto	0,870	0,063	13,822
Custo	-0,157	0,003	-52,709
Tempo	-0,072	0,002	-38,869
Morte	-0,359	0,009	-40,258
Desvio-padrão			
Custo	0,065	0,002	27,373
Tempo	0,021	0,002	12,700
Morte	0,324	0,012	27,028
Estatísticas			
Log-likelihood		-12.115	
McFadden R ²		0,31288	
Resultados – base de 200 km			
WTP tempo (R\$/hora)		27,60	
WTP morte (R\$/vida)		2,29	

Elaboração dos autores.

Tendo como base uma distância de 200 km, o modelo geral apresentou uma propensão a pagar de R\$ 27,60 para a redução de uma hora de viagem e R\$ 2,29 para a redução do risco de uma morte.

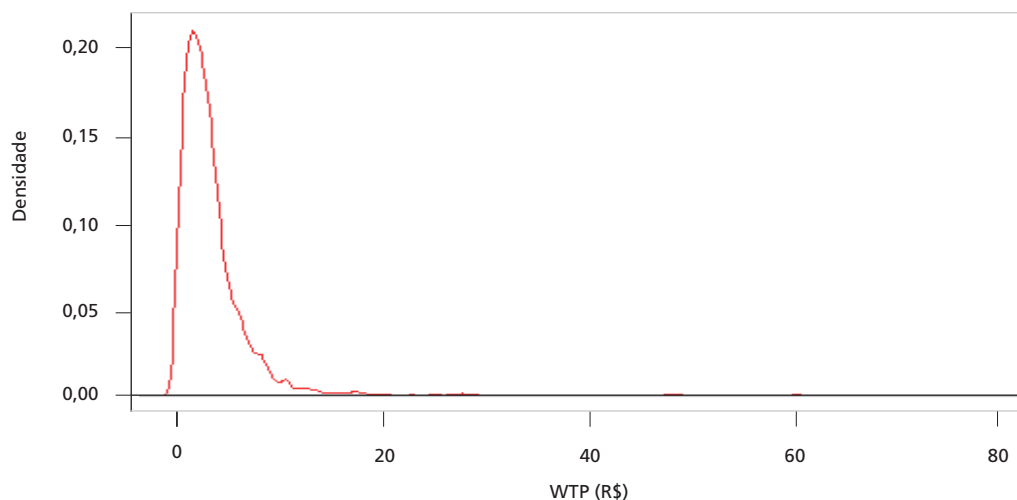
Os valores de WTP são variáveis aleatórias, mas com uma distribuição desconhecida. Dado o conhecimento das médias e dos desvios-padrão das variáveis, fez-se uso de um processo de simulação para estimar a distribuição dos valores entre os indivíduos, considerando o intervalo de R\$ 0 a R\$ 100.

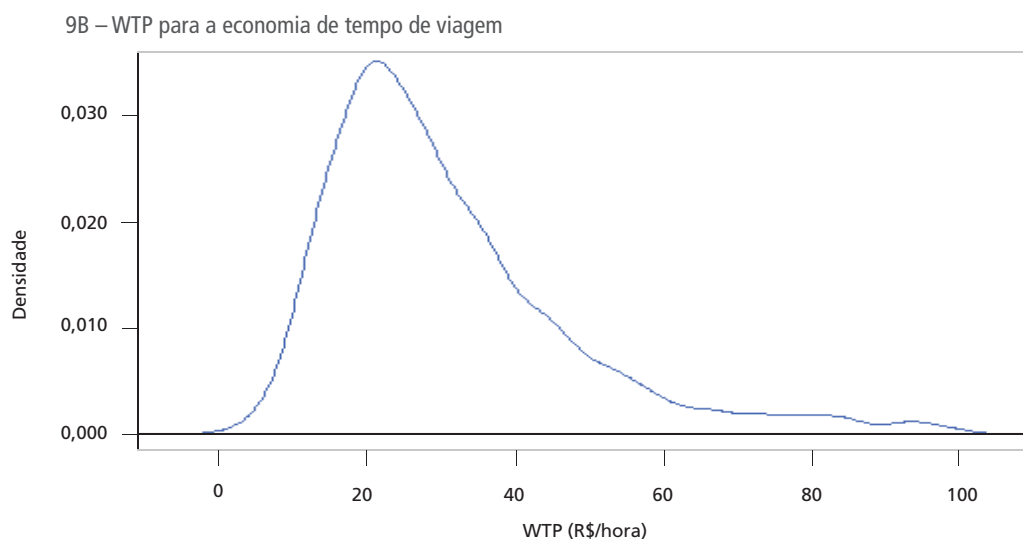
O gráfico 9 apresenta a distribuição da WTP na forma de densidade de Kernel. Observa-se a distribuição bastante concentrada em seu início. No caso da redução do risco de morte, 95% da distribuição encontra-se até a WTP de R\$ 10. A distribuição do WTP para a economia de tempo parece mais espaçada, mas isso é devido ao fato de estarmos convertendo o valor por hora. Nesse contexto, temos uma forte concentração de indivíduos dispostos a pagar entre R\$ 10 e R\$ 40 pela diminuição de uma hora no tempo de viagem, por isso a cauda mais alongada.

GRÁFICO 9

Distribuição da propensão a pagar pela redução do risco de morte e pela economia de tempo

9A – WTP da redução do risco de morte





Elaboração dos autores.

