

# Análise e proposição de custos externos de ferrovias

Bruno Alexandre de Barros Hansen<sup>1</sup>, Henrique Machado Coimbra Bello<sup>2</sup> e Marco Antonio Farah Caldas<sup>3</sup>

**Resumo:** Esse artigo apresenta aspectos e impactos advindos das operações ferroviárias, propondo custos externos associados. Com base no conceito do *Triple Bottom Line*, trata-se a importância da sustentabilidade logística como premissa estratégica nas organizações. São discutidos ainda os impactos causados pela alteração de uma malha ferroviária e de que forma estes podem afetar seus *stakeholders* e, em especial, a comunidade lindeira. Com base nessas informações, são propostos os custos externos aplicados a ferrovias, sendo estes os custos de Acidentes, Poluição do Ar, Ruído e Valor do Tempo. Finaliza-se o trabalho com a apresentação de um estudo de caso real aplicado a uma Concessionária Ferroviária Brasileira. DOI:10.4237/transportes.v20i2.597.

*Palavras-chave:* análise de projetos, transporte ferroviário de cargas, impactos de custos de externalidades.

**Abstract:** This paper presents aspects and impacts derived from railway operations, proposing associated external costs. Based on the concept of Triple Bottom Line, the importance of sustainability as a strategic premise in organizations is shown. The impacts caused by the modification of a railway network and how they may affect the community and its stakeholders are also discussed. Afterwards, the external costs applied to railroads, which are the costs of Accidents, Climate Change, Air Pollution, Noise and Value of Time, are proposed. As a final point, a real case study illustrates the discussions made beforehand.

*Keywords:* project analysis, railway freight transport, impacts of external costs.

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo visa apresentar e discutir os custos de externalidades, contabilizando os impactos econômicos, sociais e ambientais advindos da operação de ferrovias, servindo como insumo para empresas, consultorias e centros de estudos e pesquisas decorrentes da expansão da preocupação ambiental e social dos últimos anos.

Particularmente, essa necessidade foi identificada a partir da realização de um estudo de viabilidade econômico-financeira de um projeto de malha ferroviária para uma Empresa Concessionária Ferroviária brasileira. Entre outras atividades, foi necessário o levantamento dos custos logísticos aplicáveis, sendo encontrada dificuldade na localização de material teórico para mensuração dos custos que não são pagos diretamente pelas empresas donas do empreendimento, como, por exemplo, aqueles relativos às emissões de poluentes atmosféricos, ruídos e valor do tempo.

Os custos diretos tradicionais tais como aqueles com combustível, manutenção e pessoal, são mais facilmente conhecidos, afinal as empresas pagam por eles. Entretanto as empresas deveriam incorporar em seus projetos custos intangíveis de cunho social, ou seja: quanto será que a sociedade e o planeta estão pagando pelas ferrovias? Este é o questionamento norteador do trabalho desenvolvido.

O objetivo principal desse estudo é apresentar uma proposta de análise de projetos ferroviários sob as óticas social, econômica e ambiental, no que tange custos externos.

Em se tratando de objetos de concessões, os projetos em transportes de um modo geral, não devem ser tratados sob a forma de análise de fluxos de caixa puramente financeiros, pois a finalidade principal desses projetos deveria ser atingir o ótimo para a sociedade como um todo. Nessa linha, a contabilização de custos nas análises de projetos deveria levar em consideração não só os custos operacionais da logística do transporte como também os custos sociais.

Pelos motivos apresentados anteriormente, o trabalho procura introduzir uma alternativa de análise de projetos calcada na experiência internacional na área de transportes com uma aplicação no Brasil ao modo ferroviário.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Essa seção apresenta um resumo dos principais conceitos relacionados aos temas principais desse estudo que são: logística, sustentabilidade e os impactos advindos das operações ferroviárias.

### 2.1. Logística

O conceito de logística pode ser entendido como a parte da gestão da cadeia de suprimentos que envolve o planejamento, a implementação e o controle eficiente do fluxo direto e reverso dos bens de consumo, bem como sua armazenagem, serviços e informações relativas a eles entre o ponto de origem e de consumo com o propósito de alcançar níveis de serviços adequados aos clientes (CLM, 2009). Seu principal objetivo é atender às necessidades do cliente a um custo mínimo.

