

## **Uma Contribuição ao Cálculo dos Custos de Perda de Produção e Previdenciários de Acidentes de Trânsito no Brasil\***

### *Models for the Calculation of Traffic Accident Costs in Brazil: a Contribution to the Costs of Lost Production and Social Welfare*

**Ivan Ricardo Gartner**

*Universidade Metodista de São Paulo - Programa de Pós-Graduação em Administração*

*E-mail: irgartner@hotmail.com*

**RESUMO:** Esse artigo tem como objetivo apresentar uma metodologia para cálculo dos custos de perda de produção e previdenciários de acidentes de trânsito para o caso brasileiro, como parte de um estudo mais amplo desenvolvido pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) e pela ANTP (Associação Nacional de Transporte Público). A metodologia proposta integra os fundamentos da teoria econômica ao ferramental das ciências contábeis e da engenharia econômica. A metodologia apresentada neste estudo propõe modos de cálculo específicos para situações como: i) custos de perda de produção: custos diretos e indiretos aplicados a acidentes sem vítimas, com feridos inválidos temporariamente, com feridos inválidos permanentemente e com mortos; ii) custos previdenciários: gastos efetivos e potenciais aplicados a acidentes com feridos inválidos temporariamente, com feridos inválidos permanentemente e com mortos. A metodologia proposta foi aplicada aos dados resultantes das pesquisas amostrais que foram realizadas nas aglomerações urbanas de São Paulo, Porto Alegre, Recife e Belém, com base no banco de dados do cadastro nacional de veículos RENAVAM. Os resultados da aplicação da metodologia mostram que a abordagem proposta para os cálculos apresenta o grau de refinamento necessário para a apresentação de resultados mais confiáveis, dado que a modalidade de custos de perda de produção refere-se a cerca de 42% do total de custos de acidentes no Brasil. Além disso, a metodologia de cálculos apresentada pode ser utilizada para a mensuração de custos de outras modalidades de acidentes, como por exemplo, de acidentes de trabalhadores na indústria de transformação ou da construção civil. Por fim, os custos dimensionados por meio da utilização da metodologia proposta são importantes insumos para a aplicação de ferramentas da análise de custo-benefício nos estudos de viabilidade, que irão subsidiar as políticas públicas de investimento em segurança de trânsito.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelos de cálculos de custos de acidentes. Custos de acidentes de trânsito. Custos de perda de produção. Custos previdenciários. Fluxos monetários em tempo discreto.

**ABSTRACT:** *This paper aims to present a methodology for the calculation of traffic accident costs in Brazil, with emphasis on the costs of lost production and social welfare. This study is part of an extensive research that was carried out by IPEA (Institute for Applied Economic Research) and ANTP (National Association of Public Transit). The proposed methodology joins the foundations of economic theory to the tools of accounting science and engineering economics. This approach proposes models for calculating the costs of specific situations such as: i) costs of lost production: direct and indirect costs applied to accidents without victims, with injured victims (temporary and permanent disability) and involving fatalities; ii) social welfare costs: effective and potential expenses applied to accidents with injured victims (temporary and permanent disability) and involving*

\* O autor agradece à Diretoria de Estudos Regionais e Urbanos do IPEA, à ANTP, ao PNUD e à equipe de coordenação do projeto, pela permissão para reproduzir esse texto, que faz parte do projeto Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Aglomerações Urbanas.

*fatalities. The proposed approach was applied to data from a sample search that was carried out in the urban agglomerations of São Paulo, Porto Alegre, Recife and Belém, based on a database of national registration of vehicles RENAVAL. The implementation of the methodology shows that the results of a more reasoned approach are more reliable, especially by the fact that such costs of lost production have a large representation (42%) in the total costs calculated. Furthermore, the methodology of calculations presented can be used for the measurement of costs of other accidents, such as accidents of workers in manufacturing industry or construction. Finally, the costs measured by the use of proposed methodology are important inputs for the application of tools of cost-benefit analysis in feasibility studies, as a way to subsidize public policies for investment in traffic safety.*

**KEYWORDS:** *Calculation models of the costs of accidents. Costs of traffic accidents. Costs of lost production. Costs of social welfare. Monetary flows in discrete time.*

Recebido em 22/01/2008, aprovado em 25/01/2009, disponível em 21/02/2009.

Avaliado pelo sistema double blind review

Editor científico: Fátima de Souza Freire

## 1 Introdução

os acidentes de trânsito no Brasil imputam anualmente severas perdas ao Governo, Empresas e Sociedade. Essas perdas, que guardam uma relação direta com o grau de severidade do acidente, transcendem os limites das perdas econômicas e repousam na dor e sofrimento de suas vítimas, seus familiares e pessoas próximas. É nesse contexto que a mensuração das perdas é fundamental para que se possa identificar importantes elementos a serem incluídos na análise de custos e benefícios, a qual fundamenta os estudos de viabilidade, que alimentam as políticas públicas de investimento destinadas a minimizar o risco da ocorrência de novos acidentes, bem como seus impactos.

A partir da categorização dos diversos elementos que formam os custos de acidentes de trânsito, este trabalho teve como objetivo apresentar aspectos metodológicos para o cálculo dos custos de perda de produção e previdenciários de acidentes no contexto brasileiro. O grau de sofisticação da metodologia proposta neste trabalho, a qual integra os fundamentos da teoria econômica ao ferramental das ciências contábeis e da engenharia econômica, é resultado de uma tentativa de se preencher uma importante lacuna na literatura nacional sobre a mensuração de custos de acidentes de trânsito, que existia à época da elaboração deste estudo. Os estudos até então existentes partiam de um ponto de vista essencialmente técnico, negligenciavam métodos de engenharia econômica mais sofisticados no tratamento dos fluxos monetários, faziam pouca, ou nenhuma, referência aos custos previdenciários associados aos acidentes de trânsito e apresentavam aplicações genéricas, sem a preocupação em adaptar a metodologia a situações específicas. Nesse aspecto, a metodologia apresentada neste estudo propõe modos de cálculo específicos para situações como: i) custos de perda de produção: custos diretos e indiretos aplicados a acidentes sem vítimas, com feridos inválidos temporariamente, com feridos inválidos permanentemente e com mortos; ii) custos previdenciários: gastos efetivos e potenciais aplicados a acidentes com feridos inválidos temporariamente, com feridos inválidos permanentemente e com mortos.

A disponibilidade de um ferramental mais sofisticado para mensuração dessas categorias de custos de acidentes tem sua importância assegurada para a Sociedade, Governo e Empresas, pois fornecerá resultados mais confiáveis para subsidiar políticas de investimentos em melho-

rias para o trânsito. Os efeitos das melhorias de trânsito na redução do número de acidentes e, principalmente, na minimização da severidade daqueles acidentes não-evitados, são fundamentais para assegurar a qualidade de vida da Sociedade, bem como para a redução dos gastos do setor público e das perdas das empresas que são, diretamente, ocasionadas pelos acidentes de trânsito. Também, espera-se que o alcance de tais medidas acarrete uma gradual redução dos custos de determinados tipos de apólices de seguros, notadamente daquelas influenciadas pelas estatísticas de acidentes de trânsito.

Os aspectos metodológicos apresentados neste estudo fazem parte de um estudo amplo desenvolvido pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) e pela ANTP (Associação Nacional de Transporte Público), que foi voltado ao aperfeiçoamento da metodologia de cálculo e dimensionamento dos custos de acidentes de trânsito no Brasil, com foco na malha viária das aglomerações urbanas, cuja motivação estratégica reside num esforço para aperfeiçoar o planejamento e a execução de políticas públicas de transporte. Por essa razão, neste trabalho foi apresentada uma análise empírica dos resultados globais alcançados pelo estudo amplo mencionado, mas somente com a intenção de ilustrar o alcance da metodologia proposta para o cálculo dos custos de perda de produção e previdenciários de acidentes de trânsito para o caso brasileiro. Logo, neste estudo não foram detalhados os aspectos relacionados ao plano amostral, às formas de entrevista, à coleta de dados e ao método de expansão dos resultados amostrais à população, cabendo apenas breves comentários a respeito dos procedimentos adotados.

Este trabalho está estruturado como segue. A seção 2 apresenta a fundamentação teórica. A seção 3 apresenta o modelo proposto para cálculo dos custos de perda de produção e previdenciários. A seção 4 apresenta os resultados globais do estudo. A seção 5 contém as considerações finais.

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 Custos de Acidentes de Trânsito no Âmbito da Análise de Custos e Benefícios

A tomada de decisão em projetos de transporte é, usualmente, baseada nos resultados da análise de custos e benefícios. Essa análise corresponde à aplicação de um conjunto de técnicas e instrumentos que objetivam a determinação da viabilidade econômica dos empreendimentos, partindo-se do pressuposto de que toda a complexidade do projeto analisado pode ser traduzida na linguagem monetária.