Outra questão que pode mudar a percepção dos indivíduos sobre o valor que estão dispostos a pagar é se eles são usuários ou não de rodovias. Conforme apontado por Sen (1993), o acesso à informação pode mudar consideravelmente o comportamento de escolha das pessoas. No questionário, procuramos informar os respondentes sobre as condições de tempo e acidentes em rodovias, assim como lembrá-los ao máximo da sua experiência pessoal, para que melhorassem a sua percepção ao responder ao jogo, conforme descrito na subseção 3.1. Permitimos, entretanto, que todos respondessem ao jogo, viajantes frequentes e não frequentes, mas que viajassem por rodovias nos últimos doze meses, e também aqueles que não as utilizaram nos últimos doze meses.

Conforme observado na tabela 11, houve uma clara diferença na percepção dos usuários que não utilizaram rodovias para aqueles que utilizaram. No caso, os que não viajavam tiveram uma WTP para a redução do risco de morte significativamente superior aos que viajam, estando dispostos a pagar cerca de R\$ 0,90 a mais.

Com relação à economia de tempo de viagem, é interessante notar que os indivíduos que não viajavam por rodovias tiveram uma preferência muito parecida, não sendo significativo o desvio-padrão dessa variável, ou seja, a importância do tempo foi homogênea entre os indivíduos desse estrato. Igualmente ao anterior, tiveram uma propensão a pagar superior aos que costumam viajar.

Esse comportamento pode ser justificado justamente pelo conhecimento e pelo acesso à informação entre os que viajam e os que não viajam. Os que não viajam, por exemplo, podem ter usado como referência, ao responder ao jogo, os seus deslocamentos dentro de áreas urbanas. Além disso, não têm total conhecimento sobre os demais custos incorridos em uma viagem rodoviária, a condição das estradas, entre outros aspectos, os quais mudariam sua percepção a ponto de aceitarem pagar valores mais caros pela economia de tempo e pela redução do risco de morte.

TABELA 11

Resultado da estimativa do modelo *mixed logit* para viajantes e não viajantes de rodovias e valor monetário da economia de tempo e da redução do risco de morte por 200 km

Variáveis	Não viaja em rodovias		Viajou em rodovias		Modelo geral com frequência de viagem	
	Coefficiente	SE	Coefficiente	SE	Coefficiente	t-valor
Média						
Intercepto	-1,020	0,245	-0,856	0,065	0,858	0,077
Custo	0,127	0,010	0,159	0,003	0,157	0,003
Tempo	0,061	0,007	0,073	0,002	0,072	0,002
Morte	0,397	0,033	0,354	0,009	0,359	0,009
Frequência					0,0031	0,011
Desvio-padrão						
Custo	0,061	0,009	0,065	0,002	0,065	0,002
Tempo	0,015 ¹	0,008	0,021	0,002	0,021	0,012
Morte	0,261	0,039	0,330	0,013	0,324	0,002
Estatísticas						
<i>Log-likelihood</i>	-785,81		-11.325		-12.115	
McFadden R ²	0,28689		0,31479		0,31288	
Resultados – base de 200 km						
WTP tempo (R\$/hora)	28,71		27,53		27,60	
WTP morte (R\$/vida)	3,12		2,23		2,29	

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Indica que o parâmetro não foi significativo (maior que 10%).

Por fim, nesta análise geral, estimamos a WTP dos respondentes de acordo com a certeza com que responderam às questões. Conforme explicado na subseção 3.2, a calibração pela certeza se refere ao uso de questões que perguntam ao respondente o quão certo este está da escolha que acabou de realizar. O objetivo é remover alguns desvios de comportamento que podem ocorrer pelo uso do método de PD.⁴ Em particular, como

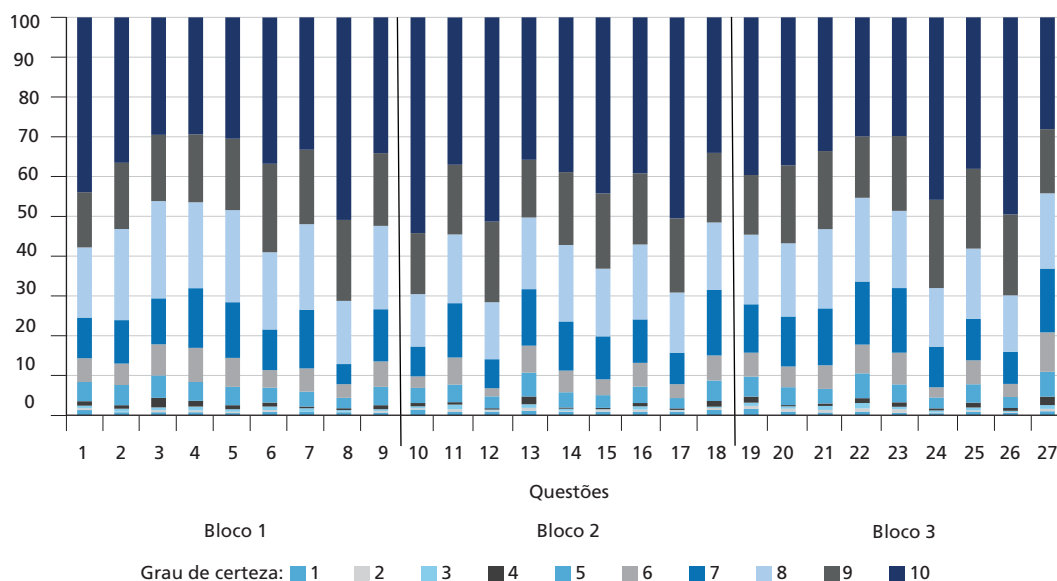
4. Para uma discussão sobre o assunto, ver Samuelson (1955), Loomis (2011) e Beck, Fifer e Rose (2016).

estamos trabalhando com a valoração de bens que não estão presentes no mercado (risco de acidente e tempo), os respondentes podem não estar familiarizados com o objeto de escolha e ter dificuldade de avaliar suas preferências por esses bens.

