

## ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO EM TRANSPORTES: O VALOR ESTATÍSTICO DA VIDA PARA O BRASIL

**César Luís Andriola**  
**Andrey Zuriel Ebeling Bonatto**

**Diego Lopes Dutra**  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Laboratório de Sistemas de Transportes (LASTRAN)

### RESUMO

Este trabalho apresenta uma revisão sobre a mensuração dos custos de acidentes viários para uso em Análises Custo Benefício (ACB) em transportes. Dentre os itens necessários para mensuração dos custos de acidentes (custos médicos, perda de produção, danos materiais, custos administrativos e custos humanos), esse artigo possui enfoque na obtenção do custo humano, que segundo literatura internacional deve ser obtido por meio do método da Disposição a Pagar (DAP), resultando no Valor Estatístico da Vida (VEV). Apesar do método ser conceitualmente sólido, existem dificuldades para sua obtenção em países emergentes. Como alternativa, a literatura sugere o uso de métodos de transferência de VEV de países desenvolvidos para países emergentes. A partir disso, este trabalho apresenta uma revisão dos principais métodos existentes, principalmente na área de transportes, e a aplicação desses para dados brasileiros, resultando em valores de 2,26 a 5,12 milhões de reais, para o ano de 2018.

### ABSTRACT

This paper presents a review on the measurement of road accidents costs for use in Cost Benefit Analysis (CBA) in transportation. Among the items needed to measure accident costs (medical costs, loss of production, material damages, administrative costs and human costs), this article focuses on obtaining the human cost, which according to international literature should be obtained through the method of Willingness to Pay (WTP), resulting in the Value of Statistical Life (VSL). Although the method is conceptually robust, there are difficulties in obtaining the VSL in emerging countries such as Brazil. As an alternative, the literature suggests the use of VSL transfer methods from developed countries to emerging countries. This work presents a review of the main existing methods, mainly in the transportation area, and the application of these methods based upon Brazilian data, resulting in values from 2,26 to 5,12 million Brazilian real.

### 1. INTRODUÇÃO

Segundo a World Health Organization (2018), todos os anos acidentes de trânsito matam no mundo cerca de 1,35 milhões de pessoas, sendo que nos países de menor renda os índices de mortes no trânsito chegam a ser três vezes maiores do que os dos países ricos. O Brasil é o quinto país com mais mortes no trânsito, registrando em torno de 47 mil mortos e 300 mil feridos graves por ano. Segundo estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas (IPEA, 2015), esses acidentes representam um custo de R\$40 bilhões por ano para a economia brasileira, sendo esse valor causado principalmente pela perda de produção, seguido de custos hospitalares.

A problemática dos acidentes se agrava, tendo em vista o atual cenário econômico e de infraestrutura brasileiros, que exigem a aplicação dos escassos recursos disponíveis da melhor forma. Para avaliar o impacto de diversos custos e benefícios de um projeto, como a redução de acidentes, dos tempos de viagem e da emissão de poluentes, é internacionalmente recomendada a utilização da metodologia de Análise Custo-Benefício (ACB) (Elvik, 2001). Ela quantifica todos os aspectos econômicos de um projeto, transformando-os em unidades monetárias, permitindo formular uma opinião concreta em relação ao desempenho esperado do projeto (Senna, 2014).

O elemento mais significativo na mensuração dos custos de acidentes viários é o custo humano, que representa custos imateriais do sofrimento, dor, tristeza e perda de qualidade vida. A abordagem recomendada na literatura para o cálculo do elemento humano dos acidentes é a do valor estatístico da vida (VEV), que pode ser definido como o valor que determinada sociedade está disposta a pagar para promover a proteção de vidas humanas (Bahamonde-Birke *et al.*, 2015). Apesar do consenso existente na literatura da validade da utilização do VEV, muitos países emergentes não possuem estimativas apropriadas, necessitando adapta-las de outros países.

Nesse contexto, este trabalho busca estimar o VEV para o uso em ACB em transportes no Brasil, a partir das três principais abordagens recomendadas na literatura internacional para países emergentes, tendo em vista que as diretrizes existentes para o Brasil são limitadas. Para isso, este trabalho se divide em cinco capítulos, incluindo essa introdução. O segundo capítulo apresenta os conceitos relacionados à mensuração dos custos de acidentes viários para o uso em ACB, com enfoque para o custo humano. No capítulo três são apresentadas as principais metodologias de transferência do VEV de países desenvolvidos para países emergentes, de modo que no capítulo quatro esses valores sejam estimados para o Brasil. O trabalho se encerra no capítulo cinco com as considerações finais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O objetivo deste capítulo é apresentar as atuais diretrizes e conceitos relacionados à aplicação da ACB em transportes, mais especificamente no que se refere à mensuração dos custos humanos de acidentes viários. Desse modo, o capítulo é dividido em três seções: a primeira discorre sobre a ACB, a segunda sobre a mensuração dos custos de acidentes, e a terceira sobre a mensuração específica do elemento humano dos acidentes, apresentando o conceito de VEV.