### 2.2. Sustentabilidade

Pelo parâmetro de décadas anteriores, uma empresa era sustentável se estivesse economicamente saudável, ou seja, se tivesse um bom patrimônio e um lucro sempre crescente, mesmo que houvesse dívidas. Para um país, o conceito incluía também um viés social. Afinal, o desenvolvimento teria que incluir uma repartição da riqueza gerada pelo

<sup>1</sup> Bruno Alexandre de Barros Hansen, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil. (e-mail: bruno.hansen@mpsa.com).

<sup>2</sup> Henrique Machado Coimbra Bello, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil. (e-mail: henriquebello@gmail.com).

<sup>3</sup> Marco Antonio Farah Caldas, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil. (e-mail: farah\_1707@yahoo.com.br).

crescimento econômico, seja por meio de mais empregos criados, seja por mais serviços sociais para a população em geral.

Atualmente, a idéia da sustentabilidade amarra as preocupações de amparar a economia, sem negligenciar o meio ambiente e os desafios sociais. Segundo Carvalho (2008), a premissa básica do tripé da Sustentabilidade (ou *Triple Bottom Line*), é que projetos devem ser analisados em sua viabilidade por seus aspectos econômicos, ambientais e sociais.

A Figura 1 abaixo apresenta o tripé que suporta o conceito de sustentabilidade, correlacionando as arestas Econômico-Social, Social-Ambiental e Econômico-Ambiental com os impactos que necessariamente devem ser tratados em estudos de viabilidade em projetos ferroviários.



**Figura 1.** Aspectos impactados por ferrovias no Tripé da Sustentabilidade [Fonte: Carvalho (2008)]

No que tange a parte Social-Ambiental, a ferrovia é vista como indutora na parte Social e ofensora na parte Ambiental, mesmo sendo um dos modos menos poluentes. É importante notar que não é objetivo do texto fazer comparação entre os modos, mas somente identificar que há pontos de impacto ambiental. Um aspecto que pode ser colocado é a Mudança Climática Global causada, por exemplo, pelo Efeito Estufa. O transporte ferroviário contribui para esse efeito com a emissão de CO<sub>2</sub>.

Não é possível deixar de citar a influência no lado Econômico-Social representado pelas ferrovias. Países desenvolvidos utilizam para transporte de carga predominantemente o modo ferroviário e têm alta densidade ferroviária. Exemplo disso são os Estados Unidos, onde muitas cidades cresceram no entorno das ferrovias existentes, como acontece semelhantemente aqui no Brasil ao longo das rodovias. Como parte integrante das análises desse estudo, foram identificadas as ocorrências de acidentes e uma proposta de mensuração social desses acidentes. Também são tratados aqui os custos relacionados ao Valor do Tempo, que se referem ao valor econômico do tempo gasto pela população durante o período em que as passagens em nível estão bloqueadas para a passagem dos trens.

Finalmente, com referência à questão Econômico-Ambiental considerou-se a quantificação econômica dos efeitos externos da ferrovia e que são danosos ao meio-ambiente. Esta questão desdobra-se em muitos aspectos, no entanto, dois deles podem ser considerados prioritários por seus impactos e relevância – ruído e poluição do ar (INFRAS, 2004).

Vale citar que existem outras variáveis que poderiam ser

adicionadas aos vértices do tripé representado na Figura 1, tais como análise de cotas de carbono e transporte de cargas perigosas.

### 2.3. Impactos advindos da operação ferroviária

Custos diretos, advindos das operações do transporte ferroviário de cargas são facilmente obtidos pelas empresas. Esses custos são divididos em custos fixos e variáveis das operações logísticas. Exemplos de custos fixos são: custos com pessoal próprio, impostos e taxas sobre veículos. Custos variáveis são custos apropriados por unidade de distância, unidades de produção ou unidades temporais. Em transportes ferroviários citamos como exemplos: combustível e lubrificantes, manutenção, desgaste de unidades de rodagem e sistemas de frenagem.