Assim, a ideia é remover as respostas em que houve muita incerteza. O limite para determinar o grau de certeza, entretanto, ainda é bastante indefinido na literatura da área. Conforme a revisão feita por Beck, Fifer e Rose (2016), esse limite que separa as respostas certas das incertas varia de estudo para estudo, com alguns utilizando valores acima de sete, outros acima de oito, entre outros limiares.

O gráfico 10 apresenta o padrão de certeza em cada resposta do experimento. A maior parte mostrou um grau de certeza elevado. As notas 10, 9, 8 e 7 somaram mais de 80% das respostas em quase todas as perguntas. As questões que exibiram um grau de incerteza maior – no caso, aquelas que apresentaram mais de 15% de notas abaixo de 7 no *certainty approach* (questões 3, 4, 13, 18, 19, 22, 23 e 27) – foram, na sua maioria, as com o maior valor de pedágio (R\$ 40).

GRÁFICO 10
Grau de certeza por questão



A partir dessa análise, dividimos o padrão de resposta em três grupos: certeza (*certainty approach* maior que 7); em dúvida (*certainty approach* entre 4 e 6); e incerteza (*certainty approach* menor que 3).

Os resultados da estimação do modelo *mixed logit* para cada um desses padrões de resposta é apresentado na tabela 12. Os gráficos 11 e 12 exibem a densidade de Kernel para a redução do risco de morte e para a economia de tempo, respectivamente.

TABELA 12

Resultado da estimativa do modelo *mixed logit* calibrado pelo grau de certeza e valor monetário da economia de tempo e da redução do risco de morte por 200 km

Variáveis	Certeza		Em dúvida		Incerteza	
	Coefficiente	SE	Coefficiente	SE	Coefficiente	SE
Média						
Intercepto	-0,971	0,072	-0,554	0,161	0,108 ¹	0,341
Custo	0,178	0,004	0,077	0,006	0,063	0,012
Tempo	0,080	0,002	0,037	0,004	0,019	0,008
Morte	0,425	0,011	0,139	0,020	-0,005 ¹	0,164
Desvio-padrão						
Custo	0,074	0,003	-0,059	0,010	0,035	0,020
Tempo	0,022	0,002	0,002	0,043	0,00006 ¹	0,273
Morte	0,378	0,015	0,127 ¹	0,046	0,364 ¹	0,222
Estatísticas						
<i>Log-likelihood</i>	-9.800,6		-1.837,3		-333,18	
McFadden R ²	0,35517		0,0973		0,0807	
Resultados – base de 200 km						
WTP tempo (R\$/hora)	27,18		28,78		18,47	
WTP morte (R\$/vida)	2,39		1,79		0,08	

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Indica que o parâmetro não foi significativo (maior que 10%).

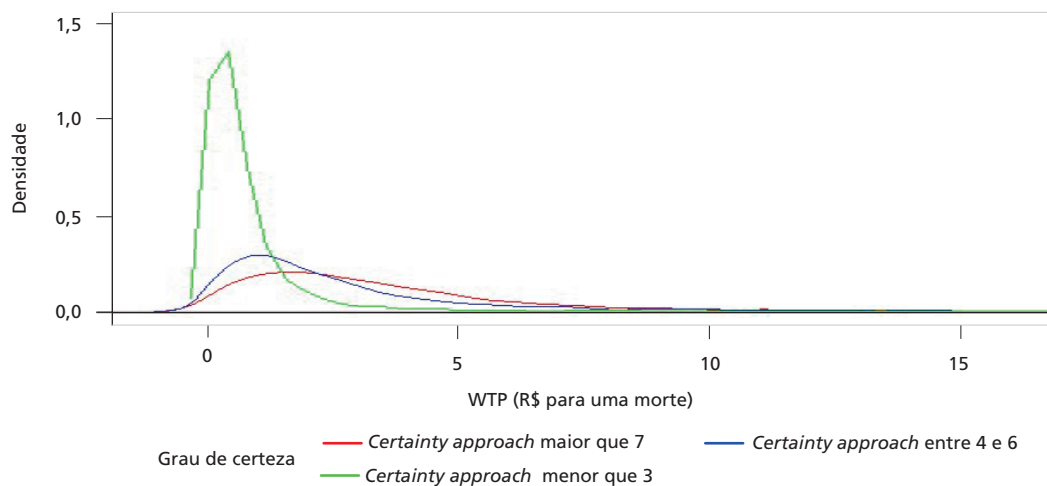
Esses resultados mostram que existe uma variação significativa no comportamento das respostas em que o indivíduo teve certeza da sua escolha e as que foram respondidas com dúvidas. Observa-se também que, na escolha mediante incerteza, os parâmetros de morte, tempo e seus desvios-padrão não foram significativos ao nível de 10%. Cabe notar que as escolhas feitas com certeza deram um maior valor para a redução do risco de morte e, à medida que foi necessário realizar o *trade-off* dessa variável com o custo, o grau de certeza da escolha diminuiu.