### 2.1 Análise Custo Benefício em transportes

A ACB visa determinar se um projeto é viável do ponto de vista do bem-estar social, através da soma algébrica dos seus custos e benefícios trazidos a valor presente. Ela assim informa aos formuladores de políticas sobre os impactos esperados das alternativas de investimento. A principal razão para utilizar esta metodologia em medidas de segurança viária é auxiliar no desenvolvimento de políticas que façam o uso mais eficiente dos recursos, ou seja, que produzam os maiores benefícios possíveis para um determinado custo. Desse modo, a ACB busca identificar as alternativas mais econômicas para melhorar a segurança nas vias (European Commission, 2018).

Os países europeus têm unanimidade quanto ao uso de avaliações econômicas, não somente uma avaliação puramente financeira de projetos, mas também quanto ao uso de ACB para avaliar os itens de segurança e de economia de tempo. No entanto, a utilização dessa metodologia no Brasil ainda é incipiente, e os manuais e trabalhos existentes não oferecem nível de detalhe que permita a sua aplicação prática, apenas as diretrizes a serem seguidas (Dalbem *et al.*, 2009). Recentemente, diversas tentativas de detalhamento dos procedimentos e de monetização dos impactos sociais mostraram que o país tem buscado atingir melhores práticas, mas em geral ainda se adotam procedimentos bastante simplificados no cálculo de externalidades, principalmente no que se refere a valoração do custo do acidente, que é o foco deste estudo.

Apesar da grande popularidade, a utilização da ACB recebe críticas a partir de uma perspectiva ética, por considerar somente elementos monetizáveis, tendo sido usada com certa hesitação pelo banco mundial (Independent Evaluation Group, 2010). Além disso, existem significativas dificuldades em uniformizar práticas e instituir critérios exclusivamente monetários como instrumento de decisão (Dalbem *et al.*, 2009). Uma alternativa para essa deficiência é a sua utilização em conjunto com critérios qualitativos, através do método da análise multi-criterial (MCA), já que o uso isolado da análise multi-criterial também é criticado devido à sua subjetividade (van Wee, 2012).

## 2.2. Custo dos acidentes

Entre os parâmetros utilizados na ACB de projetos em infraestrutura de transportes, a redução de acidentes tem elevada relevância, principalmente do que diz respeito ao custo humano dos acidentes. Segundo as atuais diretrizes para a valoração do custo de acidentes viários (European Commission, 2018), os custos necessários para a avaliação são:

- Custos médicos: custos resultantes do tratamento de vítimas, por ex. custos do hospital, estadia, reabilitação, medicamentos e adaptações para deficientes;
- Perda de produção: perda de produção e renda decorrente da incapacidade permanente ou temporária dos feridos e perda total da produção de fatalidades;
- Custos humanos: custos imateriais do sofrimento, dor, tristeza e perda de qualidade vida;
- Danos à propriedade: danos a veículos, estradas e objetos fixos;
- Custos administrativos: nesta categoria são incluídos os custos de polícia, corpo de bombeiros, tribunais e os custos administrativos das seguradoras.

Segundo Elvik (2010), o custo total dos acidentes pode ser dividido em três categorias, que incorporam todos os elementos acima citados: custo direto dos acidentes, perda de capacidade produtiva e perda de bem-estar. A Figura 1 apresenta essas categorias e seus elementos constituintes. Diversas diretrizes internacionais, como as de ECMT (2001), e OECD (2006), apresentam recomendações para a estimação dos custos de acidentes. Essas diretrizes propõem, para cada categoria, uma abordagem para ser incorporada em ACB:

- A abordagem dos custos de recursos ou de restituição. Tem como objetivo identificar e estimar todos os custos diretos decorrentes do acidente.
- O método do Capital Humano (CH), utilizado para estimar os custos provenientes da perda de produtividade, ou do potencial de gerar riquezas de um indivíduo após sofrer um acidente. Também pode ser considerado um custo indireto dos acidentes.
- O método da Disposição a Pagar (DAP), utilizado para estimar o valor de uma intervenção de segurança em relação ao seu potencial de reduzir riscos de acidentes com mortes.



**Figura 1:** Categorias de custos de acidentes viários, fonte: Elvik (2010)

É importante destacar que, apesar dos métodos do CH e da DAP serem muitas vezes considerados como alternativas para mensurar o valor de vidas salvas, eles avaliam componentes de custo diferentes, conforme citado anteriormente, e são por isso complementares. No entanto, ambas as metodologias incorporam a perda de consumo, que deve ser descontada a fim de evitar dupla contagem (Wijnen *et al.*, 2009). Outro ponto importante a ser destacado sobre a metodologia da DAP, é que essa representa uma demanda hipotética por melhoria na segurança, e por isso não deve ser usada para mensurar custos contábeis causados por acidentes (Elvik, 2010).