Por outro lado existem os custos indiretos relativos ao meio ambiente e à sociedade. Pereira (2000) divide os impactos ambientais provenientes da operação ferroviária em dois grupos, sendo eles: (i) impactos causados pela circulação do veículo ferroviário e (ii) impactos provenientes das operações dos terminais.

Quanto aos impactos causados pela circulação do veículo ferroviário, a autora menciona os seguintes:

- Poluição Sonora: é a emissão de ruídos pelo próprio funcionamento da locomotiva, bem como ruídos provenientes do sistema de rodagem;
- Vibração: é a propagação do som no sólido. No caso da ferrovia, este impacto pode ser observado nos trechos elevados e subterrâneos;
- Poluição Atmosférica: é a emissão de gases e particulados pela exaustão da locomotiva, durante o seu funcionamento; e
- Acidentes em Passagens em Nível: são os acidentes ocorridos com pessoas e automóveis nas passagens de via da ferrovia, principalmente no meio urbano.

Com relação aos impactos provenientes da operação dos terminais, podem ser citados:

- Poluição visual, causada pela presença do terminal ferroviário;
- Aumento do nível de ruído, causado pelo funcionamento de equipamentos de carga e descarga;
- Difusão aérea no caso de granéis sólidos minerais, que é a emissão de particulados durante as operações de carga e descarga;
- Possibilidades de incêndios no caso de rompimentos de tubulações que transportam granéis líquidos; e
- Obstruções nos sistemas de drenagem causadas pela queda de granéis sólidos agrícolas.

## 3. ANÁLISE DE CUSTOS DE EXTERNALIDADES

Na análise de externalidades, são apresentados cálculos de custos provenientes da circulação de veículos ferroviários destacados por Pereira (2000): Acidentes, Poluição do Ar e Ruídos e uma proposta de quantificação do Valor do Tempo gasto por indivíduos impactados por esperas em passagens em nível. Para cada custo, valores foram associados e adaptados como propostas para serem aplicados a estudos de projetos ferroviários no Brasil.

### 3.1. Custos com acidentes

O estudo INFRAS/IWW (2004) sugere, baseado em

**Tabela 1.** Etapas de cálculo do custo de acidentes

	2002	2003	2004	2005	2006
(i) Carga Transportada [tkm x10 <sup>6</sup> ]	170.178,00	182.644,00	205.711,00	221.633,00	238.054,04
(ii) Total de Vítimas fatais	347	236	228	286	228
(iii)=(ii)x(VSL) Custo Total de Acidentes com Vítimas fatais [x10 <sup>6</sup> ]	520,5	354	342	429	342
(iii)/(i) Custo de Acidente [Euro/1.000 tkm]	3,06	1,94	1,66	1,94	1,44
<b>Média 2002-2006</b>	<b>2,01 Euro/1.000 tkm</b>				

estatísticas de acidentes mundiais, que o Valor Estatístico da Vida (*VSL – Value of Statistical Life*) é de € 1,5 milhão. Esse valor é estimado sobre uma média de acidentes com vítimas fatais de indivíduos de todas as classes sociais.

A partir dos totais transportados pelas ferrovias brasileiras, expressos em t x km úteis, e dos totais de vítimas fatais (ANTT, 2007), fez-se uma aproximação racional com base no Valor Estatístico da Vida adotado, obtendo-se um valor estimado médio de 2,01 Euros / 1.000 tkm para acidentes de ferrovias no Brasil. A Tabela 1 expõe o resumo das etapas de cálculo.