Esse *trade-off* pode ser observado mais claramente pelos gráficos de densidade de Kernel (gráficos 11 e 12). A curva das respostas sob incerteza está concentrada em valores menores de WTP, enquanto a das escolhas sob certeza está mais distribuída. Em contrapartida, a curva sob incerteza também apresenta uma cauda maior

na distribuição. Esse padrão mostra que a incerteza foi gerada em casos em que o indivíduo não aceitou pagar um valor mais elevado pelas melhorias, mas ficou incerto de abrir mão desses bens ou, de outra forma, aceitou pagar um valor alto pela redução do risco de morte e pela economia de tempo, mesmo não concordando com o valor monetário colocado.

GRÁFICO 11

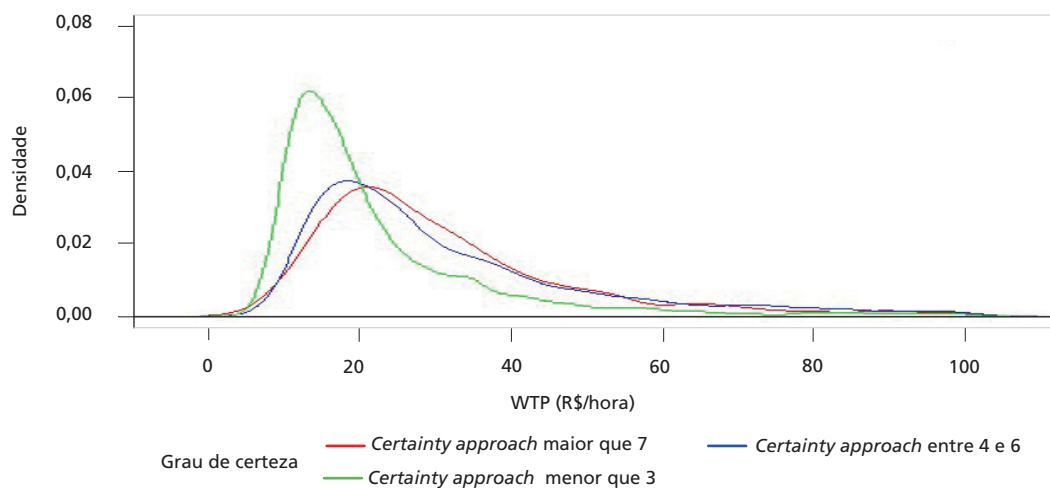
Distribuição da propensão a pagar pela redução do risco de morte calibrado pelo grau de certeza



Elaboração dos autores.

GRÁFICO 12

Distribuição da propensão a pagar pela redução do risco de morte e pela economia de tempo



Elaboração dos autores.

6.2 Modelo considerando variáveis socioeconômicas

O segundo passo da estimação pretendeu observar a presença de heterogeneidade sistemática nas preferências, que podem ocorrer em função de características socioeconômicas ou por diferentes comportamentos de viagem dos respondentes.

Ao modelo geral, acrescentamos as seguintes características:

- renda familiar;
- quantidade de filhos;
- motivo da viagem;
- posição da pergunta sobre acidente de trânsito;
- ocorrência de algum acidente grave de trânsito nos últimos cinco anos com o respondente ou alguém próximo;
- gênero;
- faixa etária;
- existência de multa por infração de trânsito; e
- se o respondente se imaginou sozinho ou acompanhado ao responder ao jogo.

Entre as características consideradas, a presença de filhos, o motivo da viagem e a ocorrência de acidentes com o indivíduo ou um parente próximo não foram significativos ao nível de 90% para influenciar a preferência dos indivíduos pelas rotas A ou B, como assinalado na tabela 13. Todas as outras características foram significativas a 99%, exceto a posição da pergunta de acidentes, que foi significativa a 95%.

A tabela 14 mostra os valores de WTP calculados por cada característica apresentada na tabela anterior. As pessoas do gênero feminino se mostraram consideravelmente mais dispostas a pagar pela segurança do que as do gênero masculino, ao contrário da WTP de economia de tempo, porém com uma diferença menor.

TABELA 13

Resultado da estimativa do modelo *mixed logit* considerando características socioeconômicas e de comportamento de viagem

Variáveis	Coefficiente	SE	t-valor
Média			
Intercepto	-1,021	0,214	-4,775
Custo	0,161	0,003	53,667
Tempo	0,073	0,002	36,076
Morte	0,360	0,010	36,000
Renda familiar	-0,053	0,017	-3,118
Filhos	0,026	0,023	-1,130 ¹
Motivo da viagem	-0,017	0,023	-0,739 ¹
Pergunta de acidentes	0,085	0,043	1,977
Acidente na família	-0,021	0,046	-0,457 ¹
Gênero	0,245	0,048	5,104
Faixa etária	-0,124	0,022	-5,636
Risco	0,267	0,045	5,933
Forma de viagem	-0,166	0,045	-3,689
Desvio-padrão			
Custo	0,063	0,003	21,000
Tempo	0,021	0,002	10,702
Morte	0,321	0,013	24,692
Estatísticas			
<i>Log-likelihood</i>		-10.357	
McFadden R ²		0,32188	

Elaboração dos autores.

Nota: ¹ Indica que o parâmetro não foi significativo (maior que 10%).