No Brasil, a primeira iniciativa de contabilizar o número de acidentes e vítimas e posterior atribuição dos custos decorrentes dos mesmos deu-se através do Programa de Segurança de Trânsito, conduzido pelo extinto Departamento Nacional de Estradas e Rodagens (DNER) entre os anos de 1976 e 1994 e que tinha como objetivo principal a identificação dos pontos críticos nas rodovias federais e estabelecer diretrizes para o seu tratamento. Como continuidade a esse programa, o DNIT (2004a) avaliou os custos diretos, custos de perda de produção e custos humanos de acidentes viários para o ano de 2004, obtendo o valor de R\$ 843.911,52 para fatalidades. Desse valor, 38% (R\$ 232.379,57) representam o custo da dor, pesar e sofrimento, calculados a partir das recomendações de Jacobs (1995).

Nos anos 2000, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2006) realizou um novo estudo a partir dos dados de acidentes relativos aos anos de 2004 e 2005, e propôs uma nova metodologia de obtenção de custos baseada na definição de uma função global de custos de acidentes e sua posterior decomposição em componentes elementares, avaliando os custos diretos e perda de produção, conforme classificação anterior. O estudo apresenta um valor de R\$ 526.976,33 para fatalidades. Mais recentemente, Carvalho (2015) utilizando a metodologia do CH para dados de acidentes do ano de 2012, apresenta os valores de R\$ 697.468,84 a R\$ 1,20 milhões para fatalidades.

Além dos estudos citados, que buscaram mensurar principalmente custos diretos e de perda de produção, alguns estudos no Brasil mensuraram os custos humanos de acidentes, utilizando metodologias de DAP para a determinação do VEV. Rosa (2006), utilizando técnicas de Preferência Declarada e a metodologia de valoração contingente, obteve um VEV entre R\$ 719 mil e R\$ 1,99 milhões, enquanto Souza (2010), baseando-se também na metodologia de valoração contingente, obteve um valor bastante distinto, de R\$ 21 milhões.

Fora do contexto de acidentes viários, Pereira *et al.* (2018), baseando-se na teoria dos salários hedônicos, obtiveram valores de VEV para o Brasil entre R\$3,76 milhões e R\$4,69 milhões, se aproximando aos resultados encontrados ao final deste estudo. Para fins de comparação, todos os valores apresentados nessa seção estão em reais de 2018, e foram atualizados utilizando o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) (BCB, 2019). A grande divergência entre os valores apresentados demonstra a necessidade da definição de um VEV base para o uso em ACB em transportes no Brasil.

### 2.3. Valor Estatístico da Vida

A implantação de políticas públicas e/ou infraestruturas dedicadas à melhoria das condições de segurança e saúde da população comumente envolvem investimentos de grande volume, que são destinados à mitigação de riscos para a população. No caso de um projeto de segurança viária, por exemplo, é de interesse do governo realizar intervenções capazes de reduzir o risco de acidentes, e, conseqüentemente, o índice de mortalidade em um trecho ou intersecção. Cabe ao gestor, portanto, identificar o equilíbrio entre o custo financeiro de implantação do projeto e os benefícios provenientes dessa implantação em termos de redução de riscos. Nesse contexto, Viscusi (2008) mostra que o valor econômico dos benefícios de um projeto está relacionado ao quanto a sociedade está disposta a pagar por esse benefício. Para a análise desse *tradeoff* é utilizado o conceito do valor estatístico da vida (VEV).

A formulação do VEV traz da economia o conceito da taxa marginal de substituição. Esta é utilizada para interpretar o quanto um indivíduo está disposto a trocar um bem por outro, de maneira que não ocorra prejuízo à sua percepção de utilidade. No contexto do VEV, como não se pode determinar quantas ou quais vidas serão poupadas, é mais relevante trabalhar com as margens de risco as quais essas vidas estarão submetidas. Os bens incorporados nessa taxa marginal de substituição são, portanto, a renda (ou riqueza), e o risco de mortalidade (Bosworth *et al.*, 2017).

Segundo Bahamonde-Birke *et al.*, (2015), a abordagem da DAP se destaca por ser capaz de incorporar os custos intangíveis relacionados aos acidentes, tais como a dor pela perda de um familiar, a redução da qualidade de vida e o sentimento geral de insegurança. Ainda segundo o autor, essa abordagem apresenta algumas limitações, tais como a dificuldade de precisar as diferentes percepções que as pessoas possuem de custos e prioridades, também existem limitações de obter resultados para determinados grupos populacionais, especialmente crianças.

Entre os métodos existentes para a mensuração do VEV por meio da DAP, os mais utilizados são os modelos de preferência declarada e preferência revelada. O primeiro destaca-se pela sua simplicidade de aplicação, e consiste na proposição de situações hipotéticas onde os indivíduos devem fazer escolhas que irão refletir a sua percepção de risco. Já no segundo as inferências sobre o VEV são obtidas a partir de decisões efetivamente tomadas pelos indivíduos em situações reais (Ashenfelter, 2006).