### 3.2. Custo com poluição do ar

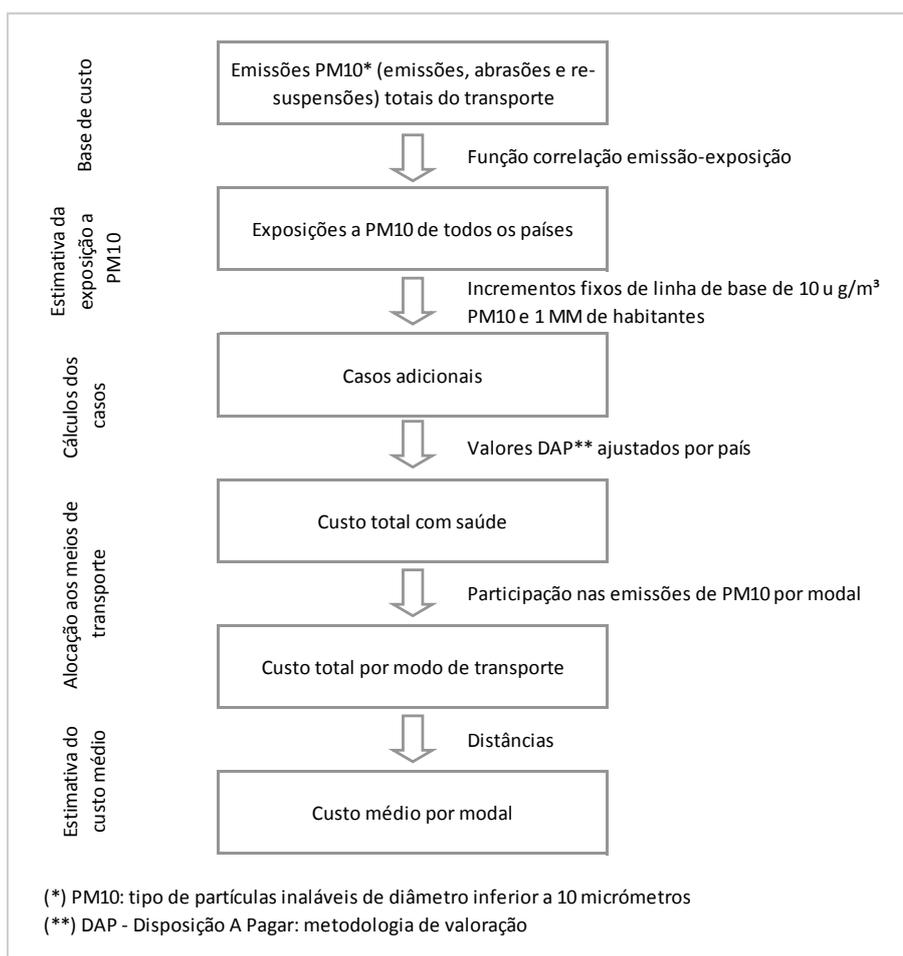
A poluição do ar é responsável por diferentes custos sociais e externos que são relevantes a se considerar. O Estudo INFRAS/IWW (2004) mede o efeito da poluição causada por transportes em função da emissão de PM10 – tipo de partículas inaláveis de diâmetro inferior a 10 micrômetros (µm) –, que constitui um elemento de poluição atmosférica. Essas partículas podem penetrar no aparelho respiratório, provocando inúmeras doenças respiratórias.

O valor de custo de poluição do ar adotado foi de 8,3 Euros / 1.000 tkm INFRAS/IWW (2004) e contempla impactos na saúde humana, em materiais e construções e na agricultura. Para seu cálculo foram usadas bases históricas de diferentes anos com três tipos de emissões (exaustão, abrasão e re-suspensão) e aplicado o método de cálculo denominado *Top Down Allocation*, onde valores de referência são adaptados para diferentes países. A metodologia de cálculo dos custos de emissão de PM10 está detalhada em WHO (1999) e INFRAS/METEOTEST (2003).

Uma representação da metodologia pode ser vista na Figura 2.