TABELA 14

Propensão a pagar classificada por característica socioeconômica

Variáveis	WTP de risco de morte (R\$/vida)	WTP de economia de tempo (R\$/hora)
Gênero		
Homem	2,12	27,84
Mulher	2,60	26,13
Faixa etária		
Até 24 anos	1,90	26,35
De 25 a 34 anos	2,01	27,87
De 35 a 44 anos	2,40	27,23
De 45 a 54 anos	2,66	29,07
De 55 a 64 anos	2,50	22,69
Mais de 65 anos	3,42	31,57

(Continua)

(Continuação)

Variáveis	WTP de risco de morte (R\$/vida)	WTP de economia de tempo (R\$/hora)
Renda		
Até R\$ 1.874	1,99	14,32
Mais de R\$ 1.874 a R\$ 2.811	1,98	22,74
Mais de R\$ 2.811 a R\$ 4.685	1,76	23,77
Mais de R\$ 4.685 a R\$ 9.370	2,25	25,8
Mais de R\$ 9.370 a R\$ 18.740	2,26	27,66
Mais de R\$ 18.740	2,77	35,12
Acidente		
Antes do jogo	2,28	27,81
Depois do jogo	2,26	26,72
Forma de viagem		
Sozinho	2,01	26,28
Acompanhado	2,47	27,98
Comportamento de risco		
Recebeu multa	2,36	29,46
Não recebeu multa	2,21	25,75

Elaboração dos autores.

Tanto para a segurança quanto para a economia de tempo, a faixa etária e a faixa de renda são proporcionais à WTP, conforme esperado. Ou seja, quanto mais idade e quanto maior a renda, mais as pessoas estão dispostas a pagar. A WTP também é maior quando o respondente se imaginou viajando acompanhado. Nesses casos, provavelmente, o motorista considerou que o custo de pedágio poderia ser dividido entre os ocupantes do carro ou que os benefícios são maiores quando mais pessoas viajam.

Os respondentes que levaram alguma multa nos últimos doze meses foram classificados como tendo comportamento de risco. Como esperado, eles estão dispostos a pagar mais para reduzir o tempo de viagem e diminuir o número de mortes do que pessoas que não apresentaram tal comportamento.

Outra forma de analisar os resultados considerando a faixa de renda é verificando sua proporcionalidade ao salário (remuneração horária média). Para as faixas contempladas entre 2 e 20 SMs, utilizou-se o valor médio de cada uma; para a primeira faixa (até 2 SMs), o valor de 2 SMs; e para a última faixa (mais de 20 SMs), o valor de 20 SMs. A carga horária mensal de trabalho considerada foi de 22 dias úteis com oito horas de

trabalho e quatro dias úteis com quatro horas de trabalho, totalizando 192 horas mensais de trabalho. Os resultados se encontram na tabela 15.

TABELA 15
Propensão a pagar segundo a proporcionalidade salário-hora

Faixa	Salário mensal (R\$)	Salário-hora (R\$/hora)	WTP (R\$/hora)	WTP/salário-hora
Até R\$ 1.874	998,00	5,20	14,32	2,75
Mais de R\$ 1.874 a R\$ 2.811	2.186,33	11,39	22,74	2,00
Mais de R\$ 2.811 a R\$ 4.685	3.435,67	17,89	23,77	1,33
Mais de R\$ 4.685 a R\$ 9.370	6.246,67	32,53	25,8	0,79
Mais de R\$ 9.370 a R\$ 18.740	12.493,33	65,07	27,66	0,43
Mais de R\$ 18.740	18.740,00	97,60	35,12	0,36

Elaboração dos autores.

É recomendado que se utilizem os valores de WTP/salário-hora para as faixas a partir de R\$ 4.685 mensais, pois a amostra da pesquisa nas rendas mais baixas foi pequena e, portanto, não representativa. Assim, tem-se a recomendação de usar a referência do VTTS entre 79% e 36% do valor do tempo laboral. A porcentagem mais alta, de 79%, deve ser usada para estimar o impacto sobre pessoas com renda *per capita* abaixo de R\$ 9.370 mensais (a preços de 2017) – a mais baixa, de 36%, para as com renda *per capita* acima de R\$ 18.740. Para as com renda entre R\$ 9.370 e R\$ 18.740, pode-se usar a porcentagem de 43% do valor do tempo laboral como estimativa do VTTS.

A WTP de economia de tempo já nos dá diretamente o VTTS. No caso da WTP de risco de morte, porém, é necessário considerar o volume de tráfego da rodovia para calcular o VSL, isso porque é preciso entender a probabilidade de ocorrência de uma morte além do valor que cada usuário está disposto a pagar para evitá-la, conforme explicado na subseção 2.2.

O VSL foi então calculado utilizando-se a WTP de viajantes frequentes (tabela 11) e a WTP dos respondentes que apresentaram mais certeza nas respostas (tabela 12). A densidade de automóveis nas rodovias brasileiras foi obtida por dois métodos diferentes, descritos a seguir.

- Método A: a partir dos dados da pesquisa de volume de tráfego das rodovias federais brasileiras de 2017 (Plano Nacional de Contagem de Tráfego – PNCT), fornecidos pela equipe do DNIT, estimou-se o volume médio diário (VMD) de

veículos, considerando apenas as rodovias classificadas como duplicadas (DUP) e pavimentadas (PAV). Obteve-se, então, o número médio de automóveis por ano em um trecho qualquer de 1 km, conhecido também como densidade de automóveis.

- Método B: utilizaram-se dados da matriz origem-destino (OD) de passageiros obtida no âmbito do TED Ipea-EPL nº 2/2013 e a extensão da malha rodoviária pavimentada do cadastro do DNIT. A soma dos produtos, em cada par OD, da extensão de cada trecho pelo seu respectivo número de passageiros dá o momento de transporte total. Dividiu-se esse valor pelo número médio de passageiros por automóvel (2,1 passageiros, segundo a pesquisa da EPL mencionada na seção 3). O momento de transporte, em número de automóveis, dividido pela extensão total da malha rodoviária resulta na densidade de automóveis.