A definição de um VEV através do método da DAP em países emergentes encontra algumas dificuldades, como por exemplo a ausência de dados disponíveis e limitações técnicas e de operação. Buscando estabelecer uma referência de custos de acidentes para o Brasil, DNIT (2004b) cita a dificuldade de aplicação dos questionários e o problema de tal metodologia não

incorporar usuários do transporte público e pedestres como limitantes para a definição do VEV. Ozawa *et al.*, (2011) argumenta que são limitados os estudos que buscam definir o VEV em países emergentes, e propõe como alternativa o uso de mecanismos de transferência baseados no produto interno bruto (PIB) per capita de um país de referência, onde existem estudos consolidados para definição do VEV, em relação ao PIB per capita do país emergente a ser estudado. Esses mecanismos são apresentados com mais detalhe no capítulo 3.

### 3. MÉTODO

A adoção de um valor de VEV para ACB pode ser realizada por meio de dados específicos do próprio país, segundo metodologias citadas anteriormente, ou pelo uso do método *benefit transfer*, que traduz valores de VEV estimados em países desenvolvidos para países emergentes (Viscusi, 2018). Tendo em vista a escassez dos estudos de preferência (declarada e revelada) no Brasil, o método assume papel importante para a estimação do VEV. A principal desvantagem em usar esse método é o fato de desconsiderar a influência de fatores culturais nos valores calculados, que podem ser bastante diferentes em países de baixa renda (Laxminarayan *et al.*, 2007). Existem duas principais abordagens para a utilização do *benefit transfer*, conforme explicitado por (Navrud e Ready, 2007):

1. Transferência de Valor Unitário
  - i) Transferência Unitária Simples
  - ii) Transferência Unitária com ajustes de renda
2. Função de Transferência
  - i) Função de Benefícios a partir de um estudo
  - ii) Meta-análise

#### 3.1 Transferência de Valor Unitário

A abordagem mais simples e comumente utilizada é a da Transferência de Valor Unitário Simples. O método assume que os indivíduos do contexto base e do contexto de estudo possuem características socioeconômicas similares, e que a redução do risco experienciada por um indivíduo no contexto de estudo produzirá um ganho de utilidade igual ao do indivíduo no contexto base (OECD, 2012).

A suposição realizada pela abordagem anterior não é válida quando o objetivo é a transferência de valores entre países desenvolvidos e emergentes, que apresentam níveis de renda e custo de vida muito discrepantes. A solução para esse problema é a utilização de um ajuste para a renda, comumente representado pelo PIB per capita. Essas considerações são expressas pela equação 1, adaptada de Hammitt and Robinson (2011):

$$VEV_B = VEV_A * \left( \frac{PIBcap_B}{PIBcap_A} \right)^e \quad (1)$$

- Onde:  $VEV_A$ : VEV do país base (USD);  
 $VEV_B$ : VEV do país em estudo (USD);  
 $PIBcap_A$ : PIB per capita do país base (USD);  
 $PIBcap_B$ : PIB per capita do país em estudo (USD);  
 $e$ : elasticidade de renda

Um dos principais parâmetros da equação 1 que merece atenção é a elasticidade de renda ( $e$ ), devido à sua grande influência no resultado a ser determinado. Ela representa a variação do VEV a partir de uma variação na renda. Os valores comumente utilizados nas equações de transferência de benefício variam conforme o estudo realizado. Um dos primeiros estudos sobre a transferência de VEV para países emergentes foi realizado por Miller (2000), indicando uma elasticidade entre 0,85 e 1. Já o estudo de Hammitt and Robinson (2011) apresenta evidência que a elasticidade de renda é superior a 1 em países emergentes. Por outro lado, ao estudar o assunto em países desenvolvidos, Viscusi e Aldy (2003) apresentam elasticidade entre 0,5 e 0,6.

Para a conversão dos valores encontrados em dólar internacional para reais brasileiros, é necessária a utilização do conceito de Paridade do Poder de Compra (PPC), tendo em vista que as taxas oficiais de câmbio não refletem o real poder de compra das moedas (OECD, 2012).

### 3.2 Função de Transferência

A segunda abordagem, que também é comumente utilizada para *benefit transfer*, assume que a DAP do contexto base pode ser descrita por uma função de características quantificáveis e então transferida para o contexto de estudo (Narain e Sall, 2016). Além disso, ao invés de transferir uma função a partir de um estudo, resultados de diversos estudos podem ser combinados por meio de meta-análise para estimar uma função de transferência comum (Navrud e Ready, 2007).

O principal estudo existente na literatura que faz uso dessa abordagem aplicada para a área de transportes é o estudo de Milligan *et al.* (2014). Os autores desenvolveram uma função especificamente para países de baixa e média renda, estimando os parâmetros da mesma a partir de estimativas de VSV para países emergentes da OECD. A elasticidade de renda calculada foi de 2.478, que confirma as evidências iniciais apresentadas por Hammitt and Robinson (2011). A função de transferência de VEV desenvolvida pelos autores é apresentada na equação 2:

$$VEV = 1,3732 * 10^{-4} * PIBcap^{2,478} \quad (2)$$

Onde: *VEV*: VEV do país em estudo (2005 USD);

*PIBcap*: PIB per capita do país em estudo (2005 USD)

Os parâmetros apresentados na equação 2 são expressados em dólares internacionais do ano de 2005. Para evitar a ocorrência de erros, é necessária a conversão de valores atuais de PIB per capita para dólares internacionais utilizando o PPC, e a deflação dos valores para o ano de 2005. A obtenção do VEV em reais para o ano atual pode ser obtida revertendo os passos anteriores.