### 3.3. Custo com ruído

Den Boer (2007) expõe a relação entre exposição ao ruído e impactos causados na saúde da população, conforme mostra a Figura 3. A poluição sonora pode contribuir para o surgimento ou agravamento de doenças de ordem fisiológica e psicológica, variando desde distúrbio do sono, estresse crônico ou até mesmo doenças cardiovasculares



**Figura 2.** Metodologia usada para estimativa de custos de Poluição do Ar [Fonte: Adaptado de INFRAS/IWW (2004)]

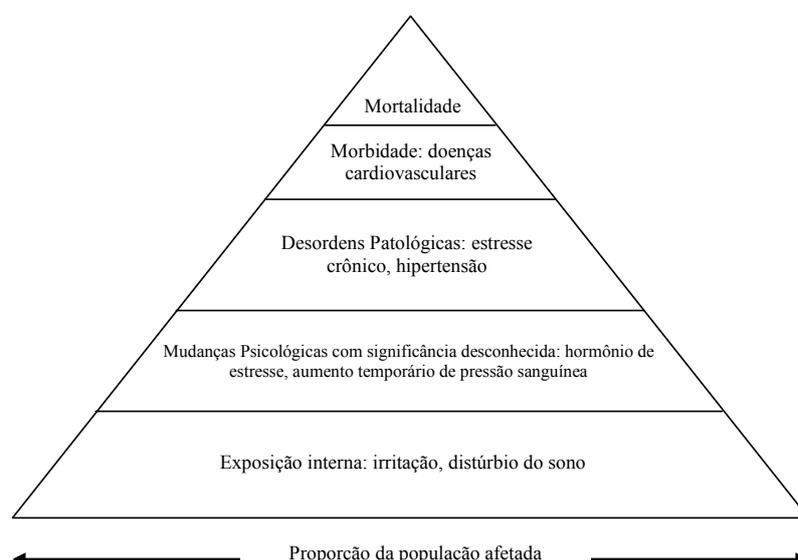


Figura 3. Representação esquemática da distribuição das respostas aos ruídos [Fonte: Den Boer (2007)]

que podem levar à morte. Tem-se notícia ainda de crianças com dificuldade de concentração, baixo desempenho escolar, e funcionários com baixa produtividade nas empresas e elevação dos índices de absenteísmo (Den Boer, 2007).

O custo externo selecionado referente a ruído foi baseado em INFRAS/IWW (2004), pois o seu cálculo contempla, além dos valores gastos com despesas médicas, um método estatístico de risco com valoração de fatalidade e um valor calculado sobre a Disposição A Pagar – DAP (ou *Willingness to Pay*, em inglês) – pela redução da exposição ao ruído. A fim de reduzir a subjetividade inerente ao processo, na metodologia DAP considerou-se como fator importante a desvalorização dos imóveis dentro do raio de influência sonora.

Apesar dos cálculos serem feitos baseados em níveis-critérios de ruídos europeus, pôde-se transportá-los para o cenário brasileiro devido à equivalência destes, segundo norma NBR-10151-2000 “Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade”. Desta forma, o custo externo de ruído tem valor de 3,2 Euros / 1.000 tkm.

### 3.4. Custo com Valor do Tempo

O Valor do Tempo (VT) utiliza uma forma diferente de cálculo em relação aos outros custos apresentados acima. Enquanto estes são taxas em função da carga transportada em tonelada x km, o valor do tempo será apresentado como equação, e não como taxa, devido a diversas variáveis locais influenciarem no seu valor final. Este estudo pretende fornecer um método de cálculo bastando apenas o conhecimento dos dados particulares à situação na qual esteja sendo aplicado.

Na Tabela 2, a seguir, são mostrados Valores do Tempo

Tabela 2. Valores do tempo segundo o meio de transporte [Fonte: adaptado de MVA Consultancy apud. Carvalho (2007)]

Veículo	VT (Euro /min)
Automóvel	0,047
Ônibus	0,033
Caminhão	0,047

por indivíduo obtidos através de pesquisa baseada na metodologia de Disposição A Pagar (Carvalho, 2007).

No caso deste estudo foi considerado o valor médio do tempo dos usuários de automóveis, ônibus e transporte rodoviário de cargas, pois são eles os mais prejudicados em localidades onde há situações de cruzamentos em nível com o transporte ferroviário.