A complexidade do projeto é determinada, na fase inicial do estudo de viabilidade, onde são identificados os impactos nos agregados sociais, econômicos e ambientais causados em sua área de abrangência. O alcance desses impactos pode ser ilustrado a partir da seguinte categorização apresentada pelo Conselho de Pesquisa em Transportes dos EUA (TRB, 1996):

- *Impactos de mobilidade e acessibilidade*: tempo de viagem, disponibilidade dos serviços de trânsito, segurança e qualidade do serviço, impactos do sistema de auto-estradas;
- *Impactos financeiros e econômicos*: finanças públicas, custo-efetividade do serviço, custos evitados, disponibilidade de recursos, crescimento econômico, uso do solo;
- *Impactos ambientais e de energia*: consumo energético, emissões, ruídos, ecologia, consumo e conservação do solo;
- *Impactos em segurança*: saúde e segurança dos usuários e não-usuários, segurança dos empregados no trânsito, integridade da vizinhança, efeito barreira;

- *Impactos na equidade social*: níveis de serviço, utilização, incidência de custos, disponibilidade do serviço, acesso aos destinos;
- *Impactos e fatores intangíveis*: valor para a comunidade, valor para o indivíduo, outros mecanismos e metodologias.

A orientação final dos estudos de cada impacto é a de assegurar e aprimorar a qualidade de vida das comunidades, tanto presente quanto futura. Esse objetivo de busca pela qualidade de vida tem gerado uma crescente preocupação de toda a sociedade com os impactos de segurança em transportes, que é concentrada no grau de exposição aos acidentes, sua incidência e sua severidade. Essa preocupação é justificada, pois dos acidentes derivam-se várias repercussões negativas, como perdas de recursos, vidas humanas e bem-estar da sociedade.

Em se tratando de projetos de investimentos em sistemas de trânsito, a redução dos custos de acidentes representa parte considerável dos benefícios esperados com a execução do empreendimento. Transcendendo o ponto de vista técnico-econômico, essa redução de custos vai ao encontro dos anseios da população, que busca a maximização de seu bem-estar, o qual é restringido pelo grau de exposição aos acidentes de trânsito.

O relatório especializado COST-313 (ALFARO, CHAPUIS e FABRE; 1994) destaca que a mensuração econômica dos impactos de acidentes de trânsito pode ser dividida em dois grupos de custos: custos por acidente e custos por vítima de acidente.

### 2.0.1 Custos por Acidente

Os principais elementos de custos por acidente são:

- *Danos à propriedade*: envolve custos financeiros, tais como danos ao veículo, à malha viária, às construções, à propriedade pessoal e danos ambientais;
- *Custos administrativos*: relativos a custos financeiros, tais como com o corpo policial, corpo de bombeiros, seguro-saúde, seguros não relativos à saúde e legais;
- *Outros custos econômicos*: perda do uso de bens de capital, custos de congestionamentos (combustível, poluição do ar, perda de tempo, etc.) e perda de capacidade de produção das pessoas aprisionadas por terem causado acidentes com feridos.

### 2.0.2 Custos por Vítima de Acidente

Os custos totais por vítima de acidente resultam do somatório de custos diretos, indiretos e de um valor associado ao custo da fatalidade, que pode ser representado por:

$$[1] \quad C_{t_v} = C_{d_v} + C_{i_v} + \sigma$$

Os estudos publicados por Alfaro, Chapuis e Fabre (1994), Wesemann (2000), Trawén, Maraste e Persson (2000) mostram informações sobre o cálculo desses custos em alguns países europeus, que são divididos em diretos, indiretos e da fatalidade, como segue.

*Custos diretos* ( $C_{d_v}$ ): são estimados em todos os países europeus e se referem a:

- Custos médicos: são os custos relativos aos cuidados médicos dispensados às pessoas que são vítimas de um acidente de trânsito, tais como os custos de primeiros-socorros, transporte por ambulância e tratamento;
- Custos de reabilitação não-médica: abrangem itens como a adaptação da moradia, transporte pessoal especial, reabilitação ocupacional e educação especial para pessoas inválidas em função de acidentes de trânsito;
- Outros custos, que se referem a rubricas administrativas e judiciárias, devido ao aci-

dente e danos aos veículos, estradas e construções.

*Custos indiretos* ( $C_{iv}$ ): são representados pelo custo de perda de produção devido ao acidente de trânsito com vítima fatal e não-fatal, que inclui a perda da renda e da contribuição à seguridade social. Todos os países incluem uma estimativa de perda de capacidade de produção, algumas baseadas nas rendas brutas médias, renda bruta, produto nacional bruto ou em pagamentos compensatórios. Poucos países utilizam uma abordagem de cálculo que deduz o consumo potencial que seria realizado pelas vítimas fatais, ou exclui os resultados das fatalidades de suas ocupações em função do desemprego estrutural. A perda futura dos rendimentos é geralmente descontada usando taxas de desconto que variam de 0% a 10% a.a. Nos poucos países que assumem taxas de crescimento para a renda, as mesmas variam de 1% a 2,4% a.a. A maioria dos estudos realizados tem incluído estimativas de perda de produção informal (trabalhos domésticos), e da perda futura potencial dos rendimentos daquelas vítimas que estavam desempregadas ou que ainda não estavam incluídas na força de trabalho no momento da fatalidade, tais como as crianças, utilizando-se rendimentos médios ou renda *per capita*.

*Custo da fatalidade ou valor da redução do risco* ( $\sigma$ ): é representado pelos custos humanos, relativos à perda da sobrevivida esperada da vítima morta, aos sofrimentos físicos e psicológicos da vítima (angústias, tristezas e sofrimentos, danos à qualidade de vida, dano permanente à aparência) e sofrimento psicológico dos parentes da vítima e amigos (angústias, tristezas e sofrimentos, danos à qualidade de vida).

As tabelas 1 e 2 apresentam uma distribuição dos principais custos de acidentes de trânsito em um grupo de países europeus.

**Tabela 1 – Custos por vítima fatal em acidentes de trânsito em 14 países europeus 1990 (ECU)**

	Perda de Produção	%	Custos Humanos	%	Outros Custos	%	Total de Custos
Holanda	-	-	-	-	-	-	105.546
Espanha	112.825	65,98%	57.772	33,79%	392	0,23%	170.989
Portugal	-	-	-	-	-	-	224.536
França	216.010	56%	164.361	42,95%	2.348	0,61%	382.719
Noruega	251.619	100%	-	-	-	-	251.619
Luxemburgo	-	-	-	-	-	-	344.478
Bélgica	380.108	95,31%	14.788	3,71%	3.919	0,98%	398.815
Áustria	589.544	99,48%	-	0,00%	3.096	0,52%	592.640
Dinamarca	204.757	32,60%	418.714	66,67%	4.589	0,73%	628.060
Alemanha	670.045	99,89%	-	0,00%	731	0,11%	670.776
Reino Unido	272.727	29,29%	657.983	70,65%	564	0,06%	931.274
Suécia	436.689	45,67%	516.891	54,06%	2.530	0,26%	956.110
Finlândia	548.312	38,77%	864.281	61,11%	1.825	0,13%	1.414.418
Suíça	816.200	37,69%	1.344.596	62,09%	4.764	0,22%	2.165.560
<b>Total</b>	<b>4.498.836</b>	<b>48,70%</b>	<b>4.039.386</b>	<b>43,73%</b>	<b>24.758</b>	<b>0,27%</b>	<b>9.237.540</b>

Fonte: Adaptado de Alfaro, Chapuis e Fabre (1994)

Na tabela 1, verifica-se que a participação relativa de cada modalidade no somatório não totaliza 100%. Isso ocorreu, pois Holanda, Portugal e Luxemburgo informaram apenas o montante total de custos, sendo que cerca de 7% dos custos não foram distribuídos nas modalidades descritas.

**Tabela 2 – Custos por vítima não-fatal em acidentes de trânsito em 14 países europeus 1990 em ECU**

	Custos médicos e de reabilitação não-médica	%	Perda de produção	%	Custos Humanos	%	Outros Custos	%	Total de Custos
Holanda	-	-	-	-	-	-	19.102	-	19.102
Espanha	2.734	28,69%	1.699	17,83%	5.098	53,49%	-	0,00%	9.531
Portugal	-	-	-	-	-	-	7.290	-	7.290
França	5.009	15%	22.267	68,90%	4.234	13,10%	808	2,50%	32.318
Noruega	18.243	37%	31.452	63,29%	-	-	-	-	49.695
Luxemburgo	3.208	-	64.153	-	2.887	-	-	-	70.248
Bélgica	6.618	14,02%	36.875	78,14%	3.697	7,83%	-	0,00%	47.190
Áustria	9.636	37,94%	14.553	57,30%	-	0,00%	1.207	4,75%	25.396
Dinamarca	4.164	32,03%	5.566	42,81%	3.251	25,00%	21	0,16%	13.002
Alemanha	4.435	16,92%	21.782	83,08%	-	0,00%	-	0,00%	26.217
Reino Unido	3.502	3,61%	11.528	11,89%	81.930	84,50%	-	0,00%	96.960
Suécia	15.518	11,84%	24.010	18,31%	91.589	69,85%	-	0,00%	131.117
Finlândia	7.045	22,62%	12.873	41,34%	11.225	36,04%	-	0,00%	31.143
Suíça	9.925	25,00%	29.777	75,00%	-	0,00%	-	0,00%	39.702
Total	90.037	15,03%	276.535	46,17%	203.911	34,05%	28.428	4,75%	598.911

Fonte: Adaptado de Alfaro, Chapuis e Fabre (1994)

Em ambas as tabelas, o termo ECU refere-se à moeda corrente comum europeia existente no período anterior à adoção do Euro. A maior parcela dos custos de acidentes de trânsito tem se concentrado nos custos de perda de produção e humanos. Analisando-se os dados de custos por vítima fatal de 14 países europeus em 1990 (tabela 1), 48,7% dos custos referem-se à perda de produção e 43,73% referem-se aos custos humanos. Em termos de custos por vítimas não-fatais (tabela 2), os custos de perda de produção representam 46,17% do total e os custos humanos representam 34,05%.