### 3.3 Regra de bolso

Outra alternativa para a transferência de VEV para países emergentes é o uso de regras de bolso. Um método recomendado pelo Banco mundial para a construção dessa abordagem é a realização de benchmark de valores de VEV contra o PIB per capita. Esse método parte da suposição da existência da relação proporcional entre VEV e PIB per capita, comumente utilizada pelas funções de transferência (Narain e Sall, 2016).

Entre as regras de bolso existentes na literatura, Cropper e Sahin (2009) sugerem uma razão entre VEV e PIB per capita de 80:1 para países de renda média, contra a razão de 120:1 obtida por Miller (2000) para países de renda alta. Na área de transportes, o principal estudo é o realizado por McMahon e Dahdah (2008), que utiliza como base valores oficiais para fatalidades de 12 países desenvolvidos e 10 países emergentes, sendo que desses últimos, 2 foram obtidos pelo método da DAP e o restante pelo método do CH. A regra de bolso resultou na razão entre VEV e PIB per capita de 70:1, conforme equação 3, com margens inferiores e superiores de 60 e 80:

$$VEV = 70 * PIBcap \quad (3)$$

Onde: *VEV*: VEV do país em estudo (USD);

*PIBcap*: PIB per capita do país em estudo (USD)

A regra de bolso disposta na equação 3 é utilizada pelo *Internacional Road Assessment Programme* (iRAP), que é um programa internacional que possui o objetivo de melhorar a segurança viária, inspecionando, classificando, e propondo melhorias em rodovias (iRAP, 2014). O programa vem sendo amplamente aplicado em países emergentes, seguindo recomendações do Banco Mundial, estando presente em mais de 80 países e já tendo avaliado 14.985 km de rodovias brasileiras.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das abordagens citadas no capítulo anterior, foram utilizados os dados brasileiros para estimar o VEV para o Brasil, de modo a permitir avaliar a diferença entre valores de VEV a partir de diferentes abordagens, e a comparação desses valores com as atuais diretrizes de ACB brasileiras. Para a determinação do VEV brasileiro utilizando a abordagem de transferência unitária, foi utilizado como VEV base o recomendado pelo departamento de transportes estadunidense (DOT, 2016), de \$9,6 milhões, e elasticidade recomendada por membros do Banco Mundial (Minjares *et al.*, 2014), de 1. A tabela 1 apresenta as etapas, fontes de dados e resultados para o cálculo do VEV para o Brasil utilizando a abordagem em questão.

**Tabela 1:** Cálculo do VEV para o Brasil utilizando transferência unitária

	<b>Etapas</b>	<b>Fonte de dados</b>	<b>Resultado</b>
1.	Identificar o VEV recomendado para uso em transportes	DOT (2016)	9,6 milhões (2016 USD)
2.	Converter o valor para o ano de 2018	BLS (2019)	10,04 milhões (2018 USD)
3.	Calcular a razão entre PIB per capita de Brasil e Estados Unidos	World Bank (2018a)	0,25 = (15.820 / 63.390)
4.	Definir a elasticidade de renda	Minjares et al (2014)	1,0
5.	Calcular o VEV utilizando a equação 1	Hammitt and Robinson (2011)	2,51 milhões (2018 USD)
6.	Converter o valor para reais brasileiros	World Bank (2018b)	5,12 milhões (2018 BRL)

O resultado da estimação do VEV pela transferência unitária de valor foi similar ao previsto por Miller e Façanha (2016) para o ano de 2018, de \$2,52 milhões, que foi obtido utilizando a mesma metodologia e uma elasticidade também de 1, apesar dos autores utilizarem um VEV



base do departamento de proteção ambiental estadunidense. Além disso, os resultados apresentados são extremamente dependentes da elasticidade utilizada nos cálculos. Incluindo uma análise de sensibilidade utilizando valores de elasticidade de 0,5 a 2, são obtidos valores de VEV extremos de R\$10,26 milhões a R\$1,28 milhões, respectivamente. Esses resultados demonstram a importância da adoção de uma elasticidade de renda adequada, tendo em vista que ainda não há consenso na literatura sobre o valor a ser usado para países emergentes (Masterman e Viscusi, 2018).

A tabela 2 a seguir apresenta as etapas, fonte de dados e resultados para o cálculo do VEV para o Brasil utilizando a função de transferência proposta por Milligan *et al.* (2014).