A equação fica:

$$\text{Custo Valor do Tempo}_{\text{veículo}} = VT_{\text{veículo}} \cdot TB \cdot MV \cdot MI \quad (1)$$

Após cálculo para cada tipo de veículo, somam-se os resultados para encontrar o Custo Total do Valor do Tempo:

$$\text{Custo } VT_{\text{total}} = C \cdot VT_{\text{auto}} + C \cdot VT_{\text{ônibus}} + C \cdot VT_{\text{caminhão}} \quad (2)$$

em que,

- TB: Tempo em minutos de Bloqueio do tráfego rodoviário nas passagens em nível;
- MV: Média de Veículos por modo de transporte que transitam no local por minuto; e
- MI: Média de Indivíduos por modo de transporte.

## 4. ESTUDO DE CASO

A fim de ilustrar uma possível utilização da metodologia, tomou-se um caso real de pesquisa aplicada a uma Concessionária Brasileira de Transporte Ferroviário de Cargas. A necessidade apresentada pela empresa foi de ter subsídios de parâmetros qualitativos e quantitativos para um projeto de alteração de um trecho do traçado da sua malha ferroviária, no que diz respeito a variáveis operacionais e sócio-econômicas.

Estruturou-se a Definição da Situação Problema, o Objetivo e seus dados quantitativos para, em seguida, aplicar a proposta de valores deste estudo. Foi realizada a comparação entre a situação problema inicial e a situação final proveniente da análise, objetivando notar a redução dos custos externos obtida com o projeto de melhoria.

### 4.1. Definição da Situação Problema

O traçado da via possuía diversas curvas e passagens em

nível e, ao longo dos anos, diversas comunidades foram se desenvolvendo às suas margens. O trecho era perigoso (interseções com a população lindeira), de baixa velocidade média do comboio e de alto consumo de combustível, pois sempre era necessário reduzir nas curvas e ao se aproximar de cruzamentos e depois acelerar novamente. Ou seja, poucos eram os momentos de velocidade constante e conseqüentemente maior eficiência energética, e, em geral, era grande a insatisfação com os ruídos emitidos, vibração, poluição do ar e acidentes.

O projeto de alteração do traçado se propunha a sanar ou, pelo menos, amenizar, todos esses pontos negativos, que não só têm influência direta no caixa da empresa, como no caso dos combustíveis, mas que também possuem um valor intangível mais alto quando se trata da qualidade de vida da população do entorno e da imagem da companhia para com seus *stakeholders*.

Os seguintes benefícios foram contemplados:

- Benefícios Operacionais: aumento das velocidades médias de composições com a redução do tempo entre pontos de origem e destino de viagens; redução de custos operacionais; e aumento dos índices de produtividade do transporte ferroviário de carga feito pela empresa e demais ferrovias que utilizam o trecho com direito de passagem; e
- Benefícios Sócio-econômicos: redução dos riscos de acidentes em função de eliminação de passagens em nível com as respectivas reduções dos custos sociais com acidentes; redução de impactos ambientais com as respectivas reduções dos custos sociais relativos à poluição sonora e da emissão de gases poluentes.

#### 4.2. Cálculo dos benefícios

As análises feitas envolveram 3 situações, onde a original foi tomada como base:

- SITUAÇÃO A (original) - Traçado sem alteração;
- SITUAÇÃO B - A construção do novo traçado e duplicação do trecho contabilizando-se somente as reduções de custos operacionais; e
- SITUAÇÃO C - A construção do novo traçado e duplicação do trecho contabilizando-se as reduções de custos operacionais e custos com externalidades

A linha de raciocínio para demonstrar o ganho com o projeto seguiu a ideia de Fluxo de Caixa Descontado, de maneira que se fez a subtração de cada item do Fluxo de Caixa da situação A, dos Fluxos de Caixa das situações B e C.

Tais itens são descritos a seguir: receita tarifária de transporte, custos operacionais de transporte, custos de manutenção e conservação, impostos, investimentos e os custos externos mostrados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Custos externos

<b>Tipo</b>	<b>Custo (€/1.000 tkm)</b>
Acidente	2,01
Poluição do ar	8,30
Ruído	3,20
Valor do Tempo	variável

As principais alterações para formar os Fluxos das Situações B e C foram o Aumento da Receita, devido à duplicação do trecho e aumento da carga transportada, e a

Redução de Custos, graças à eliminação das passagens em nível, à segregação da via por meio de muro e à retificação do trecho. Especificamente, os custos de Acidente e de Valor do Tempo foram reduzidos a zero como consequência de não existir mais a interação da população com a via.