## 2.1 Métodos de Valoração dos Custos de Acidentes de Trânsito

Existe uma variedade de métodos para a valoração dos custos econômicos descritos, sem que haja preferência unânime por algum deles. Estudos de Alfaro, Chapuis e Fabre (1994) e Trawén, Maraste e Persson (2000) apresentam a seguinte classificação abrangente de métodos:

- *Método dos custos de reparação*: refere-se aos dispêndios extraordinários causados em decorrência dos acidentes, que são os custos diretos. Este método mede os custos gerados à sociedade pela indenização à vítima do acidente, ou aos seus próximos, como forma de reposição do nível de bem-estar detido antes do acidente. Para tanto, o método baseia-se no valor efetivo dos fatores de produção, seja de capital ou trabalho.
- *Método do capital humano*: aplicado na mensuração dos custos indiretos, mede a perda à sociedade que é derivada do acidente fatal, se baseado no potencial produtivo previsto para a vítima, caso sua vida não tivesse sido interrompida.
- *Abordagem da disposição a pagar (DAP)*: busca a mensuração do custo humano (custo da fatalidade), baseando-se nas preferências declaradas ou implicitamente reveladas pelos indivíduos ou sociedade.

A tabela 3 apresenta uma associação dos custos com os métodos mais utilizados para sua valoração. De acordo com o objetivo deste trabalho, de avaliação dos custos de perda de produção, será detalhado o método do capital humano.

**Tabela 3 – Métodos de valoração aplicados aos custos de acidentes de trânsito**

	Custos diretos ( $C_{dv}$ )	Custos indiretos ( $C_{iv}$ )	Custo da fatalidade ( $\square$ )
<i>Elementos de custo</i>	Custos médicos Custos de reabilitação não-médica Outros custos	Perda de produção	Custo humano
<i>Métodos de Valoração</i>	Método do custo de reparação	Abordagem do capital humano	Disposição a pagar

Fonte: Adaptado de Alfaro, Chapuis e Fabre (1994), PANI (1999), Blincoe (1996) e Trawén, Maraste e Persson (2000)

## 2.2 Método do Capital Humano

O método do capital humano é usado para determinar os custos da perda de produção das vítimas de acidentes de trânsito, que são custos indiretos. No caso de acidentes sem vítimas e de acidentes com vítimas não-fatais, esses custos são relativos ao tempo em que o indivíduo deixou de realizar sua atividade profissional, resultando em perda de renda.

Em se tratando de vítimas fatais, esses custos representam a perda da produção e renda que o indivíduo iria realizar durante sua sobrevida, que é prevista pela tábua de mortalidade. Neste caso há, ainda, a abordagem da perda líquida, pela qual se deduz da perda de produção bruta o consumo que seria realizado pelo indivíduo durante sua sobrevida.

A avaliação econômica da perda de produção é, usualmente, tratada por estudiosos da análise de custos e benefícios, visto que os ganhos e perdas decorrentes da incidência de morte, invalidez ou doença podem representar importantes efeitos externos resultantes da implementação de projetos e empreendimentos.

Partindo-se do pressuposto de que a análise do salvamento de vidas é simétrica com a de perdê-las, Mishan (1975; 1976) destaca quatro métodos de avaliação econômica do capital humano, que são sinteticamente descritos a seguir.

- *Perda de produção bruta*: o método indica que a forma mais comum de se calcular o valor econômico da vida é o valor presente de sua renda futura esperada, cuja expressão exata da perda para a economia é dada por:

$$[2] \quad L_1 = \sum_{t=\tau}^{\infty} Y_t P_t^1 (1+i)^{-(t-\tau)}$$

onde:  $L_1$  é a perda para a economia,  $Y_t$  é a renda bruta esperada do indivíduo durante o  $t$ -ésimo ano, excluindo-se qualquer renda de propriedade do capital não-humano, porque o retorno desses ativos continua após sua morte ou durante a invalidez,  $P_t^1$  é a probabilidade, no ano corrente, ou  $t$ -ésimo ano, de o indivíduo continuar vivo durante o  $t$ -ésimo ano,  $i$  é a taxa social de desconto.

O método da perda bruta pode ser racionalizado apenas se o critério adotado em qualquer reorganização econômica girar em torno de sua contribuição para o PNB (Produto Nacional Bruto) ou, mais exatamente, para o PNL (Produto Nacional Líquido).

- *Perda de produção líquida*: o método é um refinamento do anterior, e consiste em calcular o valor presente das perdas ao longo do tempo que se encaminham apenas para outras pessoas, em consequência da morte da pessoa na idade  $t$ , cuja expressão da perda para a economia é dada por:

$$[3] \quad L_2 = \sum_{t=\tau}^{\infty} P_t^t (Y_t - C_t) (1+i)^{-(t-\tau)}$$

onde:  $L_2$  é a perda para a economia,  $C_t$  representa as despesas pessoais do indivíduo durante o  $t$ -ésimo período, que são esperadas ao tempo  $t$ .

A diferença em relação à primeira equação é que a expressão  $(y_t - c_t)$  representa a renda líquida esperada pelo indivíduo. Esse método adota uma postura na qual o que importa para o resto da sociedade é simplesmente a perda ou o ganho resultante da morte de um ou mais de seus membros. Se aceito, segue-se certamente que a morte de qualquer pessoa cuja medida de  $L_2$  é negativa confere um benefício líquido à sociedade. E essa categoria incluiria todos os aposentados, independentemente de terem ou não propriedades. Ou seja, restringe-se aos interesses dos membros sobreviventes da sociedade.

- *Perda de anos do tempo de vida*: esse método procura determinar, além do valor do tempo de trabalho, o custo da perda do tempo livre. Portanto, na linha dos modelos microeconômicos usados, a perda de divertimento sofrida pela vítima em função de sua morte não é limitada à privação do consumo. Isso tende a cobrir o fato de que a vítima fatal não pode mais empreender outras atividades que promovam seu bem-estar.
- *Princípio atuarial*: por essa abordagem, o valor atribuído à vida do indivíduo é função do prêmio que ele estaria disposto a pagar e da probabilidade de sua morte em consequência de alguma atividade específica. O modelo atuarial reduz toda a complexidade do problema a uma questão muito limitada, pois a apólice de seguro estabelece compensação a outras pessoas, e não a si próprio. Portanto, o valor do seguro feito por um indivíduo pode ser interpretado como o reflexo de seu interesse por sua família, ao invés de um valor que ele atribui à própria vida.

A escolha do método de valoração dos custos de acidentes e o comportamento das variáveis do modelo são duas das principais causas das discrepâncias nos valores apresentados pelos países, além de suas circunstâncias socioeconômicas. Segundo Trawén *et al.* (2000), ao menos quatro questões influenciam os resultados dos custos de acidentes, em termos de modelagem: i) inclusão da força-de-trabalho ou de toda população; ii) adoção da perda de produção bruta ou líquida; iii) adoção de taxa de desconto da renda futura e seu valor; e iv) adoção de taxa de crescimento explícita da renda futura e seu valor.

A tabela 4 apresenta uma comparação entre os métodos utilizados por uma amostra de países desenvolvidos, condicionados aos critérios de força-de-trabalho, taxa de desconto e taxa de crescimento.