**Tabela 2:** Cálculo do VEV para o Brasil utilizando a abordagem de Milligan *et al.* (2014)

	<b>Etapas</b>	<b>Fonte de dados</b>	<b>Resultado</b>
1.	Identificar o PIB per capita do Brasil	World Bank (2018a)	15.820,00 (2018 USD)
2.	Converter o valor para o ano de 2005	BLS (2019)	12.171,34 (2005 USD)
3.	Calcular o VEV utilizando a equação 2	Milligan et al. (2014)	1,82 milhões (2005 USD)
4.	Converter o valor para o ano de 2018	BLS (2019)	2,37 milhões (2018 USD)
5.	Converter o valor para reais brasileiros	World Bank (2018b)	4,85 milhões (2018 BRL)

O resultado da estimação do VEV pela abordagem de Milligan *et al.* (2014) e pela abordagem de transferência unitária resultou em valores similares de VEV (5,12 e 4,85 milhões, respectivamente), sugerindo que a aplicação de formulações mais robustas em termos de utilização de mecanismos de transferência e elasticidade pode ser capaz de gerar resultados mais compatíveis ao contexto estudado. No entanto as elasticidades de renda utilizadas diferem significativamente (1 e 2,478, respectivamente), que conforme citado anteriormente, pode levar a resultados bastante diferentes.

A tabela 3 a seguir apresenta as etapas, fontes de dados e resultados para o cálculo do VEV para o Brasil utilizando a regra de bolso proposta por McMahon e Dahdah (2008).

**Tabela 3:** Cálculo do VEV para o Brasil utilizando abordagem de McMahon e Dahdah (2008)

	<b>Etapas</b>	<b>Fonte de dados</b>	<b>Resultado</b>
1.	Identificar o PIB per capita do Brasil	World Bank (2018a)	15.820,00 (2018 USD)
2.	Calcular o VEV utilizando a equação 3	McMahon e Dahdah (2008)	1,11 milhões (2018 USD)
3.	Converter o valor para reais brasileiros	World Bank (2018b)	2,26 milhões (2018 BRL)

O resultado apresentado é significativamente menor do que o das equações anteriores, o que pode ser explicado pela utilização majoritária de estudos baseados no método do CH para a construção da regra de bolso, que produzem valores de VEV consideravelmente abaixo daqueles estudos que utilizam a metodologia da DAP. A consideração de uma relação linear entre renda e VEV, suposição base para construção de regras de bolso, também pode ter contribuído para valores menores. A base de dados disponível em OECD (2012), juntamente com novos estudos publicados sobre o assunto, apresentam a oportunidade de rever as regras de bolso existentes, bem como os valores de elasticidade utilizados nas funções de transferência anteriores (Milligan *et al.*, 2014).

Os resultados desse capítulo demonstram o impacto da não utilização do conceito de VEV para a mensuração do custo humano, onde a menor das estimativas (R\$2,26 milhões), foi ainda assim duas vezes superior a maior das estimativas que utilizam o método do CH apresentadas no capítulo 2 (R\$1,20 milhões). Esse resultado é comprovado por (Elvik, 1995), que conclui que em países emergentes o custo humano representa mais da metade do custo total dos acidentes. Isso demonstra que a mensuração dos acidentes viários utilizando apenas a abordagem do CH pode comprometer ACB realizadas em transportes, mesmo com a utilização de valores arbitrários para dor, pesar e sofrimento, conforme realizado pelo DNIT (2004a).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou realizar uma revisão sobre a mensuração do elemento humano do custo de acidentes viários no âmbito da ACB em transportes. O elemento humano representa mais da metade dos custos de um acidente viário, no entanto, as atuais diretrizes brasileiras, quando consideram o mesmo, o fazem de maneira a subestimar seu valor, o que pode levar a inconsistências nas ACB. Esse estudo apresentou as principais abordagens de estimação do VEV para países emergentes, e que possuem enfoque na área de transportes, sendo elas a transferência de valor unitário, a função de transferência e a regra de bolso. As duas primeiras abordagens apresentaram resultados similares (5,12 e 4,85 milhões, respectivamente), apesar de utilizarem parâmetros com valores distintos, enquanto a regra de bolso resultou em valor inferior a metade dos anteriores (2,26 milhões), o que se explica pela lógica de construção do próprio método.

Os resultados demonstram a relevância do uso do VEV para mensuração do custo humano em acidentes viários, que representa a maior parcela dos mesmos, apresentando valores bastante superiores aos encontrados pelo método do CH. Essa diferença se acentua pelo fato das metodologias do CH e do VEV serem complementares, apesar de ambas incorporarem a perda de consumo. Esses resultados, em conjunto a atual situação econômica do Brasil, exigem procedimentos mais claros e bem definidos para a mensuração dos acidentes viários e seu uso em ACB.