Os valores de densidade obtidos nos métodos abordados foram multiplicados pelas WTPs, fornecendo finalmente o VSL. Os resultados são apresentados na tabela 16.

TABELA 16
Cálculo do VSL

	Método A	Método B
Extensão considerada (km)	72.370	105.814
Densidade (automóveis.km/ano)	1.307.682	988.476
WTP frequência (R\$)	2,29	2,29
VSL frequência (R\$/vida)	2.994.592,19	2.263.610,39
WTP certeza (R\$)	2,39	2,39
VSL certeza (R\$/vida)	3.125.360,41	2.362.458,00

Elaboração dos autores.

De forma geral, recomenda-se que se utilize um valor de VSL contido no intervalo encontrado para o do VSL certeza, ou seja, entre R\$ 2.362.458,00 e R\$ 3.125.360,41. Por ser um valor calculado a partir de uma pesquisa de PD, usando apenas as respostas de participantes que tinham certeza da escolha (WTP certeza), ele torna o resultado mais próximo do valor real que os participantes estariam dispostos a pagar caso a situação hipotética se concretizasse.

Para a avaliação de projetos que se encaixam em alguma das situações específicas apresentadas, recomenda-se utilizar o valor correspondente – para a análise de intervenções em rodovias federais, por exemplo, o VSL certeza calculado pelo método A seria o mais adequado.

6.3 Comparação com a literatura

Para fins de comparação, foi feito um levantamento de valores de VSL e de VTTS de outros estudos, por meio de uma pesquisa bibliográfica. A fim de torná-los comparáveis, todos foram transformados em dólares de 2018. Primeiramente, os valores foram transformados em dólar de seu próprio ano, aplicando o câmbio em paridade do poder de compra (*purchasing power parity* – PPP). Em seguida, foram deflacionados ano a ano, até 2018, com a inflação anual dos Estados Unidos. Os valores desta pesquisa se encontram na tabela 17. Os resultados de VSL e de VTTS das pesquisas de referência estão, respectivamente, nas tabelas 18 e 19. A coluna método indica se a valoração foi realizada por meio de questões abertas (QAs), em que se pergunta diretamente quanto o respondente pagaria por algo, ou se foi uma pesquisa de múltipla escolha (ME), em que o respondente escolhe uma entre duas ou mais opções dadas, como nesta pesquisa.

TABELA 17
Parâmetros da pesquisa
(Em US\$ de 2018)

Parâmetro	Frequência	Certeza
VSL	1.455.805,63	1.519.377,93
VTTS	13,42	13,21

Elaboração dos autores.

É possível notar que, quanto maior o nível de renda de um país, maior é o VSL. No geral, os valores variam entre centenas de milhares e alguns milhões de dólares. Os que foram encontrados, tanto considerando viajantes frequentes como respondentes que tinham certeza da resposta, ficaram próximos um do outro e dentro do esperado se comparados às referências apresentadas a seguir.

O valor do tempo, no Brasil, já foi estudado por Brito (2007), porém especificamente para o estado de São Paulo. Os valores encontrados aqui foram um pouco mais baixos que os apresentados pelo referido autor, mas possuem a mesma ordem de grandeza e estão dentro do intervalo esperado.

TABELA 18
Referências de VSL por vida

Referência	País	Método	Tipo de valor	VSL (US\$ de 2018)
Mahmud (2006)	Bangladesh	QA	Médio	3.997,19
Bhattacharya, Alberini e Cropper (2006)	Índia	QA	Médio	188.260,90
Iragüen e Ortúzar (2004)	Chile	ME	Médio	221.401,95
Yang, Liu e Xu (2016)	China	ME	Médio	1.099.530,76
Krupnick <i>et al.</i> (2002)	Canadá	QA	Mínimo	1.253.629,92
Svensson (2009)	Suécia	-	Mínimo	3.489.352,46
Hensher <i>et al.</i> (2009)	Austrália	ME	Médio	7.445.015,03

Elaboração dos autores.

TABELA 19
Referências de VTTS por hora

Referência	País	Método	Tipo de valor	VTTS (US\$ de 2018)
Börjesson e Eliasson (2012)	Suécia	QA	Médio	1,56
Brito (2007)	Brasil (São Paulo)	ME	Médio	19,30
Hensher <i>et al.</i> (2009)	Austrália	ME	Médio	26,01

Elaboração dos autores.

7 CONCLUSÕES

O estudo teve por objetivo estimar os parâmetros de VTTS e o VSL para viagens rodoviárias no Brasil, uma vez que, até onde se conhece, essa estimativa nunca foi feita nesse contexto.

Para a obtenção desses valores, foi necessário produzir os dados primários, o que consistiu na aplicação de uma pesquisa *on-line*, com a metodologia de *snowball* para a divulgação. O desenvolvimento do questionário trouxe inovações no contexto de pesquisas de PD na área. Primeiramente, pelo fato de se buscar minimizar o problema de viés hipotético com a utilização de informações e da metodologia de *certainty approach*. Em segundo, por permitir que qualquer indivíduo respondesse à pesquisa, sendo usuário ou não das rodovias, possibilitando a comparação das preferências entre os dois grupos. E, por fim, pela estrutura e por algumas perguntas do questionário, em que se buscou auferir aspectos psicológicos que podem influenciar o processo de escolha dos indivíduos.