**Tabela 4 – Métodos usados para estimar a perda da capacidade produtiva em 1999**

País	Estimativa	Inclui não-trabalhadores	Taxa de desconto	Taxa de crescimento
Áustria	Salário bruto / Renda bruta / Produto Nacional Bruto	sim	0%	0%
Holanda	Salário bruto / Renda bruta / Produto Nacional Bruto	sim	0%	0%
Suíça	Salário bruto / Renda bruta / Produto Nacional Bruto	sim	0%	1%
Nova Zelândia	Perda de consumo de um estudo de disposição a pagar	-	-	-
Alemanha	Salário bruto	sim	0%	0%
Finlândia	Produto Nacional bruto per capita	sim	4%	2,4%
Suécia	Salário bruto	sim	5%	1%
Grã-Bretanha	Salário bruto / Renda bruta / Produto Nacional Bruto	sim	6%	2%
Noruega	Salário bruto	sim	7%	2%
EUA	Salário bruto pela idade e sexo da vítima	sim mais a perda de produção doméstica	4%	1,5% para trabalhadores assalariados 0% para trabalho doméstico

Fonte: Adaptado de Trawén, Maraste e Persson (2000)

Na Nova Zelândia, não estão disponíveis as estimativas para a perda de produção, onde foi estimada a perda de consumo através da disposição a pagar. Nos demais países, a perda de produção é calculada pela média dos salários brutos ou da renda bruta ou, ainda, pelo Produto Nacional Bruto (PNB). Todos os países incluem a perda de renda futura das pessoas que não estão atualmente no mercado de trabalho. Os EUA incluem, ainda, a perda de produção doméstica para todas as vítimas.

As taxas de descontos variam de 0% na Suíça, Áustria e Alemanha, para 7% na Noruega. Holanda, Áustria e Alemanha não usam taxa de crescimento explícita para a renda ou produção, enquanto que a taxa de crescimento varia entre 1% e 2,4 % nos demais países.

### 3 Metodologia Proposta para Cálculo dos Custos de perda de Produção e Previdenciários

Como pôde ser visto no referencial bibliográfico sobre métodos de cálculo de custos de acidentes de trânsito, a literatura existente é estrangeira e apresenta uma ampla gama de técnicas e modelos de cálculo, que têm sido adotadas de forma diferente nos diversos países estudados. Sendo assim, este estudo partiu da base teórica apresentada e desenvolveu aplicações específicas ao caso brasileiro, com refinamento próprio nos elementos de engenharia econômica utilizados. Por fim, a metodologia apresentada neste estudo propôs uma tipificação de acidentes de trânsito com maior detalhamento e apresentou métodos de cálculo específicos para situações como: i) custos de perda de produção: custos diretos e indiretos aplicados a acidentes sem vítimas, com feridos inválidos temporariamente, com feridos inválidos permanentemente e com mortos; ii) custos previdenciários: gastos efetivos e potenciais aplicados a acidentes com feridos inválidos temporariamente, com feridos inválidos permanentemente e com mortos.

### 3.1 Classificação Proposta para os Custos

A bibliografia que trata dos custos de acidentes de trânsito referencia os custos de perda de produção como custos indiretos. Estes custos indiretos são relativos aos custos de perdas potenciais à economia no longo prazo, que são associados aos feridos inválidos permanentemente (incluem-se os casos dos feridos, temporariamente por longos períodos, que ultrapassem o ponto de coleta de dados para o cálculo dos custos) e aos mortos em acidentes de trânsito. No entanto, há uma parcela de custos de perda de produção que são diretos, pois seu impacto é efetivo à economia no curto prazo.

Os custos de perda de produção diretos são os custos decorrentes das situações em que o envolvido no acidente teve de parar de trabalhar e sua produção foi sacrificada temporariamente, isto é, no curto prazo. Nas situações em que o envolvido for empregado de alguma empresa, e que seus dias parados forem remunerados pelo empregador, os custos são assumidos por esse último, que terá de contratar ou deslocar outro indivíduo para executar a função do acidentado ou, ainda, pode ocorrer a situação em que o empregador simplesmente remunera um trabalho que não está sendo executado, caso não opere a substituição ou reposição. Nas situações em que o envolvido no acidente perde dias de trabalho que não são remunerados pelo fato de ser empregado de setor informal da economia, ou por ser autônomo, a perda de produção efetiva é computada diretamente ao acidentado. Há, ainda, a perda de produção atribuída aos próximos dos envolvidos no acidente, que são os indivíduos que tiveram alguma parcela de sua produção sacrificada pelos dias parados, que foram empregados na prestação de algum tipo de auxílio ao acidentado.

Portanto, os custos de perda de produção são classificados em custos diretos, de perda efetiva, e custos indiretos, de perda potencial. Essa classificação é estendida aos custos previdenciários, que também serão calculados em termos de perda efetiva e potencial.

Os custos previdenciários de perda efetiva dizem respeito aos gastos incorridos com o pagamento de auxílios aos acidentados inválidos temporariamente, isto é, no curto prazo. Já os custos previdenciários de perda potencial, no longo prazo, referem-se aos gastos a serem incorridos com o pagamento de benefícios aos acidentados inválidos permanentemente e aos beneficiários das vítimas fatais.

Em síntese, a metodologia proposta para mensuração dos custos será aplicada à seguinte classificação:

*Custos de perda de produção:*

- Custos diretos – perda de produção efetiva
- Custos indiretos – perda de produção potencial

*Custos previdenciários:*

- Custos previdenciários – gastos efetivos
- Custos previdenciários – gastos potenciais

Todos os custos de perda de produção e previdenciários foram calculados com base na metodologia da perda de produção bruta, que é utilizada por países como Áustria, Holanda, Suíça, Alemanha, Finlândia, Suécia, Grã-Bretanha, Noruega e EUA (vide tabela 4).

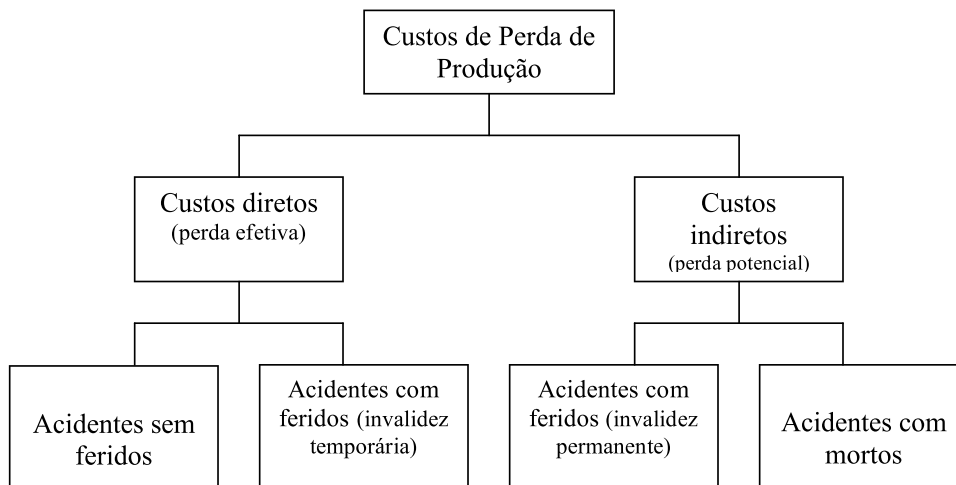
Os modelos de cálculo diferem de acordo com a condição temporal associada à ocorrência do custo. Os cálculos de custos e gastos efetivos requerem a aplicação de modelagens determinísticas, pois se está tratando de fluxos monetários passados, que já se realizaram no tempo. Os cálculos de custos e gastos potenciais requerem a aplicação de modelagens não-determinísticas, pois se está tratando de fluxos monetários futuros, que se realizarão ao longo do tempo em função de uma distribuição de probabilidades.

### 3.2 Cálculo dos Custos de Perda de Produção

Levando-se em consideração a estrutura proposta de classificação dos custos de perda de produção, foram propostos modelos de cálculo para cada uma das modalidades de acidentes:

- *Custos diretos – perda de produção efetiva:*
  - Acidentes de trânsito sem feridos
  - Acidentes de trânsito com feridos – invalidez temporária
- *Custos indiretos – perda de produção potencial:*
  - Acidentes de trânsito com feridos – invalidez permanente
  - Acidentes de trânsito com mortos

sendo que a figura 1 apresenta um esquema para visualizar os procedimentos de cálculo, de acordo com a classificação adotada.



**Figura 1 – Classificação dos Custos de Perda de Produção e Aplicações**

Fonte: Elaboração do Autor

#### 3.2.1 Custos de perda de produção efetiva: acidentes sem feridos

Nessa modalidade de acidentes, são calculados os custos de perda de produção bruta em função dos dias parados. Essa perda é derivada do tempo em que o veículo responsável direta ou indiretamente pela geração de renda ficou no conserto e da renda sacrificada em função do evento.

Para as ocorrências em que o número de dias seja inferior a trinta, calcula-se a perda de produção através de um fluxo de caixa simples, pela equação:

$$[4] \quad VPPPB_{asv} = \left[ \left( r_m \times \frac{n}{30} \right) (1 + id_a)^{-\frac{n}{360}} \right] (1 + ir_{ac})$$

onde:  $VPPPB_{asv}$  é o valor presente da perda de produção bruta do acidente sem feridos,  $n$  é o número de dias parados em função do acidente,  $r_m$  é a renda mensal sacrificada (caso não tenha ocorrido a situação de lucro cessante, esse valor será substituído pelo valor diferencial entre os

custos operacionais e de manutenção do veículo e os custos do transporte alternativo),  $i_a$  é a taxa de desconto anual,  $ir_{ac}$  é a taxa de reajuste monetário acumulado da data do acidente até a data-base definida para apresentação dos custos.