A partir do que foi apresentado, os autores sugerem três alternativas a serem seguidas na construção de diretrizes para a utilização de um VEV para a área de transportes no Brasil, da menor para a maior complexidade: (i) atualização da regra de bolso apresentada, utilizando como base novos valores de VEV de países emergentes obtidos pela metodologia da DAP, que eram escassos na época de construção do método, (ii) utilização de meta-análise a partir desses mesmos dados, principalmente de países com renda similar à brasileira, para a definição de uma elasticidade apropriada para o país e (iii) realização de estudos robustos para a definição de um VEV próprio para o uso na área de transportes no Brasil, a partir de pesquisas de preferência declarada ou revelada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashenfelter, O. (2006) Measuring the Value of a Statistical Life: Problems and Prospects. *The Economic Journal*, 116(510), C10–C23. doi:10.1111/j.1468-0297.2006.01072.x
- Bahamonde-Birke, F. J., Kunert, U., e Link, H. (2015) The Value of a Statistical Life in a Road Safety Context — A Review of the Current Literature. *Transport Reviews*, 35(4), 488–511. doi:10.1080/01441647.2015.1025454
- BCB (2019) *Calculadora do Cidadão*. Banco Central do Brasil (BCB). Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>
- BLS (2019). *CPI inflation calculator*. Bureau of Labor Statistics (BLS). Disponível em: <https://data.bls.gov/cgi->

- bin/cpicalc.pl?cost1=15820&year1=201801&year2=200501
- Bosworth, R. C., Hunter, A., Kibria, A. (2017) *The Value of a Statistical Life: Economics and Politics*. Strata. Logan, Utah.
- Carvalho, L. J. (2015). *Metodologia para quantificação da perda do produto com os acidentes de trânsito e evidências preliminares*. Fundação Escola Nacional de Seguros. Rio de Janeiro: Funenseg.
- Cropper, M. e Sahin, S. (2009). *Valuing Mortality and Morbidity in the Context of Disaster Risks*. Policy Research Working Paper 4832, Policy Research Working Paper 4832, World Bank, Washington, DC
- Dalbem, M. C., Brandão, L., e Soares, T. D. L. van A. de M.-. (2009) Avaliação econômica de projetos de transporte: melhores práticas e recomendações para o Brasil. *Revista de Administração Pública - Fundação Getúlio Vargas*, p. 87–117.
- DNIT (2004a), *Custos de acidentes de trânsito nas rodovias federais*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Publicação IPR 733, Rio de Janeiro, 2004
- DNIT (2004b), *Serviços de consultoria para assessoria técnica na área de custos de acidentes. Relatório final. Revisão de metodologias e resultados*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Disponível em: [http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/custos\\_de\\_acidentes\\_relatorio\\_final.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/documentos/custos_de_acidentes_relatorio_final.pdf)
- DOT (2016). *Revised Departmental Guidance 2016: Treatment of the Value of Preventing Fatalities and Injuries in Preparing Economic Analyses*. U.S. Department of Transportation (DOT). Available at: <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/2016%20Revised%20Value%20of%20a%20Statistical%20Life%20Guidance.pdf>.
- ECMT. (2001) *Economic Evaluation of Road Traffic Safety Measures*. European Conference of Ministers of Transport (ECMT). OECD Publishing. doi:10.1787/9789282112861-en
- Elvik, R. (1995) An analysis of official economic valuations of traffic accident fatalities in 20 motorized countries. *Accident Analysis & Prevention*, 27(2), 237–247. doi:10.1016/0001-4575(94)00060-Y
- Elvik, R. (2001) Cost-benefit analysis of road safety measures: applicability and controversies. *Accident Analysis and Prevention*, 33(1), 9–17.
- Elvik, R. (2010) Strengthening incentives for efficient road safety policy priorities: The roles of cost–benefit analysis and road pricing. *Safety Science*, 48(9), 1189–1196. doi:10.1016/j.ssci.2010.01.005
- European Commission (2018) *Cost Benefit Analyses*. European commission, Brussels, Belgium. Disponível em: [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/sites/roadsafety/files/pdf/ersosynthesis2018-costbenefitanalysis.pdf](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/ersosynthesis2018-costbenefitanalysis.pdf)
- Hammitt, J. K., e Robinson, L. A. (2011) The Income Elasticity of the Value per Statistical Life: Transferring Estimates between High and Low Income Populations. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 2(1), 1–29. doi:10.2202/2152-2812.1009
- Independent Evaluation Group (2010) *Cost-Benefit Analysis in World Bank Projects*. Washington, DC: World Bank. Disponível em <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2561>
- IPEA (2006) *Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras – relatório executivo*. Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Brasília, DF.
- IPEA (2015) *Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras: caracterização, tendências e custos para a sociedade*. Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) Brasília, DF.
- IRAP (2014) *iRAP Methodology Fact Sheet #1: Overview*. Internacional Road Assessment Programme (IRAP), Basingstoke, 2014. Disponível em: <http://resources.irap.org/Methodology/iRAP%20model%20factsheet%201%20-%20Overview.pdf>
- Jacobs, G. D. (1995) Costing Road Accidents in Developing Countries. Proc. 8th Road Engineering Association of Asia and Australasia (REAAA) Conf., Taipei, Taiwan.
- Laxminarayan, R., Klein, E., Dye, C., Floyd, K., Darley, S., e Adeyi, O. (2007) Economic Benefit of Tuberculosis Control.
- Masterman, C. J., e Viscusi, W. K. (2018) The Income Elasticity of Global Values of a Statistical Life: Stated Preference Evidence. *Journal of Benefit-Cost Analysis*, 9(3), 407–434. doi:10.1017/bca.2018.20
- McMahon, K. e Dahdah, S. (2008) The True Cost of Road Crashes: Valuing Life and the Cost of a Serious Injury. *International Road Assessment Programme (IRAP)*.
- Miller, J., e Façanha, C. (2016). Cost-benefit analysis of Brazil's heavy-duty emission standards (P-8). *International Council on Clean Transportation*. Disponível em: <https://www.theicct.org/publications/cost-benefit-analysis-brazils-heavy-dutyemission-standards-p-8>.
- Miller, T. R. (2000) Variations between countries in values of statistical life. *Journal of Transport Economics and Policy*, 34(2), 169–188.
- Milligan, C., Kopp, A., Dahdah, S., e Montufar, J. (2014) Value of a statistical life in road safety: A benefit-transfer function with risk-analysis guidance based on developing country data. *Accident Analysis &*