Para a análise dos dados, utilizou-se o modelo *mixed logit*, que possui a vantagem de avaliar variações entre os indivíduos, o que permitiu observar a distribuição da WTP.

Tendo como base uma distância de 200 km, o modelo geral apresentou uma propensão a pagar de R\$ 27,60 para a redução de uma hora de viagem e de R\$ 2,29 para a redução do risco de uma morte por ano no trecho. Os resultados, entretanto, mostraram a existência de uma variação significativa no comportamento em função do grau de certeza nas respostas e no comportamento entre os viajantes e os não viajantes.

O valor do tempo foi também apresentado proporcionalmente ao valor do tempo laboral. É recomendado utilizar os valores de WTP por salário-hora para as faixas a partir de R\$ 4.685 mensais, pois a amostra da pesquisa nas rendas mais baixas foi pequena e, portanto, não representativa. Assim, tem-se a recomendação de uso da referência do VTTS entre 79% e 36% do valor do tempo laboral. A porcentagem mais alta, de 79%, deve ser usada para estimar o impacto sobre pessoas com renda *per capita* abaixo de R\$ 9.370 mensais (a preços de 2017). A mais baixa, de 36%, para as com renda *per capita* acima de R\$ 18.740. Para as de renda entre R\$ 9.370 e R\$ 18.740, pode-se usar a porcentagem de 43% do valor do tempo laboral como estimativa do VTTS.

A inclusão no modelo de características de viagem e dos indivíduos mostrou que a presença de filhos, o motivo da viagem e a ocorrência de acidentes com o indivíduo ou um parente próximo não foram significativos. Em contrapartida, pessoas do gênero feminino se mostraram consideravelmente mais dispostas a pagar pela segurança que as do gênero masculino. Além disso, quanto maiores forem a idade e a renda, mais as pessoas estão dispostas a pagar por ambos os benefícios.

Por fim, estimou-se o VSL com o uso da WTP com grau de certeza nas respostas, que ficou no intervalo de R\$ 2.362.458,00 a R\$ 3.125.360,41. Os valores aqui encontrados servem para subsidiar CBAs dos projetos de investimento em rodovias, bem como em outros projetos ou políticas que envolvam esses parâmetros.

Cabe ressaltar, entretanto, que a pesquisa apresentou problemas na amostra obtida, com um viés amostral alto em relação à escolaridade e à renda dos indivíduos, e também obteve pouca cobertura na região Norte do país. Assim, apesar do importante resultado, visto ser o primeiro para o contexto brasileiro, essa limitação deve ser considerada em aplicações para toda a população do país.

A pesquisa, porém, representa um grande avanço metodológico para o contexto brasileiro e pode servir de base para pesquisas futuras, que poderiam procurar aprimorar

a coleta dos dados, com uma amostra representativa, a fim de alcançar outros estratos populacionais. No entanto, certamente demandaria uma maior alocação de recursos financeiros para sua realização.

REFERÊNCIAS

ANDERSSON, H.; TREICH, N. The value of a statistical life. *In*: PALMA, A. de. *et al.* (Ed.). **A handbook in transport economics**. Cheltenham; Northampton: Edward Elgar, 2011. p. 396-424.

BECK, M. J.; FIFER, S.; ROSE, J. M. Can you ever be certain? Reducing hypothetical bias in stated choice experiments via respondent reported choice certainty. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 89, p. 149-167, 2016.

BHAT, C. R. Simulation estimation of mixed discrete choice models using randomized and scrambled Halton sequences. **Transportation Research Part B: Methodological**, v. 37, n. 9, p. 837-855, 2003.

BHATTACHARYA, S.; ALBERINI, A.; CROPPER, M. L. The value of mortality risk reductions in Delhi, India. **Journal of Risk and Uncertainty**, v. 34, n. 1, p. 21-47, 2006.

BOARDMAN, A. E. *et al.* **Cost-benefit analysis: concepts and practice**. 4th. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011.

BÖRJESSON, M.; ELIASSON, J. **Experiences from the Swedish value of time study**. Sweden: Centre for Transport Studies, 2012. (Working Paper, 2012:8).

BRITO, A. N. **Aplicação de um procedimento usando preferência declarada para a estimativa do valor do tempo de viagem de motoristas em uma escolha entre rotas rodoviárias pedagiadas e não pedagiadas**. 2007. 185 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CARVALHO, M. A. Uma introdução à análise de políticas públicas: análise custo-benefício, árvores de decisão e modelos de multiatributos. *In*: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 29., 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: ANPAD, 2005.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2016: relatório gerencial**. 20. ed. Brasília: CNT; Sest; Senat, 2016.

HENSHER, D. A. Valuation of travel time savings. *In*: PALMA, A. de *et al.* (Ed.). **A handbook in transport economics**. Cheltenham; Northampton: Edward Elgar, 2011. p. 135-159.

HENSHER, D. A. *et al.* Estimating the willingness to pay and value of risk reduction for car occupants in the road environment. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 43, n. 7, p. 692-707, 2009.

HENSHER, D. A.; GREENE, W. H. The mixed logit model: the state of practice and warnings for the unwary. **Institute of Transport Studies**, 2001. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.194.5621&rep=rep1&type=pdf>>.

HESS, S.; BIERLAIRE, M.; POLAK, J. W. Estimation of value of travel-time savings using mixed logit models. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 39, n. 2-3, p. 221-236, 2005.

HESS, S.; ROSE, J. M. Some lessons in stated choice survey design. *In*: THE EUROPEAN TRANSPORT CONFERENCE, 2009, Leeuwenhorst. **Proceedings...** Leeuwenhorst, Netherlands: AET, 2009.