Para os casos em que o número de dias for superior a trinta, a perda de produção é calculada pelo valor presente de uma anuidade uniforme equivalente, pois se admite que o uso do modelo básico de anuidades somente deve ser aplicado a partir da formação de séries de valores mensais, da seguinte forma:

$$[5] \quad VPPP B_{asv} = \left\{ r_m \left[ \frac{(1 + id_m)^{\frac{n}{30}} - 1}{id_m (1 + id_m)^{\frac{n}{30}}} \right] \right\} (1 + ir_{ac})$$

onde:  $id_m$  é a taxa de desconto mensal. Em posse de  $id_a$ , o ajuste para  $id_m$  pode ser feito aplicando-se a fórmula:  $id_m = \left( (1 + id_a)^{\frac{1}{12}} \right) - 1$

### 3.2.2 Custos de perda de produção efetiva: acidentes com feridos – invalidez temporária

Nessa modalidade de acidentes, são calculados os custos de perda de produção bruta em função dos dias parados, tanto para a vítima, como para seus próximos. Em muitos casos, pessoas próximas à vítima, que podem ser familiares, amigos, vizinhos entre outros graus de relacionamento e proximidade, mesmo que não tenham se envolvido diretamente no acidente, perdem dias de trabalho geralmente para auxiliar na locomoção do acidentado, tomada de providências administrativas, guarda dos filhos entre outras situações.

Para as circunstâncias em que o número de dias seja inferior a trinta, calcula-se a perda de produção através de um fluxo de caixa simples, pela equação:

$$[6] \quad VPPP B_{acf} = \left[ \left( r_m \times \frac{n}{30} \right) (1 + id_a)^{-\frac{n}{360}} \right] (1 + ir_{ac})$$

onde:  $VPPP B_{acf}$  é o valor presente da perda de produção bruta do acidente com feridos,  $r_m$  é a renda mensal sacrificada,  $n$  é o número de dias parados em função do acidente,  $ida$  é a taxa de desconto anual,  $ir_{ac}$  é a taxa de reajuste monetário acumulado da data do acidente até a data-base definida para apresentação dos custos.

Quando o número de dias for superior a trinta, a perda de produção é calculada pelo valor presente de uma anuidade uniforme equivalente, conforme a equação:

$$[7] \quad VPPP B_{acf} = \left\{ r_m \left[ \frac{(1 + id_m)^{\frac{n}{30}} - 1}{id_m (1 + id_m)^{\frac{n}{30}}} \right] \right\} (1 + ir_{ac})$$

onde:  $id_m$  é a taxa de desconto mensal.

Nos eventos em que a invalidez temporária do ferido ultrapasse um ano, deve-se levar

em consideração uma formulação mais complexa, o que inclui uma taxa de crescimento associada à renda. Essa é uma situação peculiar de perda efetiva à economia, onde o horizonte de planejamento contempla o longo prazo. Esse tipo de cálculo pode ser operacionalizado com o uso de séries em gradiente. Das séries em gradiente, optou-se pelo uso do tipo geométrico, que modela situações em que os fluxos de caixa são mutantes ao longo do tempo em função de uma taxa de variação.

Portanto, o cálculo da perda de produção bruta para as ocorrências de invalidez temporária acima de um ano é feito aplicando-se a equação:

$$[8] \quad VPPPB_{acf} = \frac{r_m}{(1+ic_m)} \left\{ \frac{\left[ \left( \frac{1+ic_m}{1+id_m} \right)^n \left( \frac{1+ic_m}{1+id_m} \right) \right] - \left( \frac{1+ic_m}{1+id_m} \right)}{\left( \frac{1+ic_m}{1+id_m} \right) - 1} \right\} (1+ir_{ac}), \text{ para } id_m \neq ic_m$$

$$[8'] \quad VPPPB_{acf} = \left( \frac{n \times r_m}{1+id_m} \right) (1+ir_{ac}), \text{ para } id_m = ic_m$$

onde:  $VPPPB_{acf}$  é valor presente da perda de produção bruta estimada da vítima,  $r_m$  é a renda mensal da vítima,  $n$  é o número de meses em que ocorre a perda,  $id_m$  é a taxa de desconto mensal,  $ic_m$  é a taxa de crescimento mensal da economia,  $ir_{ac}$  é a taxa de reajuste monetário acumulado da data do acidente até a data-base definida para apresentação dos custos.

### 3.2.3 Custos de perda de produção potencial: acidentes com feridos – invalidez permanente e morte

No caso dos acidentes com mortos ou feridos inválidos permanentemente, o cálculo da perda de produção é mais complexo, pois é preciso estimar a perda de produção futura à economia associada à interrupção da capacidade produtiva. Esse tipo de problema requer o uso de modelos estocásticos, tendo em vista a necessidade de se atribuir probabilidades de ocorrência aos fluxos de caixa futuros. Como a equação [2] proposta por Mishan (1976) para o cálculo da perda de produção bruta atende a essa condição, sua adaptação à terminologia utilizada neste trabalho resulta em:

$$[9] \quad VPPPB_{acf_{ip,acm}} = \sum_{j=i+1}^{n_s} ps_i^j r_{ai} (i+id_a)^{-(j-i)}$$

onde:  $VPPPB_{acf_{ip,acm}}$  é valor presente da perda de produção bruta estimada da vítima inválida permanentemente ou morta em acidente de trânsito,  $ps_i^j$  é a probabilidade de que o indivíduo de idade  $i$  esteja vivo na idade  $j$ ,  $r_{ai}$  é a renda ou produção anual esperada da pessoa na idade  $i$ ,  $id_a$  é a taxa de desconto anual,  $n_a$  é a sobrevida prevista do indivíduo de idade  $i$ , sendo que o valor de sobrevida é obtido a partir da Tábua Completa de Mortalidade – Ambos os Sexos – ano 2000 –, calculada pelo IBGE.

Um aperfeiçoamento de [9] é feito com base em Miller e Ireland (2000) e Serôa da Motta (1995), que inclui uma taxa de crescimento da renda e as probabilidades de o indivíduo estar na força de trabalho e empregado no cenário projetado. Além dessas novas variáveis, pode-se incluir o ajuste monetário do resultado, culminando com:

$$[10] \quad VPPPB_{acf_p, acm} = \left\{ \sum_{j=i+1}^{n_s} ps_i^j pf_i^j pe_i^j \left[ r_{a_i} \left( \frac{1+ic_a}{i+id_a} \right)^{j-i} \right] \right\} (1+ir_{ac})$$

onde:  $ps_i^j$  é a probabilidade de que o indivíduo de idade  $i$  esteja na força de trabalho na idade  $j$ ,  $pf_i^j$  é a probabilidade de que o indivíduo de idade  $i$  esteja empregado na idade  $j$ ,  $ic_a$  é a taxa de crescimento anual da economia,  $ir_{ac}$  é a taxa de reajuste monetário acumulado da data do acidente até a data-base definida para apresentação dos custos.

É possível que haja perdas de produção em função de dias parados dos próximos que acompanharam as vítimas destas modalidades de acidente. Tais perdas podem ser calculadas a partir das equações [6,7,8 e 8'].

### 3.3 Cálculo dos Custos Previdenciários

Os principais aspectos da legislação brasileira sobre benefícios pagos às vítimas de acidentes de trânsito mostram que o governo arca com os seguintes custos previdenciários:

- *Acidentes com feridos – invalidez temporária:*
  - Auxílio-doença para acidente de trabalho;
  - Auxílio acidente;
  - Auxílio-doença;
  - Reabilitação profissional.
- *Acidentes com feridos – invalidez permanente:*
  - Auxílio-doença para acidente de trabalho;
  - Auxílio acidente;
  - Auxílio-doença;
  - Aposentadoria por invalidez.
- *Acidentes com mortos:*
  - Auxílio-doença para acidente de trabalho;
  - Auxílio acidente;
  - Auxílio-doença;
  - Pensão por morte;
  - Auxílio funeral.