- Prevention, 71, 236–247. doi:10.1016/j.aap.2014.05.026
- Minjares, R.; Wagner, D. V.; Baral, A.; Chambliss, S.; Galarza, S.; Posada, F.; Sharpe, B.; Wu, G.; Blumberg, K.; Kamakate, F.; Lloyd, A.; Kojima, M.; Hamilton, K.; Johnson, T.; Kopp, A.; Hosier, R.; Akbar, S. (2014). Reducing black carbon emissions from diesel vehicles: impacts, control strategies, and cost-benefit analysis. Washington DC ; World Bank Group.
- Narain, U., e Sall, C. (2016) Methodology for Valuing the Health Impacts of Air Pollution: Discussion of Challenges and Proposed Solutions. World Bank. doi:10.1596/24440
- Navrud, S., e Ready, R. (2007) Review of Methods for Value Transfer. Ståle Navrud & R. Ready (Eds), Environmental Value Transfer: Issues and Methods (p. 1–10). Springer Netherlands, Dordrecht. doi:10.1007/1-4020-5405-X\_1
- OECD (2006) *Cost-Benefit Analysis and the Environment: Recent Developments*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). doi:10.1787/9789264010055-en
- OECD (2012) *Mortality risk valuation in environment, health and transport policies*. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). doi:10.1787/9789264130807-en
- Ozawa, S., Stack, M. L., Bishai, D. M., Mirelman, A., Friberg, I. K., Niessen, L., Walker, D. G., e Levine, O. S. (2011) During The ‘Decade Of Vaccines,’ The Lives Of 6.4 Million Children Valued At \$231 Billion Could Be Saved. Health Affairs, 30(6), 1010–1020. doi:10.1377/hlthaff.2011.0381
- Pereira, R. M.; A. N. de Almeida e C. de Oliveira (2018). O valor estatístico de uma vida: estimativas para o Brasil. 46º Encontro Nacional de Economia, Rio de Janeiro, RJ.
- Rosa, C. N. (2006) Custos da perda de uma vida e médico-hospitalares nos acidentes de trânsito. 237 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006
- Senna, L. A. dos S. (2014) Economia e planejamento dos transportes. Obtido de <http://www.sciencedirect.com/science/book/9788535277364>
- Sousa, T. R. V. (2010) Ensaio em economia da saúde: o risco e o valor de uma vida estatística no caso dos acidentes de trânsito na cidade de Porto Alegre. 139 p. Tese (Doutorado em economia) - Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- van Wee, B. (2012) How suitable is CBA for the ex-ante evaluation of transport projects and policies? A discussion from the perspective of ethics. Transport Policy, 19(1), 1–7. doi:10.1016/j.tranpol.2011.07.001
- Viscusi, W. K. (2008) How to Value a Life. SSRN Electronic Journal. doi:10.2139/ssrn.1137978
- Viscusi, W. K. (2018) Pricing Lives: International Guideposts for Safety. Economic Record, 94, 1–10. doi:10.1111/1475-4932.12396
- Viscusi, W. K., e Aldy, J. E. (2003) The Value of a Statistical Life: A Critical Review of Market Estimates Throughout the World. Journal of Risk and Uncertainty, 27(1), 5–76. doi:10.1023/A:1025598106257
- WHO (2018) *Global Status Report on Road Safety 2018*. World Health Organization (WHO). Genebra: [s.n]. [s. l.], 2018.
- Wijnen, W., Wesemann, P., e de Blaeij, A. (2009) Valuation of road safety effects in cost–benefit analysis. Evaluation and Program Planning, 32(4), 326–331. doi:10.1016/j.evalprogplan.2009.06.015
- World Bank. (2018a). *GNI per capita, PPP (current international \$)* [World Bank open data]. Disponível em: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.PP.CD>
- World Bank. (2018b). *PPP conversion factor, GDP (LCU per international \$)* [World Bank open data]. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/PA.NUS.PPP>

---

César Luís Andriola (andriola.cesar@gmail.com)

Andrey Zuriel Ebeling Bonatto (andrey.bonatto@gmail.com)

Diego Lopes Dutra (diegold01@gmail.com)

Laboratório de Sistemas de Transportes – Departamento de Engenharia de Produção e Transportes

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Av. Osvaldo Aranha, 99 – Porto Alegre, RS, Brasil