#### 4.3. Resultados

O Fluxo de Caixa da Situação B - A, que não considera os ganhos representados pela redução dos Custos com Externalidades, mostrou-se inviável, visto que o VPL encontrado (R\$ -37.605 MM) é negativo no período da concessão (18 anos) e sua TIR (7,3%) abaixo da TMA (9,25% – meta SELIC 10/06/2009, contemporânea ao projeto).

Já para o caso onde são levados em conta os Custos com Externalidades (situação C - A), o projeto se tornou viável, atingindo um VPL positivo de R\$ 8.139 MM, com TIR de 9,6%. Além disso, o tempo de Payback, 9 anos, foi inferior ao da outra situação, 10 anos.

### 5. CONCLUSÕES

Conclui-se que é válido repensar a estruturação da matriz de custo atual em projetos de ferrovias. Os custos externos existem e não devem ser ignorados. Prova disto são os resultados dos custos de Acidente, Ruído, Poluição do Ar e Valor do Tempo, e do estudo de caso onde se mostra, numa situação real, que a contabilização dos custos externos é significativa e, caso desprezada, pode vir a inviabilizar um empreendimento.

Nesse contexto, o estudo traz um incentivo e uma reflexão maior da importância de um tratamento econômico e social na contabilização dos custos e benefícios advindos do transporte ferroviário de cargas e como ele deve ser incentivado quando pensado de uma forma mais social, tanto por parte das empresas como por parte da comunidade científica.

Sugere-se o fomento a pesquisas na área tanto para o engrandecimento da base existente, como para a criação de um estudo completo de custos externos de transportes no Brasil, que busque estabelecer o nexo-causal entre as fontes de impactos e os danos causados à sociedade.

### REFERÊNCIAS

- ANTT (2007) *Anuário Estatístico dos Transportes Terrestres – AETT/2007*. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em: <www.antt.gov.br> (Acesso em 10/09/2009).
- Bello, H. M. C. e B. A. B. Hansen (2009) *Análise e Proposição de Custos Externos para Projetos de Ferrovias*. Projeto final de graduação, Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- Carvalho, C. E. M. (2007) *O impacto causado por modificações operacionais em uma importante rodovia brasileira sobre o Valor do Tempo de viagem dos usuários*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- Carvalho, C. (2008) *Triple bottom line ou tripé da sustentabilidade*. Semana do Meio Ambiente 2008. PUC Rio e Núcleo Interdisciplinar de Meio Ambiente (NIMA). Disponível em <http://semanademeioambiente.blogspot.com/2008/03/triple-bottom-line-ou-trip-da.html> (Acesso em 02/04/2009).
- Cid, E. F. K. (2004) *Estabelecimento e hierarquização de indicadores de desempenho ambiental de operações ferroviárias*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- Council of Supply Chain Management Professionals (2008). Disponível em <http://cscmp.org/> (Acesso em 09/04/2009).

- den Boer, L. C. E. e A. A. Schrotten (2007) *Traffic noise reduction in Europe*, CE Delft, Netherlands.
- Economia & Energia (2001) *Avaliação das Emissões em Veículos Pesados*. n. 25, Brasil.
- INFRAS/METEOTEST (2003) *Air Pollution Modeling and its Application XX Edited by Douw Steyn and Trivikrama Rao*. Springer, Netherlands.
- INFRAS/IWW (2004) *External Costs of Transport - Update study*. IWW Universitaet Karlsruhe, Zurich/Karlsruhe.
- Pereira, A. P. O. (2000) *Subsídios para o Gerenciamento Ambiental na Implantação e Operação de Ferrovias*. Dissertação (Mestrado) Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de Janeiro.
- Simonelli, C. (2007) *Impactos da Operação Ferroviária no Meio Ambiente*. Projeto de Pesquisa, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- World Health Organization (1999) *The world health report*. WHO, Switzerland.