Os custos previdenciários são efetivos, quando relacionados aos benefícios pagos aos:

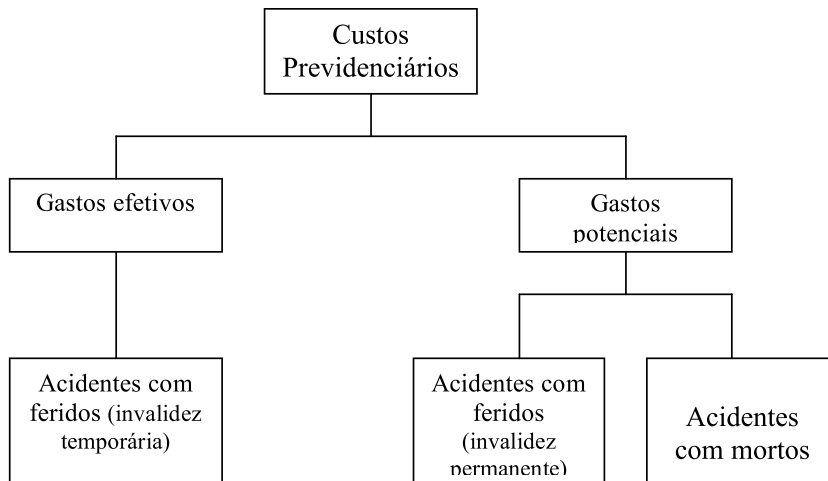
- Acidentados que não venham a óbito e inválidos temporariamente;
- Acidentados antes de reconhecida a invalidez permanente;
- Acidentados antes da ocorrência do óbito.

Os pagamentos de aposentadoria por invalidez e pensão por morte passam a compor gastos potenciais em função da probabilidade de sobrevivência dos beneficiários. Nos cálculos dos benefícios previdenciários de prestação continuada (aposentadoria por invalidez, pensão de sobrevivente, auxílio-doença e auxílio-acidente), considera-se que os mesmos serão pagos 13 vezes ao ano, com o crédito do abono anual sendo feito, via de regra, no mês de novembro.

Em síntese, este trabalho propõe modelos de cálculo para as modalidades de acidentes:

- *Gastos efetivos*:
  - Acidentes de trânsito com feridos – invalidez temporária
- *Gastos potenciais*:
  - Acidentes de trânsito com feridos – invalidez permanente
  - Acidentes de trânsito com mortos

sendo que a figura 2 apresenta um esquema para visualizar os procedimentos de cálculo, de acordo com a classificação adotada.



**Figura 2 – Classificação dos Custos Previdenciários e Aplicações**

Fonte: Elaboração do Autor

### 3.3.1 Custos previdenciários efetivos: acidentes com feridos – invalidez temporária

Nessa modalidade de acidentes, e para as situações em que o número de dias seja inferior a trinta, calcula-se aos custos previdenciários através do valor presente de um processo de capitalização simples, pela equação:

$$[11] \quad VPB_{acft} = \left[ \left( b_m \times \frac{n}{30} \right) (1 + id_a)^{-\frac{n}{360}} \right] (1 + ir_{ac})$$

onde:  $VPB_{acft}$  é o valor presente do benefício pago pela previdência à vítima inválida temporariamente,  $b_m$  é o valor do benefício mensal pago pela previdência,  $n$  é o número de dias em que recebeu o benefício,  $id_a$  é a taxa de desconto anual,  $ir_{ac}$  é a taxa de reajuste monetário acumulado da data do acidente até a data-base definida para apresentação dos custos.

Quando o número de dias for superior a trinta, os custos previdenciários são calculados pelo valor presente de uma anuidade uniforme equivalente, conforme a equação:

$$[12] \quad VPB_{acf_{it}} = \left\{ b_m \left[ \frac{(1 + id_m)^{\frac{n}{30}} - 1}{id_m (1 + id_m)^{\frac{n}{30}}} \right] \right\} (1 + ir_{ac})$$

onde:  $id_m$  é a taxa de desconto mensal.

Nas circunstâncias em que a invalidez temporária do ferido ultrapasse um ano, deve-se levar em consideração uma formulação mais complexa, com a inclusão de uma taxa de crescimento associada ao valor do benefício. Esse tipo de cálculo pode ser operacionalizado com o uso de séries em gradiente, conforme explicitado no cálculo da perda de produção. Portanto, o cálculo do custo previdenciário para as situações de invalidez temporária acima de um ano é feito adaptando-se a equação [8]:

$$[13] \quad VPB_{acf_{it}} = \frac{b_m}{(1 + ic_m)} \left\{ \frac{\left[ \left( \frac{1 + ic_m}{1 + id_m} \right)^n \left( \frac{1 + ic_m}{1 + id_m} \right) \right] - \left( \frac{1 + ic_m}{1 + id_m} \right)}{\left( \frac{1 + ic_m}{1 + id_m} \right) - 1} \right\} (1 + ir_{ac}), \text{ para } id_m \neq ic_m$$

$$[13'] \quad VPB_{acf_{it}} = \left( \frac{n \times b_m}{1 + id_m} \right) (1 + ir_{ac}), \text{ para } id_m = ic_m$$

onde:  $VPB_{acfit}$  é o valor presente do benefício pago pela previdência à vítima inválida temporariamente,  $b_m$  é o valor do benefício mensal pago pela previdência,  $n$  é o número de dias em que recebeu o benefício,  $id_m$  é a taxa de desconto mensal,  $ic_m$  é a taxa de crescimento mensal da economia,  $ir_{ac}$  é a taxa de reajuste monetário acumulado da data do acidente até a data-base definida para apresentação dos custos.

### 3.3.2 Custos previdenciários potenciais: acidentes com feridos – invalidez permanente

Para acidentes de trânsito com feridos inválidos permanentemente, são calculados os seguintes custos previdenciários:

- Valor presente dos benefícios pagos antes do reconhecimento da invalidez permanente, calculado por uma das equações [11], [12], [13] ou [13'].
- Valor presente dos benefícios potenciais a serem pagos ao beneficiário em função do acidente. Nesse caso, trata-se de uma análise *ex-ant*, com probabilidades associadas à ocorrência de eventos futuros, como foi demonstrado em [9] e [10], cuja adaptação resulta em:



$$[14] \quad VPB_{acf_{ip}} = \left\{ \sum_{j=i+1}^{n_s} ps_i^j \left[ b_{a_i} \left( \frac{1+ic_a}{i+id_a} \right)^{j-i} \right] \right\} (1+ir_{ac})$$

onde:  $VPB_{acf_{ip}}$  é valor presente do benefício estimado ao beneficiário até a data-limite de 60 anos para mulheres e 65 anos para homens, devido à invalidez permanente em acidente de trânsito,  $ps_i^j$  é a probabilidade de que o indivíduo de idade  $i$  esteja vivo na idade  $j$ ,  $b_{a_i}$  é o valor do benefício anual a ser pago pela Previdência Social,  $id_a$  é a taxa de desconto anual,  $ic_a$  é a taxa de crescimento anual da economia,  $ir_{ac}$  é a taxa de reajuste monetário acumulado da data do acidente até a data-base definida para apresentação dos custos.

### 3.3.3 Custos previdenciários potenciais – acidentes com mortos

Para acidentes de trânsito com mortos, são calculados os seguintes custos previdenciários:

a) Valor presente dos benefícios pagos antes da ocorrência do óbito, calculado por uma das equações [11], [12], [13] ou [13'].

b) Valor presente dos benefícios potenciais a serem pagos aos beneficiários em função do óbito, é a seguinte adaptação de [14]:

$$[15] \quad VPB_{acm} = \left\{ \sum_{j=i+1}^{n_s} ps_i^j \left[ b_{a_i} \left( \frac{1+ic_a}{i+id_a} \right)^{j-i} \right] \right\} (1+ir_{ac})$$

onde:  $VPB_{acm}$  é valor presente do benefício estimado ao beneficiário até a data-limite de 60 anos para mulheres e 65 anos para homens, decorrente de morto em acidente de trânsito,  $ps_i^j$  é a probabilidade de que o indivíduo de idade  $i$  esteja vivo na idade  $j$ ,  $b_{a_i}$  é o valor do benefício anual a ser pago pela Previdência Social,  $id_a$  é a taxa de desconto anual,  $ic_a$  é a taxa de crescimento anual da economia,  $ir_{ac}$  é a taxa de reajuste monetário acumulado da data do acidente até a data-base definida para apresentação dos custos.

## 3.4 Aplicação da Metodologia Proposta

### 3.4.1 Definição das Taxas de Desconto e de Crescimento

O valor da taxa de desconto condiciona as análises baseadas no desconto de fluxos de caixa, técnica utilizada neste trabalho. Por isso, sua definição deve ser adequada à realidade na qual o estudo está inserido. Enquanto que em uma amostra de países desenvolvidos (Trawén, Maraste e Persson, 2000) foi aplicada uma taxa de desconto média de 5,2% a.a. (vide tabela 4), no caso brasileiro pode-se considerar um limiar máximo de 12% a.a., que é o limite para a cobrança de juros reais definido no capítulo IV, artigo 192, parágrafo 3º da Constituição (BRASIL. Constituição (1988)). Essa taxa de 12% a.a. é compatível com uma posição conservadora, em função da incerteza que envolve a economia brasileira, pois quanto maior for o grau de incerteza, maior deve ser a taxa de desconto utilizada.

Para a taxa de crescimento da renda, este estudo utilizou o valor de 2,05% a.a., que corresponde à variação média do PIB brasileiro entre os anos de 1990 a 2000. A taxa escolhida situa-se na faixa utilizada pela Grã-Bretanha e Noruega, de 2% a.a. (tabela 4).