HOLE, A. R., KOLSTAD, J. R. Mixed logit estimation of willingness to pay distributions: a comparison of models in preference and WTP space using data from a health-related choice experiment. **Empirical Economics**, v. 42, n. 2, p. 445-469, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf>>. Acesso em: maio 2017.

IRAGÜEN, P.; ORTÚZAR, J. de D. Willingness-to-pay for reducing fatal accident risk in urban areas: an internet-based web page stated preference survey. **Accident Analysis and Prevention**, v. 36, n. 4, p. 513-524, 2004.

JACOBS, G. D. Costing road accidents in developing countries. *In*: ROAD ENGINEERING ASSOCIATION OF ASIA AND AUSTRALASIA CONFERENCE, 8., 1995, Taipei. **Proceedings...** Taipei: REAAA, 1995. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/ed7e/f1f9b200ab3cfc7ca98425448c0f01aaca4b.pdf>>.

KRUPNICK, A. *et al.* Age health, and the willingness to pay for mortality risk reductions: a contingent valuation survey of Ontario residents. **Journal of Risk and Uncertainty**, v. 24, n. 2, p. 161-184, 2002.

LOOMIS, J. B. What's to know about hypothetical bias in stated preference valuation studies? **Journal of Economic Surveys**, v. 25, n. 2, p. 363-370, 2011.

MACKIE, P. J.; JARA-DÍAZ, S.; FOWKES, A. S. The value of travel time savings in evaluation. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 37, n. 2-3, p. 91-106, 2001.

MAHMUD, M. Contingent valuation of mortality risk reduction in developing countries: a mission impossible? **Keele Economics Research Papers**, Feb. 2006.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Mortality risk valuation in environment, health and transport policies**. Paris: OECD, 2012.

POMPERMAYER, F. M. **Simulação de parceria público-privada para as rodovias federais: impactos sobre orçamento fiscal, usuários e contribuintes**. Rio de Janeiro: Ipea, 2017. (Texto para Discussão, n. 2275). Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/170301_td_2275.PDF>.

READY, R. C.; CHAMP, P. A.; LAWTON, J. L. Using respondent uncertainty to mitigate hypothetical bias in a stated choice experiment. **Land Economics**, v. 86, n. 2, p. 363-381, 2010.

RIZZI, L. I.; ORTÚZAR, J. de D. Stated preference in the valuation of interurban road safety. **Accident Analysis and Prevention**, v. 35, n. 1, p. 9-22, 2003.

SAMUELSON, P. A. Diagrammatic exposition theory of public expenditure. **The Review of Economics and Statistics**, v. 37, n. 4, p. 350-356, 1955.

SEN, A. Internal consistency of choice. **Econometrica**, v. 61, n. 3, p. 495-521, 1993.

SKEDGEL, C. D.; WAILOO, A. J.; AKEHURST, R. L. Choosing vs. allocating: discrete choice experiments and constant-sum paired comparisons for the elicitation of societal preferences. **Health Expectations**, v. 18, n. 5, p. 1227-1240, 2015.

SULLIVAN, E. *et al.* Web-based guide to transportation benefit-cost analysis. **Journal of Transportation Engineering**, v. 134, n. 7, p. 282-286, 2008.

SVENSSON, M. The value of a statistical life in Sweden: estimates from two studies using the “certainty approach” calibration. **Accident Analysis and Prevention**, v. 41, n. 3, p. 430-437, 2009.

TRAIN, K. E. **Discrete choice methods with simulation**. New York: Cambridge University Press, 2002.

VOSSLER, C. A.; EVANS, M. F. Bridging the gap between the field and the lab: environmental goods, policy maker input, and consequentiality. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 58, n. 3, p. 338-345, 2009.

WITLOX, F.; VANDAELE, E. Determining the monetary value of quality attributes in freight transportation using a stated preference approach. **Transportation Planning and Technology**, v. 28, n. 2, p. 77-92, 2005.

YANG, Z.; LIU, P.; XU, X. Estimation of social value of statistical life using willingness-to-pay method in Nanjing, China. **Accident Analysis and Prevention**, v. 95, p. 308-316, 2016.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

PRF – POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. **Dados abertos: acidentes 2015**. Brasília: PRF, 2016. Disponível em: <<https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes/acidentes>>. Acesso em: jan. 2017.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Assessoria de Imprensa e Comunicação

EDITORIAL

Coordenação

Reginaldo da Silva Domingos

Supervisão

Carlos Henrique Santos Vianna

Revisão

Carlos Eduardo Gonçalves de Melo

Elaine Oliveira Couto

Lis Silva Hall

Mariana Silva de Lima

Marlon Magno Abreu de Carvalho

Vivian Barros Volotão Santos

Laysa Martins Barbosa Lima (estagiária)

Editoração

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Mayana Mendes de Mattos

Louise de Freitas Sarmiento (estagiária)

Capa

Danielle de Oliveira Ayres

Flaviane Dias de Sant'ana

Projeto Gráfico

Renato Rodrigues Bueno

*The manuscripts in languages other than Portuguese
published herein have not been proofread.*

Livraria Ipea

SBS – Quadra 1 - Bloco J - Ed. BNDES, Térreo.

70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 2026-5336

Correio eletrônico: livraria@ipea.gov.br

Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DA
ECONOMIA



**PÁTRIA AMADA
BRASIL**
GOVERNO FEDERAL

ISSN 1415-4765



9 771415 476001