### 3.4.2 Ajustes nos Dados de Entrada e Fontes de Dados

Este estudo está limitado pelas usuais restrições de processos de modelagem, dentre as quais se destaca a criação de áreas fictícias, bem como a falta de aderência do modelo a partes da situação real. Visando aperfeiçoar a aderência do modelo à realidade e minimizar suas limitações, foram consideradas as seguintes simplificações:

*Parâmetros de Custos e Gastos Efetivos e Potenciais:*

- Para as perdas de dedicação ao trabalho doméstico, foi considerado o custo de reposição pago à substituta temporária da dona de casa vitimada.
- No caso da perda de produção dos próximos, utilizou-se a seguinte aproximação para estimar a renda:
  - Esposa e filhos: identifica-se a idade na relação dos dependentes. Quando isso não for possível, estima-se a idade em função da idade da vítima;
  - Salário do pai e mãe: estima-se a idade do pai e mãe em função da idade da vítima e toma-se o valor da renda média por faixa etária;
  - Outras categorias de próximos: toma-se a renda média da faixa etária da vítima. Para os custos e gastos efetivos, a renda média por faixa etária na região metropolitana analisada foi ajustada levando-se em consideração os acréscimos anteriormente citados, mais a contribuição previdenciária patronal e o recolhimento do FGTS, visto referirem-se à reposição de perdas;
  - Outras categorias de próximos: toma-se a renda média da faixa etária da vítima.

*Fontes de Dados de Custos e Gastos Potenciais:*

Para os cálculos de custos e gastos potenciais, conforme equações [10], [14] e [15], as variáveis de entrada foram assim obtidas:

- A probabilidade de que o indivíduo de idade  $i$  esteja vivo na idade  $j$  ( $ps_i^j$ ) é calculada pela expressão  $1 - tm_j$ , onde  $tm_j$  é a taxa de mortalidade na idade  $j$ , extraída da Tábua Completa de Mortalidade do IBGE para o Brasil (IBGE, 2001).
- A probabilidade de que o indivíduo de idade  $i$  esteja na força de trabalho na idade  $j$  ( $pf_i^j$ ) é função da taxa de participação por faixa etária na população economicamente ativa, conforme levantamento feito pelo PNAD (IBGE, 2000).
- A probabilidade de que o indivíduo de idade  $i$  esteja empregado na idade  $j$  ( $pe_i^j$ ) é função da taxa de emprego por faixa etária, conforme dados do PNAD (IBGE, 2000).
- A renda média anual por faixa etária é um ajuste feito sobre os valores salariais médios por faixa etária, dado obtido do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 2002). Para os custos e gastos potenciais, os salários médios anuais incorporam os acréscimos do mercado formal, que incluem o 13º salário e um mês de férias com adicional do abono pecuniário de 1/3. Não se está considerando os valores da contribuição previdenciária patronal e do recolhimento do FGTS, pois são encargos transferidos ao substituto do indivíduo no mercado de trabalho.

## 4. Dimensionamento dos Custos de Acidentes de Trânsito no Brasil

### 4.1 Levantamento de Dados

Os modelos apresentados neste trabalho para o cálculo dos custos de perda de produção e previdenciários foram utilizados como parte do estudo amplo que foi desenvolvido pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) e pela ANTP (Associação Nacional de Transporte Público), cujos resultados estão condensados no relatório IPEA (2003), no qual está fundamentada esta seção. Nesse estudo amplo, também foram calculados outros elementos de custos, como: danos aos veículos, médico-hospitalares, de processos judiciais, de congestionamento, de resgate de vítimas, de remoção de veículos, de danos ao mobiliário urbano e à propriedade de terceiros, de outros meios de transporte, de sinalização de trânsito, de atendimento policial e dos agentes de trânsito e impacto familiar. Nessa pesquisa, foram considerados somente os acidentes de trânsito que ocorrem nas vias das aglomerações urbanas brasileiras, envolvendo veículos, pedestres e ciclistas. Não foram considerados os acidentes rodoviários não-urbanos, e nem acidentes ferroviários, aeroviários e aquaviários.

Para a estimativa dos custos dos acidentes nas aglomerações urbanas pesquisadas, a unidade amostral básica adotada foi o veículo e não o acidente. Essa opção justificou-se pelo fato de que existe uma diferença significativa entre o número real de acidentes e o número registrado. Dessa forma, os valores médios apresentados dizem respeito ao custo por veículo, ao invés de mensurar o custo por vítima.

O levantamento de dados estatísticos para o processamento dos cálculos de custos foi feito no ano 2001 sob a supervisão do IPEA, da ANTP e executada pela empresa consultoria Tecnométrica. O levantamento tomou por base as informações sobre a ocorrência de acidentes do cadastro nacional de veículos RENAVAL, do DENATRAN, do qual foram extraídas amostras aleatórias de veículos. A partir de tais amostras foram visitados 4.123 domicílios nas aglomerações urbanas de São Paulo, Belém, Recife e Porto Alegre. Isso correspondeu a uma média de cerca de mil domicílios pesquisados em cada aglomeração urbana, cujos resultados são sintetizados a seguir.

*Resultados da pesquisa da Aglomeração Urbana de São Paulo (SP):* A pesquisa foi aplicada a uma amostra de 1001 proprietários de veículos, que resultou em 42 envolvidos em acidentes, dos quais 31 envolvidos em acidentes sem feridos, 11 envolvidos em acidentes com feridos, 10 envolvidos em acidentes com feridos leves e moderados e 1 envolvido em acidente com morto. Para cada um dos grupos de modalidades de acidentes, foram calculados os custos de perda de produção e previdenciários por tipo de veículo.

*Resultados da pesquisa da Aglomeração Urbana de Belém (PA):* A pesquisa foi aplicada a uma amostra de 1045 proprietários de veículos, que resultou em 59 envolvidos em acidentes, dos quais 43 envolvidos em acidentes sem feridos, 15 envolvidos em acidentes com feridos e 01 envolvido em acidente com morto. Para cada um dos grupos de modalidades de acidentes, foram calculados os custos de perda de produção por tipo de veículo. Os dados pesquisados não indicaram a ocorrência de custos previdenciários.

*Resultados da pesquisa da Aglomeração Urbana de Recife (PE):* A pesquisa foi aplicada a uma amostra de 1074 proprietários de veículos, que resultou em 136 envolvidos em acidentes, dos quais 113 envolvidos em acidentes sem feridos e 23 envolvidos em acidentes com feridos. Para cada um dos grupos de modalidades de acidentes, foram calculados os custos de perda de produção. Os dados pesquisados não indicaram a ocorrência de vítimas fatais e custos previdenciários.

*Resultados da pesquisa da Aglomeração Urbana de Porto Alegre (RS):* A pesquisa foi aplicada a uma amostra de 1004 proprietários de veículos, que resultou em 19 envolvidos em acidentes, dos quais 15 envolvidos em acidentes sem feridos e 04 envolvidos em acidentes com feridos. Para cada um dos grupos de modalidades de acidentes, foram calculados os custos de perda de produção. Os dados pesquisados não indicaram a ocorrência de vítimas fatais e custos previdenciários.

#### 4.2 Resultados dos Cálculos dos Custos de Perda de Produção e Previdenciários

Os resultados do processamento dos cálculos de perda de produção, para os quais foram utilizados os modelos apresentados neste trabalho e que consideraram os dados levantados nas pesquisas amostrais feitas às aglomerações urbanas pesquisadas, estão expostos na tabela 5. Todos os valores foram atualizados a preços de abril de 2003, com base no IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo), do IBGE.

**Tabela 5 – Custos médios de perda de produção por veículo em 2001 – Aglomerações Urbanas de São Paulo, Belém, Recife e Porto Alegre a preços (R\$) de abril de 2003**

	Aglomeração Urbana Belém (PA)		Aglomeração Urbana Porto Alegre (RS)		Aglomeração Urbana Recife (PE)		Aglomeração Urbana São Paulo (SP)	
	Autos + Utilitários	Motos	Autos + Utilitários	Motos	Autos + Utilitários	Motos	Autos + Utilitários	Motos
Acidentes sem Feridos Vítimas	306	103	347	630	102	42	206	17
Acidentes com Feridos Vítimas	0	681	0	367	237	1.247	370	4.074
Próximos	0	0	0	0	0	32	0	0
Acidentes com Mortos Vítimas	0	86.972	0	0	0	0	118.250	0
Próximos	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor com base em IPEA (2003)

As quatro aglomerações urbanas apresentaram custos de perda de produção para os acidentes sem feridos. Os custos médios associados a automóveis e veículos utilitários foram de R\$ 347,00 em Porto Alegre, R\$ 306,00 em Belém, R\$ 206,00 em São Paulo e R\$ 102,00 em Recife. Os custos médios associados a motos foram de R\$ 630,00 em Porto Alegre, R\$ 103,00 em Belém, R\$ 42,00 em Recife e R\$ 17,00 em São Paulo.

Em relação aos custos das vítimas dos acidentes com feridos, as aglomerações urbanas de Recife e São Paulo tiveram custos médios associados a automóveis e utilitários de R\$ 237,00 e R\$ 370,00, respectivamente, enquanto que Belém e Porto Alegre não tiveram esses custos. Já os custos médios associados a motos foram calculados em R\$ 681,00 para Belém, R\$ 367,00 para Porto Alegre, R\$ 1.247,00 para Recife e R\$ 4.074,00 para São Paulo. Somente Recife apresentou custos de perda de produção associados aos próximos, no valor de R\$ 32,00 por moto envolvida em acidente.

Somente nas aglomerações urbanas de São Paulo e de Belém, foram capturados casos de ocorrência de veículos que estiveram envolvidos em acidentes com mortos. Em São Paulo, um automóvel, ou veículo utilitário, causou uma morte, que representou uma perda de produção de R\$ 118.250,00. Em Belém, uma moto causou uma morte que representou uma perda de produção de R\$ 86.972,00.

Da mesma forma que no caso dos custos de perda de produção, os dados da pesquisa foram processados nos modelos desenvolvidos para cálculo dos custos previdenciários, cujos resultados estão expostos na tabela 6.

**Tabela 6 – Custos previdenciários médios por veículo em 2001 – Aglomerações Urbanas de São Paulo, Belém, Recife e Porto Alegre a preços (R\$) de abril de 2003**

	Aglomeração Urbana Belém (PA)		Aglomeração Urbana Porto Alegre (RS)		Aglomeração Urbana Recife (PE)		Aglomeração Urbana São Paulo (SP)	
	Autos + Utilitários	Motos	Autos + Utilitários	Motos	Autos + Utilitários	Motos	Autos + Utilitários	Motos
Acidentes sem Feridos	0	0	0	0	0	0	0	0
Acidentes com Feridos	0	0	0	0	0	0	0	1.315
Acidentes com Mortos	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor com base em IPEA (2003)

No caso do dimensionamento dos custos previdenciários, a pesquisa resultou em somente um caso de acidente com ferido, o qual envolveu uma moto. Essa ocorrência se deu na aglomeração urbana de São Paulo, para a qual foram mensurados gastos previdenciários de R\$ 1.315,00.

### 4.3 Resultados Globais do Estudo

Tomando os dados médios amostrais, que foram calculados a exemplo do que foi descrito em 4.1 e 4.2, e considerando-se todos os itens de custo anteriormente citados, o estudo do IPEA apontou que os custos totais de acidentes de trânsito no Brasil em 2001 alcançaram a soma de R\$ 3,6 bilhões, a preços de abril de 2003. Esse montante se refere ao valor expandido, a partir dos resultados amostrais, para as 49 aglomerações urbanas brasileiras. A expansão desses custos em um âmbito maior, considerando toda a área urbana brasileira, chega a um montante de cerca de R\$ 5,3 bilhões. Mas, de acordo com o que já foi mencionado anteriormente, esse valor se refere a uma projeção somente para áreas urbanas, não considerando os acidentes ocorridos fora do perímetro urbano.

A importância da metodologia de cálculo de custos apresentada neste trabalho, especialmente daqueles de perda de produção, pode ser evidenciada pela alta participação desses custos no total calculado, como pode ser visto por meio da tabela 7. Considerando-se somente os custos de perda de produção, tem-se que os mesmos se referem a 42% do total de custos calculados. Isso evidencia a importância de se dispor de uma metodologia refinada e bem sustentada em termos científicos como aquela que foi apresentada neste trabalho, a fim de se garantir a confiabilidade dos resultados apresentados.

**Tabela 7 – Custos previdenciários médios por veículo em 2001 – Aglomerações Urbanas de São Paulo, Belém, Recife e Porto Alegre a preços (R\$) de abril de 2003**

Componentes de Custo	Custos	
	R\$ Mil (abril de 2003)	%
Perda de produção	1.537.300	42,8
Danos aos veículos	1.035.046	28,8
Atendimento médico-hospitalar	476.020	13,3
Processos judiciais	131.083	3,7
Congestionamentos	113.062	3,1
Previdenciários	87.642	2,4
Resgate de vítimas	52.695	1,5
Reabilitação de vítimas	42.214	1,2
Remoção de veículos	32.586	0,9
Danos a mobiliário urbano	22.026	0,6
Outro meio de transporte	20.467	0,6
Danos à sinalização de trânsito	16.363	0,5
Atendimento policial	12.961	0,4
Agentes de trânsito	6.125	0,2
Danos à propriedade de terceiros	3.029	0,1
Impacto familiar	2.105	0,1
Total	3.590.723	100,0

Fonte: Adaptado de IPEA (2003)

## 5 Considerações Finais

Esse artigo objetivou apresentar uma metodologia para cálculo dos custos de perda de produção e previdenciários de acidentes de trânsito, como parte de um estudo mais amplo desenvolvido pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) e pela ANTP (Associação Nacional de Transporte Público), voltado ao aperfeiçoamento da metodologia de cálculo dos custos totais de acidentes de trânsito no Brasil. A metodologia proposta foi aplicada aos dados que resultaram das pesquisas amostrais realizadas nas aglomerações urbanas de São Paulo, Porto Alegre, Recife e Belém, com base no banco de dados do cadastro nacional de veículos RENAVAL.

Ao testar a metodologia e analisar as informações que constam das tabelas 5, 6 e 7, pode-se concluir que os modelos propostos para os cálculos, que integram fundamentos da teoria econômica ao ferramental das ciências contábeis e da engenharia econômica, apresentam o grau de refinamento necessário para a apresentação de resultados mais confiáveis, dado que a modalidade de custos de perda de produção refere-se a cerca de 42% dos custos calculados.

Em termos específicos, a metodologia de cálculos apresentada pode ser utilizada para a mensuração de custos de outras modalidades de acidentes, como por exemplo, de acidentes de

trabalhadores na indústria de transformação ou da construção civil.

Em termos gerais, os custos dimensionados por meio da utilização da metodologia proposta são importantes insumos para a aplicação de ferramentas da análise de custo-benefício nos estudos de viabilidade, que irão subsidiar as políticas públicas de investimento em segurança de trânsito.

## **Referências**

ALFARO, L. F.; CHAPUIS, M.; FABRE, F. Socioeconomic cost of road accidents. **Transport Research – COST 313**. Luxembourg: European Commission, 1994.

BLINCOE, L. J. **The Economic Cost of Motor Vehicle Crashes, 1994**. Washington: NHTSA, 1996. Disponível em: <<http://www.nhtsa.dot.gov/people/economic/ecomvc1994.html>>. Acessado em: 20 Nov. 2000.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais nº 1/1992 e 52/2006 e pelas Emendas Constitucionais de Revisão nºs 1 a 6/94. Brasília: Senado Federal; Subsecretaria de Edições Técnicas, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **BRASIL: Tábua Completa de Mortalidade – Ambos os Sexos – 2000**. Brasília: IBGE, DPE, DEPI, 2001.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – 1999**. Brasília: IBGE, 2000.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Impactos Sociais e Econômicos dos Acidentes de Trânsito nas Aglomerações Urbanas – Síntese da Pesquisa**. Brasília: IPEA, maio 2003.

MILLER, T. R.; IRELAND, T. R. Emerging Issues in Estimating Lifetime Costs: Life Tables and Productivity Losses. **Measuring the Burden of Injury Proceedings**. Baltimore, Maryland, may 15<sup>th</sup> & 16<sup>th</sup>, 2000.

MISHAN, E. J. **Análise de Custos-Benefícios: uma introdução informal**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

MISHAN, E. J. **Elementos de Análise de Custos-Benefícios**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego. **Valores Salariais Médios Mensais por Faixa Etária das Regiões Metropolitanas de São Paulo, Belém, Recife e Porto Alegre – 2001**. Brasília: MTE, CAGED/RAIS, 2002.

PANI – Police Authority for Northern Ireland. **Annual Report 1998-1999**. The Irish Times on the Web, 30 set. 1999. Disponível em: <<http://www.ireland.com>>. Acessado em: 10 Out. 2002.

SERÔA DA MOTTA, R. (Coord.). **Contabilidade Ambiental: Teoria, Metodologia e Estudos de Casos no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, 1995.

TRAWÉN, A.; MARASTE, P.; PERSSON, U. Costs per Fatal Casualty in Traffic Accidents – An International Comparison of Values used in Traffic Planning. **The 3<sup>rd</sup> KFB Research Conference, Transport systems, Organisation and Planning**. Jun. 2000.

TRB – Transportation Research Board. Evaluating Travel and Air Quality Cost-Effectiveness of Transportation Demand Management Projects. **D. 00725650**. Washington: TRB, 1996.

WESEMANN, P. **Economic Evaluation of Road Safety Measures. D-2000-16E**. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research, 2000.